

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки

Кафедра електронних пристроїв та систем

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Євген ВЕРБИЦЬКИЙ

«__» _____ червня _____ 2025 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Електронні прилади та пристрої»
спеціальності 171 «Електроніка»**

на тему: «Система оповіщення надзвичайних ситуацій»

Виконав:

студент IV курсу, групи ДЕ-11

Оксенчук Валерій Валерійович _____

Керівник:

Старший викладач

Бевза Олег Миколайович _____

Рецензент:

Доцент каф. АМЕС, к.т.н., доцент

Желяскова Тетяна Миколаївна _____

Консультант

з нормоконтролю

Доцент каф. ЕПС, к.т.н., доцент

Батрак Лариса Миколаївна _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2025 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет електроніки
Кафедра електронних пристроїв та систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 171 «Електроніка»

Освітньо-професійна програма «Електронні прилади та пристрої»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Євген ВЕРБИЦЬКИЙ

«21» травня

2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Оксенчуку Валерію Валерійовичу

1. Тема проєкту «Система оповіщення надзвичайних ситуацій» _____

керівник проєкту Бевза Олег Миколайович _____

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання,

затверджені наказом по університету від «03» червня 2025 р. №1885-с

2. Термін подання студентом проєкту за тиждень до захисту. _____

3. Вихідні дані до проєкту система оповіщення для 4-ох поверхової будівлі школи, дротове та безпроводне підключення до зовнішнього середовища. Дискретні датчики з опором в режимі спрацювання не більше 500 Ом. Струм споживання датчика в черговому режимі не більше 0.1 мА. Підключення датчиків на відстані більше 150 м від центру керування. Мінімальне використання спеціалізованих пристроїв.

4. Зміст пояснювальної записки літературний огляд рішень систем оповіщення; розробка системи оповіщення; розробка програмного забезпечення системи оповіщення.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Схема електрична структурна; Схема електрична принципова; Схема алгоритму.

7. Дата видачі завдання 21 травня 2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Огляд існуючих рішень	13.04.25	Виконано
2	Класифікація систем оповіщення	20.04.25	Виконано
3	Електронні компоненти та прилади	27.04.25	Виконано
4	Протоколи передачі даних	04.05.25	Виконано
5	Розробка апаратного забезпечення	18.05.25	Виконано
6	Розробка алгоритмів	01.06.25	Виконано
7	Розробка програмного забезпечення	08.06.25	Виконано

Студент

Валерій ОКСЕНЧУК

Керівник

Олег БЕВЗА

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт присвячений розробці системи оповіщення надзвичайних ситуацій для навчального закладу. Актуальність даної теми обумовлена необхідністю підвищення рівня безпеки населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій, а також потребою у впровадженні новітніх технологій та методів для вдосконалення системи оповіщення. У сучасних умовах, коли зростає кількість природних і техногенних катастроф, розробка ефективної системи оповіщення стає питанням першочергової ваги.

Метою даного проєкту є аналіз існуючих систем оповіщення надзвичайних ситуацій, виявленні їх недоліків та розробка рекомендацій щодо їх вдосконалення. Для її досягнення були поставлені такі завдання:

- аналіз існуючих систем;
- проєктування системи;
- розробка програмного забезпечення;
- моделювання та тестування системи.

У ході роботи проведено аналіз існуючих рішень у галузі систем оповіщення та розроблено свою систему. Основну увагу приділено універсальності системи, модульності, надійності та масштабованості.

Розроблено структурну схему системи оповіщення, обґрунтовано вибір компонентів, розроблено схему електричну принципову, алгоритми роботи системи та програмне забезпечення.

Результати проєкту можуть бути використані у медичних установах, навчальних закладах, офісних переміщеннях та на підприємствах.

Ключові слова: електроніка, детектори диму, системи сигналізації, запобіжні пристрої, пожежі, охорона та безпека праці, управління безпекою.

ABSTRACT

The diploma project is dedicated to the development of an emergency alert system for an educational institution. The relevance of this topic is driven by the need to enhance public safety in the event of emergencies, as well as the necessity to implement modern technologies and methods to improve alert systems. In today's conditions, with the increasing number of natural and man-made disasters, the development of an effective alert system has become a matter of primary importance.

The aim of this project is to analyze existing emergency alert systems, identify their shortcomings, and develop recommendations for their improvement. To achieve this goal, the following tasks were set:

- analysis of existing systems;
- system design;
- software development;
- system modeling and testing.

During the work, an analysis of existing solutions in the field of alert systems was carried out, and a custom system was developed. Particular attention was paid to the system's versatility, modularity, reliability, and scalability.

In this project, a structural diagram of the alert system was developed, the choice of components was justified, a schematic diagram was created, and the system algorithms and software were developed.

The results of the project can be used in medical institutions, educational facilities, office spaces, and enterprises.

Keywords: electronics, smoke detectors, alarm systems, safety devices, fires, occupational health and safety, safety management.

ЗМІСТ

СКРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ.....	5
ВСТУП.....	6
1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД РІШЕНЬ СИСТЕМ ОПОВІЩЕННЯ.....	8
1.1 Класифікація систем оповіщення за різними критеріями (тип сигналу, зона покриття, призначення).....	8
1.2 Принципи побудови систем оповіщення.....	11
1.3 Електронні компоненти та прилади, що використовуються в системах оповіщення.....	13
1.4 Протоколи передачі даних, що застосовуються в системах оповіщення.....	15
1.5 Огляд існуючих рішень.....	16
Висновки до 1-го розділу.....	22
2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОПОВІЩЕННЯ.....	24
2.1 Розробка структурної схеми системи.....	24
2.2 Вибір компонентів та розрахунки схеми електричної принципової	27
2.3 Розробка схеми електричної принципової.....	34
Висновки до 2-го розділу.....	35
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ОПОВІЩЕННЯ	37
3.1 Розробка алгоритмів.....	37
3.2 Розробка бази даних.....	38
3.3 Розробка коду програми.....	41
Висновки до 3-го розділу.....	46
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	48

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Оксенчук В. В.</i>			<i>Система оповіщення надзвичайних ситуацій. Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бевза О. М.</i>				3	50	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Батрак Л. М.</i>				<i>«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ФЕЛ, ЕПС, зр. ДЕ-11</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Бевза О. М.</i>						

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 49

Додаток А. Перелік елементів

Додаток Б. SQL – запит для створення БД та наповнення її даними

Додаток В. Програмний код форми для авторизації користувача

Додаток Г. Програмний код головної форми програми

Додаток Д. Схема електрична структурна

Додаток Е. Схема електрична принципова

Додаток Ж. Схема алгоритму

Додаток И. Summary

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ

ЗАСЦО – загальнодержавна автоматизована система централізованого оповіщення;

ТАСЦО – територіальна автоматизована система централізованого оповіщення;

МАСЦО – місцева автоматизована система централізованого оповіщення;

НС – надзвичайна ситуація;

АСРВ – автоматизована система раннього виявлення надзвичайних ситуацій;

PLC – programmable logic controller (програмований логічний контролер);

АРМ – автоматизоване робоче місце;

DSP – процесор - digital signal processor (цифровий сигнальний процесор);

АС – автоматизована система;

ДСНС – Державна служба України з надзвичайних ситуацій;

КЗА – комплекс засобів автоматизації;

LAN – local area network (локальна обчислювальна мережа);

CAN – Controller Area Network (мережа контролерів);

GSM – Global System for Mobile Communications (Глобальна система мобільного зв'язку);

LTE – Long-Term Evolution (мобільні мережі довгострокової еволюції);

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

У сучасному світі надзвичайні ситуації можуть виникати в будь-який момент і мають різні форми: природні катаклізми, техногенні аварії, терористичні акти та інші катастрофи. Окремо варто також важно відзначити агресію РФ стосовно України, яка активно розпочалася на початку 2022 року й досі триває. Від ефективності системи оповіщення надзвичайних ситуацій значною мірою залежить збереження людських життів, зниження матеріальних збитків та швидкість реагування на загрози.

Актуальність даної теми обумовлена необхідністю підвищення рівня безпеки населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій, а також потребою у впровадженні новітніх технологій та методів для вдосконалення системи оповіщення. У сучасних умовах, коли зростає кількість природних і техногенних катастроф, розробка ефективної системи оповіщення стає питанням першочергової ваги.

Основна мета даного дослідження полягає в аналізі існуючих систем оповіщення надзвичайних ситуацій, виявленні їх недоліків та розробці рекомендацій щодо їх вдосконалення. У процесі дослідження буде розглянуто сучасні технології, які використовуються для оповіщення населення, а також проаналізовано міжнародний досвід у цій сфері. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз аналогічних технічних рішень;
- обґрунтувати вибір елементної бази та структури системи;
- розробити принципову схему;
- змодельовати роботу системи;
- розробити програмне забезпечення;
- провести аналіз отриманих результатів.

Об'єктом дослідження є система оповіщення.

Предметом дослідження є універсальна та модульна система оповіщення надзвичайних ситуацій.

					ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Практична значущість проекту полягає у можливості застосування розробленого рішення в системах безпеки медичних установ, навчальних закладів, офісних переміщень та на підприємств.

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД РІШЕНЬ СИСТЕМ ОПОВІЩЕННЯ

1.1 Класифікація систем оповіщення за різними критеріями (тип сигналу, зона покриття, призначення)

Умовно дані системи можна розділити на такі великі групи:

- Загальнодержавна автоматизована система централізованого оповіщення (ЗАСЦО);
- Територіальна автоматизована система централізованого оповіщення (ТАСЦО);
- Місцева автоматизована система централізованого оповіщення (МАСЦО);
- Спеціальні, локальні та об'єктові системи оповіщення.

Розглянемо їх окремо. Почнемо з ЗАСЦО. Дана система призначена для оперативного інформування про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій. Ця система функціонує на основі постанови Кабінету Міністрів України від 29 березня 2024 року № 3552 [1]. Ця система забезпечує оповіщення оперативно-чергових служб центральних органів виконавчої влади, що створюють функціональні підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту, а також оперативно-диспетчерських служб територіальних органів ДСНС. Власником системи є держава в особі Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС), яка також є її адміністратором. Основними завданнями системи є доведення сигналів про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій до відповідних служб, отримання оперативної інформації про такі загрози та забезпечення інформаційної взаємодії з територіальними системами оповіщення. Ця система є важливим елементом забезпечення безпеки та оперативного реагування на надзвичайні ситуації в Україні.

ТАСЦО – це спеціалізована система, призначена для оперативного доведення екстреної інформації до органів управління, сил цивільного захисту

					ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

та населення в разі виникнення надзвичайних ситуацій. Однією з основних характеристик ТАСЦО є централізоване управління (оповіщення здійснюється з єдиного центру управління, що дозволяє забезпечити узгодженість і швидкість передачі інформації; центри управління зазвичай розташовані в державних або регіональних органах цивільного захисту). Ще одна важлива функція – це автоматизоване управління (використовуються програмно-апаратні комплекси, що забезпечують автоматичне та напівавтоматичне розповсюдження повідомлень; передача команд може здійснюватися за попередньо налаштованими сценаріями або в режимі реального часу). Засоби передачі сигналів та інформації наступні: радіоканали, дротовий та мобільний телефонний зв'язок; цифрове радіомовлення, телебачення, мобільні додатки та SMS-розсилки; системи сирен, гучномовці та електронні інформаційні табло. ТАСЦО може працювати на регіональному або локальному рівні (міста, підприємства, райони). ТАСЦО інтегрується з іншими системами моніторингу та реагування на НС та підтримує взаємодію з геоінформаційними системами та іншими аналітичними платформами.

Призначення ТАСЦО це:

1. Оперативне оповіщення населення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій (техногенного, природного, військового характеру);
2. Інформування органів управління про необхідність проведення евакуаційних заходів або інших дій;
3. Забезпечення зв'язку між різними структурами цивільного захисту.

У якості прикладів для використання ТАСЦО можна привести оповіщення про наближення стихійних лих (повені, урагани, землетруси); повідомлення про аварії на критичних об'єктах інфраструктури (ГЕС, АЕС, хімічні підприємства); попередження про військові загрози, терористичні акти тощо.

Територіальна автоматизована система централізованого оповіщення – це важливий елемент національної безпеки та цивільного захисту, що дозволяє

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

своєчасно доводити критично важливу інформацію до населення і відповідних служб у разі надзвичайних ситуацій.

МАСЦО – це фактично частина ТАСЦО. Ключова її відомість у тому, що вона використовується лише у межах якогось населеного пункту, а ТАСЦО, в свою чергу, може функціонувати як у межах населеного пункту, так і в межах якогось району або навіть області.

Спеціальні, локальні та об'єктові системи оповіщення є важливими елементами цивільного захисту, які забезпечують оперативне інформування про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій на різних рівнях.

Спеціальні системи оповіщення призначені для інформування певних категорій населення або об'єктів, які мають особливе значення для безпеки та функціонування держави. Вони можуть включати:

1. Системи оповіщення для критичної інфраструктури (наприклад, атомні електростанції, гідроелектростанції, великі промислові підприємства);
2. Системи оповіщення для військових об'єктів (забезпечують оперативне інформування військових частин та об'єктів про загрози);
3. Системи оповіщення для транспортних вузлів (аеропорти, залізничні станції, морські порти).

Локальні системи оповіщення призначені для інформування населення на рівні окремих населених пунктів або районів. Вони забезпечують оповіщення місцевих органів влади та населення (використання гучномовців, сирен, мобільних додатків для інформування мешканців про загрози).

Об'єктові системи оповіщення призначені для інформування працівників та відвідувачів конкретних об'єктів про загрози. Вони можуть включати системи оповіщення на підприємствах, системи оповіщення в навчальних закладах та системи оповіщення в торгових центрах та інших громадських місцях.

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

1.2 Принципи побудови систем оповіщення

Безсумнівно, дати однозначну відповідь на питання про принцип роботи систем оповіщення неможливо, оскільки такий принцип залежить від конструктивних особливостей обладнання та його типу. Всього виділяють два типи систем: локальні та централізовані.

Локальні системи оповіщення складаються із спеціальних модулів, які реагують на зовнішні чинники, такі як датчики пожежі, наприклад. Вони транслюють попередньо записане повідомлення в певних приміщеннях. У таких системах зазвичай відсутнє централізоване управління, тому комплект може включати лише гучномовець, підсилювач і мовний процесор. Основний недолік локальних систем - відсутність можливості втручання в їх роботу, що є критичним під час евакуації людей.

Централізовані системи оповіщення мають головний управлінський блок. Їх робота може бути автоматичною, коли по зонах транслюється записане повідомлення, або напівавтоматичною, коли диспетчер втручається для подання відповідних вказівок. Такі системи розділені на зони, які з'єднуються спеціальною комутацією. Зони можна підключити до окремих підсилювачів або використовувати один загальний підсилювач для всіх зон одночасно.

Системи оповіщення є важливою складовою загальної безпеки людей у приміщеннях, особливо для пожежної безпеки та під час аварій. Якість звуку в таких системах має бути високою.

Незважаючи на неефективність телефонних систем оповіщення щодо НС, вони колись були єдиною системою екстреного сповіщення, на яку підприємства, школи та організації поклалися для зв'язку між собою під час кризової події. Завдяки технологічному прогресу автоматичні системи екстреного сповіщення замінили їх, а ринок таких систем продовжує розширюватися.

В системі повинна бути лише тільки актуальна інформація. Система здатна настільки, наскільки актуальна інформація, яку вона містить. Контактну

					ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

інформацію співробітників, включаючи адресу електронної пошти та номери телефонів, необхідно постійно оновлювати, щоб гарантувати, що вони отримують повідомлення в критичній ситуації. Ведення такої бази – прерогатива відділу кадрів. Актуальність інформації потрібно контролювати до того, як станеться інцидент.

Сегментація користувачів дає змогу надсилати точніші та цілеспрямовані повідомлення. Великі підприємства мають офіси в різних місцях і зазвичай керують великою кількістю працівників. Щоб уникнути плутанини, потрібно сповістити лише той офіс, який може постраждати від потенційного інциденту. Якщо єдиною групою людей, які мають знати про інцидент, є команда керівників, потрібно мати цей список під рукою. Прикладами сегментів є відділи, поверхи офісних будівель, кризові групи або виконавчий персонал.

У разі кризи час має вирішальне значення. В інтересах оперативного реагування на НС треба мати налаштовані та готові до надсилання шаблони повідомлень. Важливо надати цінну інформацію та чіткі інструкції. Повідомлення також має стосуватися конкретної дії, а не конкретної загрози. Наприклад, треба створити шаблони на основі інструкцій, які треба надати в залежності від типу НС.

Мета повідомлення – дійти до людини. Найкращий спосіб забезпечити доставку – використовувати якомога більше каналів зв'язку: текстові повідомлення, електронну пошту, голосову пошту як на мобільний, так і на домашній телефон. Чим більше доступних опцій, тим ефективнішою буде система, і повідомлення буде видно.

Треба призначити співробітників, які будуть відповідати за надсилання екстреного сповіщення під час інциденту. Крім того, треба розглянути «резервні копії» для основних відправників. Як основний, так і резервний відправник повідомлень повинні бути навчені системі екстреного сповіщення, щоб забезпечити швидкий і ефективний зв'язок.

Може здатися, що ваша екстреного сповіщення працює як годинник, але регулярне тестування дозволяє виявити потенційні прогалини в системі.

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		12

Щоквартальне тестування перевіряє систему, конфігурації та дані, які використовуються. Ці тести також продемонструють те, чого очікувати, уникнувши плутанини під час надсилання першого повідомлення про інцидент. Крім того, ці тести створять метрику для майбутнього порівняння.

Після завершення тесту екстреного сповіщення можуть бути виявлені прогалини в системі, якщо такі є. Корисно організувати оновлення системи після завершення тесту, щоб переглянути процес і способи вирішення проблем у системі.

1.3 Електронні компоненти та прилади, що використовуються в системах оповіщення

Системи оповіщення про НС складаються з різних електронних компонентів і приладів, які забезпечують збір, обробку, передачу та відтворення сигналів оповіщення.

На першому етапі умовно виділимо джерела живлення. До цієї групи елементів можна віднести акумулятори (гелеві, літій-іонні, свинцево-кислотні; забезпечують автономну роботу системи при відключенні основного живлення); блоки безперебійного живлення (UPS; підтримують стабільне електропостачання); перетворювачі напруги (блоки живлення DC/DC, AC/DC; забезпечують необхідну напругу для роботи окремих модулів системи).

Другий важливий компонент таких систем, який можна виділити в окрему групу, - це контролери та мікропроцесори. Тобто це мікроконтролери (наприклад, серії STM32, ATmega, ESP32; використовуються для керування системою оповіщення, обробки сигналів та управління периферійними пристроями); програмовані логічні контролери (PLC) – забезпечують автоматичне керування системою в промислових умовах; DSP-процесори (цифрова обробка сигналів; застосовуються для високоточної обробки звукових сигналів).

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

Ще одна окрема група елементів – це сенсори та детектори. До неї належать датчики диму та газу (оптичні, іонізаційні, напівпровідникові; використовуються в протипожежних системах); датчики руху (інфрачервоні, ультразвукові, мікрохвильові; виявляють присутність людей і можуть запускати систему оповіщення); акустичні датчики (мікрофони, детектори шуму; можуть активувати оповіщення у разі перевищення порогового рівня шуму).

Зазвичай окремо виділяють вузли та пристрої передачі сигналів. Умовно їх можна розділити на провідні та бездротові. До першої групи можна віднести Ethernet, RS-485, CAN, MODBUS – дротові інтерфейси для інтеграції з іншими системами. В свою чергу, бездротовими є такі засоби передачі інформації в нашому випадку Wi-Fi, GSM, LTE, LoRa, ZigBee, Z-Wave. Це бездротові модулі для дистанційного керування та передавання оповіщень.

Також окремою групою при реалізації таких систем є Передавачі та приймачі сигналів, до яких належать радіочастотні передавачі (FM, AM, VHF, UHF; передають сигнали оповіщення на радіочастотах); GSM-модулі (SIM800, SIM900; для надсилання SMS- або голосових повідомлень); супутникові передавачі (GPS; використовуються в глобальних системах оповіщення).

Ще одна важлива група елементів – це вузли відтворення інформації. До них належать звукові та візуальні пристрої. До групи звукових пристроїв належать сирени (електромеханічні, електронні, п'єзоелектричні; забезпечують гучний звуковий сигнал); динаміки та гучномовці (РА-системи, трансляційні гучномовці; передають мовні або сиреноподібні сигнали); підсилювачі звуку (класу D, AB, TDA2030, LM386; забезпечують достатню потужність звукових сигналів). В свою чергу, до групи візуальних пристроїв належать світлодіодні табло (LED-дисплеї, RGB-матриці; відображають текстові або графічні повідомлення); сигнальні маяки (стробоскопічні, миготливі, багатоколірні світлодіоди; використовуються для візуального оповіщення); LCD-екрани (TFT, OLED, e-Paper; можуть показувати деталізовані інструкції під час надзвичайних ситуацій).

					ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

В окрему групу виділимо додаткові пристрої керування та інтеграції. До цієї групи належать кнопки екстреного виклику (тривожні кнопки, сенсорні панелі, RFID-картки; дозволяють вручну активувати систему оповіщення); системи голосового сповіщення (VoIP, SIP, IP-телефонія; інтегруються з телефонними мережами для передавання попереджень); розумні контролери (IoT-системи, хмарні сервери, SCADA-системи; забезпечують віддалене управління та моніторинг системи).

Системи оповіщення використовують широкий спектр електронних компонентів: від базових сенсорів і контролерів до складних передавальних та відтворювальних пристроїв. Вони можуть бути дротовими або бездротовими, інтегруватися з іншими системами безпеки та забезпечувати оповіщення у різних форматах (звуковому, візуальному, текстовому).

1.4 Протоколи передачі даних, що застосовуються в системах оповіщення

В першу чергу розглянемо провідні інтерфейси. До них належать Ethernet (це локальна мережа (LAN) технологія, яка використовується для підключення пристроїв у межах обмеженої території, таких як офіс або будинок; Ethernet забезпечує високу швидкість передачі даних, надійність і безпеку); RS-485 (це серійний інтерфейс для передачі даних на великі відстані (до 1200 метрів) і використовується переважно для промислового зв'язку; RS-485 підтримує багатоточкові з'єднання, що дозволяє підключати кілька пристроїв до однієї шини); CAN (Controller Area Network; це мережевий протокол, розроблений для зв'язку між різними компонентами автомобіля, але широко використовується і в інших галузях, таких як промислові системи управління; CAN забезпечує надійну і швидку передачу даних); MODBUS (це протокол зв'язку, який використовується для обміну інформацією між електронними пристроями. Він часто застосовується в промислових автоматизованих системах для обміну даними між контролерами, датчиками і приводами).

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

Друга окрема група інтерфейсів – це бездротові. До них належать Wi-Fi (це технологія бездротового зв'язку, яка використовується для з'єднання пристроїв з мережею Інтернет або локальною мережею; Wi-Fi забезпечує високу швидкість передачі даних і зручність використання без кабелів); GSM (Global System for Mobile Communications; це стандарт для мобільного зв'язку, який забезпечує передачу голосових дзвінків, текстових повідомлень та даних; GSM використовується для віддаленого моніторингу і керування пристроями); LTE (Long-Term Evolution; це стандарт бездротового зв'язку для високошвидкісної передачі даних у мобільних мережах; LTE забезпечує високу пропускну здатність і низьку затримку передачі даних); LoRa (Long Range; це технологія бездротового зв'язку для передачі даних на великі відстані з низьким енергоспоживанням. LoRa використовується для підключення пристроїв у мережах Інтернету речей (IoT)); ZigBee (це протокол бездротового зв'язку, призначений для створення мереж з низьким енергоспоживанням. ZigBee використовується в автоматизованих системах управління, таких як розумні будинки і промислові мережі); Z-Wave (це технологія бездротового зв'язку, яка використовується переважно в системах домашньої автоматизації; Z-Wave забезпечує надійну і енергоефективну передачу даних між пристроями в межах будинку);

1.5 Огляд існуючих рішень

На поточний час існує дуже велика кількість пропозицій від різних організацій щодо розробки та впровадження систем раннього оповіщення населення. Розглянемо деякі з них та виділимо сильні та слабкі їх сторони.

В першу чергу виділимо рішення від НВП «ОЗОН С», м. Дніпро [2]. Розроблена даним виробничим підприємством називається «СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ОПОВІЩЕННЯ МІСТА». Її структурна схема наведена на рис. 1.1.

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Система оповіщення міста складається з кількох ключових елементів, кожен з яких виконує важливі функції. Основним елементом, який поєднує між собою окремі елементи даної системи, є пульта керування системою оповіщення міста. До його основних завдань належать: керування кінцевими пристроями оповіщення (забезпечення можливості вмикання та вимикання кінцевих пристроїв, зміна гучності та інші налаштування); інформування посадових осіб на телефони (автоматичне відправлення повідомлень про надзвичайні ситуації посадовим особам через телефонну мережу), отримання команд від регіональної автоматизованої системи централізованого оповіщення при надзвичайних ситуаціях регіонального масштабу (забезпечення синхронізації та узгодженості дій у разі великих надзвичайних ситуацій) та отримання інформації про надзвичайні ситуації з автоматизованих систем раннього виявлення та оповіщення на об'єктах підвищеної небезпеки (збір даних про можливі загрози з різних об'єктів та автоматичне реагування).

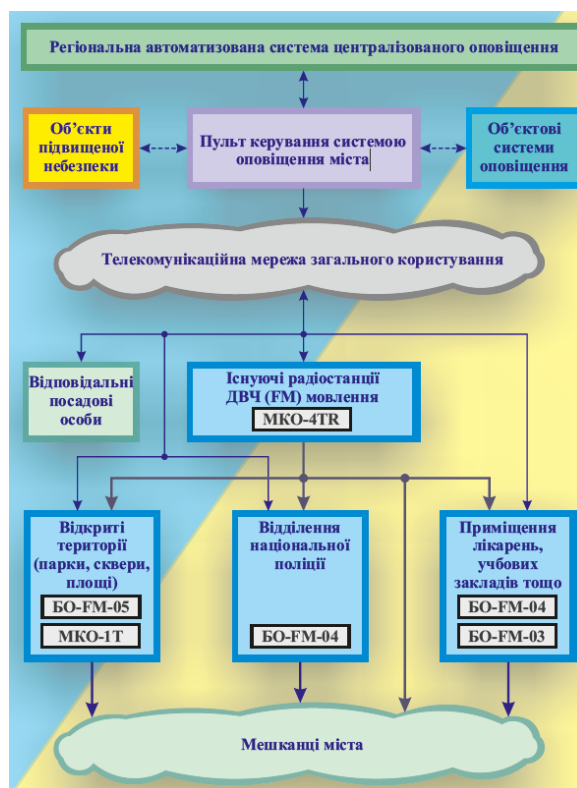


Рис. 1.1 Структурна схема «СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОПОВІЩЕННЯ МІСТА» від НВП «ОЗОН С» [2]

Окремо варто виділити пристрої керування мережею мовлення на базі модуля керування оповіщенням МКО-4TR Ці пристрої використовуються для передачі невідкладних повідомлень за допомогою засобів масової інформації, а також для надсилання команд кінцевим пристроям оповіщення. Вони забезпечують оперативне інформування населення про виникнення надзвичайних ситуацій.

Також до складу даної системи входять кінцеві пристрої оповіщення, до яких належать: сигнально-гучномовні пристрої для інформування на відкритих територіях (вони зазвичай встановлені на вулицях, площах та інших відкритих просторах для забезпечення широкого охоплення звуковими повідомленнями, використовують модуль керування оповіщенням МКО-1Т та блок оповіщення БО-FM-05) та блоки оповіщення для інформування у приміщеннях (вони використовуються, наприклад, в будівлях національної поліції, учбових та лікувальних закладах, адміністративних установах та інших приміщеннях для інформування людей всередині будівель).

Окремо варто виділити системи (хоча для даного випадку правильніше їх було назвати підсистемами, проте згідно структурної схеми з рис. 1.1 вони позначені саме так) оповіщення об'єктів підвищеної небезпеки. Вони базуються на використанні гучномовних систем об'єкту для оповіщення працівників та прилеглих до об'єкту територій. Ці системи забезпечують негайне інформування про небезпеку на об'єктах, де є підвищений ризик виникнення надзвичайних ситуацій. Також дані системи базуються на використанні системи інформування на телефони для збільшення загальної швидкості інформування: автоматичне надсилання повідомлень на телефони працівників та прилеглих територій для забезпечення швидкого реагування на загрози.

Об'єктові системи оповіщення, використання яких базується на інформуванні працівників, відвідувачів та прилеглих територій. Ці системи використовуються для інформування людей, що знаходяться на конкретному об'єкті, а також для оповіщення прилеглих територій у разі надзвичайних ситуацій.

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

Окремо варто відзначити цікаві напрацювання даного розробника стосовно автономних сигнально-гучномовних пристроїв (рис. 1.2). За допомогою сонячних батареї забезпечено автономне живлення даного пристрою.

Стосовно недоліків даної системи можна виділити те, що для передачі екстрених сповіщень використовуються або мобільні мережі, або телекомунікаційна мережа загального користування. З точки зору надійності такий підхід не зовсім виправданий. Мережі мобільного зв'язку можуть бути виведені з ладу, як і телекомунікаційна мережа загального користування.



Рис. 1.2 Сигнально-гучномовний пристрій з автономним живленням [2]

Інша аналогічна система розроблена фірмою НВП «БРАНД МАЙСТЕР ПЛЮС» [3]. Вона називається «АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОПОВІЩЕННЯ WARNING AUDIO». Її структурна схема наведена на рис. 1.3. Ключовий її елемент – це автоматизоване робоче місце. З нього передаються сигнали на базові станції оповіщення. Також існує можливість підключити до даної системи локальні централізовані системи оповіщення та територіальну автоматизовану систему централізованого оповіщення за необхідності.

Окремо варто відзначити використання хмарного програмного забезпечення в даній системі. Це основний її недолік. Якщо під час роботи буде відсутнє підключення до інтернету, то не факт що система буде працювати. Це суттєво зменшує її надійність.

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Порівняння розглянутих систем

Назва системи	Система автоматизованого оповіщення міста (НВП «ОЗОН С»)	Warning audio (НВП «БРАНД МАЙСТЕР ПЛЮС»)	Асрв – автоматизована система раннього виявлення (НВФ «Радій»)
Переваги	Централізоване керування; Автономні гучномовці; Інтеграція з регіональними системами; Можливість інформування як зовні, так і всередині приміщень.	Централізоване керування через АРМ; Хмарне програмне забезпечення; Інтеграція з іншими системами.	Велика кількість інтерфейсів; Підтримка різних датчиків; Резервне живлення; Висока точність моніторингу.
Недоліки	Залежність від мобільних мереж та ТМЗК	Залежність від інтернет-з'єднання (низька стійкість при НС)	Використання застарілих мобільних стандартів; Висока вартість; Вузьке цільове застосування
Надійність при НС	Середня	Низька	Висока
Гнучкість конфігурації	Висока	Середня	Середня
Що корисного можна взяти для своєї системи	Комбіноване охоплення території	Архітектура масштабування; Можливість централізованого керування	Гнучке з'єднання з датчиками; Надійність для критичної інфраструктури

Висновки до 1-го розділу

Класифікація систем оповіщення за рівнем охоплення (ЗАСЦО, ТАСЦО, МАСЦО, об'єктові системи) дозволяє визначити, що згідно технічного завдання оптимальним рішенням є впровадження спеціалізованої локальної (об'єктової) системи, яка здатна функціонувати автономно, але при потребі може бути інтегрована з вищими рівнями оповіщення (наприклад, ТАСЦО).

Навчальні заклади становлять особливо вразливу категорію об'єктів, де постійно перебуває велика кількість людей — переважно діти та підлітки, які не завжди можуть швидко й організовано реагувати у випадку надзвичайної ситуації. Тому важливою частиною системи оповіщення у НС є необхідність швидкого та чіткого оповіщення. У надзвичайних ситуаціях час має вирішальне

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ					22

значення. Система оповіщення повинна забезпечувати миттєве та чітке донесення інформації до всіх присутніх у навчальному закладі.

Окрему увагу було приділено технічним аспектам побудови таких систем. Детально розглянуто, які саме електронні компоненти та прилади використовуються для реалізації ефективного сповіщення — від джерел живлення та мікроконтролерів до датчиків, передавачів і модулів зв'язку. Враховано також сучасні підходи до структури систем: сегментацію користувачів, багатоканальну подачу інформації, підтримку шаблонних повідомлень, а також вимоги до тестування й актуалізації баз даних користувачів.

Крім технічних аспектів, проаналізовано нормативну та соціальну складову впровадження таких систем. Чинне законодавство передбачає наявність систем оповіщення у закладах освіти як обов'язковий елемент забезпечення пожежної та загальної безпеки. Крім того, з огляду на триваючу військову агресію проти України, питання захисту цивільного населення — зокрема у школах, коледжах і вишах — набуло особливої актуальності.

Варто також врахувати додаткові фактори. Це і наявність великої кількості приміщень різного призначення (класи, лабораторії, спортивні зали тощо) вимагає гнучкості системи оповіщення.

Загалом ефективна система оповіщення у навчальному закладі повинна відповідати таким критеріям: швидке розповсюдження інформації; централізоване управління для підвищення ефективності реагування; здатність до роботи в автономному режимі; інтеграція з іншими системами безпеки; відповідність технічним та нормативним вимогам; підтримка як локального, так і мережевого обміну даними; адаптованість до різних сценаріїв загроз.

Таким чином, розробка системи екстреного оповіщення з урахуванням сучасних технологій, нормативних вимог та специфіки навчальних закладів є актуальним та важливим завданням.

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		23

2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОПОВІЩЕННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи

До початку розробки структурної схеми визначимося с деякими нюансами системи, що проєктується. Розробляти окремі елементи не є доцільно. Наприклад, у якості головного елемента пропонується використати автоматизоване робоче місце на основі звичайного персонального комп'ютеру. Так, зустрічаються системи, в яких у якості основного елемента використовуються спеціалізовані блоки. Але такий підхід зменшує надійність та можливість модернізації системи у майбутньому. Також такий підхід прив'язує власника системи до її розробника. У випадку ліквідації розробника з будь-яких причин (наприклад, банкрутства) власник системи не зможе її повноцінно підтримувати у працеспроможному стані. Тому недоцільно використовувати спеціалізовані пристрої.

Структурна схема (рис. 2.1) системи оповіщення у школі представлена у вигляді логічно взаємопов'язаних елементів, що забезпечують контроль та інформування про надзвичайні ситуації.

У центрі схеми розташоване автоматизоване робоче місце, яке виконує функцію головного вузла управління. Це звичайний персональний комп'ютер, який доукомплектовано спеціалізованим програмним забезпеченням. Воно має зв'язок з бездротовим модемом, що дозволяє передавати сигнали через бездротову мережу, а також підключене до маршрутизатора. Маршрутизатор, у свою чергу, з'єднаний із мережевим шлюзом, який забезпечує вихід в глобальну мережу Internet.

Автоматизоване робоче місце також підключене до підсилювача сигналу, який передає команди гучномовцям. Гучномовці є ключовими елементами звукового оповіщення, розташованими у різних частинах школи для максимального покриття території сигналом тривоги.

					ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

датчиків, контролювати гучномовці та передавати сигнали до мережевих систем; це підвищує оперативність реагування на загрози);

2. Використання бездротового зв'язку (наявність бездротового модему дає змогу розширити можливості зв'язку без необхідності прокладання додаткових кабелів, що полегшує встановлення та обслуговування системи);

3. Підключення до глобальної мережі (система інтегрована з мережею Internet через маршрутизатор та мережевий шлюз, що дозволяє передавати інформацію до віддалених диспетчерських центрів, служб екстреного реагування або відповідальних осіб);

4. Масштабованість та модульність (перетворювач інтерфейсів Ethernet/RS-485 дозволяє підключати різноманітні периферійні пристрої (наприклад, датчики диму), а також легко розширювати систему у разі потреби, додаючи нові елементи без значних змін у структурі);

5. Висока надійність та відмовостійкість (завдяки використанню провідного та бездротового з'єднання забезпечується резервування каналів передачі даних; у разі виходу з ладу одного компонента (наприклад, мережевого шлюзу) система продовжує функціонувати локально);

6. Автоматичний моніторинг загроз (датчики диму постійно контролюють рівень задимленості у приміщеннях і передають дані у систему в реальному часі, що дозволяє виявити пожежу ще на ранніх етапах і запобігти її розповсюдженню);

7. Оперативне оповіщення населення (завдяки використанню гучномовців система забезпечує швидке інформування всіх присутніх у школі, що мінімізує час реагування у випадку небезпеки та сприяє ефективній евакуації);

8. Простота обслуговування та модернізації (завдяки модульній структурі система легко піддається оновленню або заміні окремих компонентів без необхідності повної перебудови);

Таким чином, схема на рис. 2.1 поєднує автоматизоване керування, швидке сповіщення та інтеграцію з мережами зв'язку, що робить її

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		26

ефективною, гнучкою та надійною у використанні в умовах школи і не тільки. Фактично вона є уніфікованою.

2.2 Вибір компонентів та розрахунки схеми електричної принципової

У якості АРМ рекомендується обрати сервер ARTLINE Business T15v20 [6]. Він базується на процесорі чотири ядерному ЦПУ Intel Core i3-12100 з частотною формулою 3.3 - 4.3 ГГц та материнською платою PRIME H670-PLUS D4 від компанії ASUS. Його специфікацій буде достатньо для нормальної та стабільної роботи розроблюваної системи оповіщення. Також його потрібно доповнити монітором Acer KA242YEBI (UM.QX2EE.E05) [7] з діагоналлю 23,8”, розподільною здатністю 1920x1080 та системним програмним забезпеченням Windows 11 Professional.

У ролі бездротового модему рекомендується використати 4G/3G HUAWEI E3372 White [8]. Він має відносно невелику вартість та відмінні технічні характеристики. Серед останніх варто відзначити підтримку будь-яких сучасних мобільних мереж.

У якості мережевого екрану буде використовуватись Cisco ASA5505. Це якісний продукт відомого виробника, який пройшов перевірку часом. В свою чергу, роль маршрутизатора буде виконувати Cisco C927-4P. Його можливостей досить для організації локальної обчислювальної мережі для системи, що проектується.

Для виведення звуку з системи, що проектується, було обрано акустичний комплект LA808CON1W [9] (рис. 2.2). До його складу входить один підсилювач та вісім колонок. Цього більш, ніж достатньо для реалізації системи оповіщення. При цьому вартість даної системи досить невелика. Знову ж таки, за рахунок використання модульного принципу при потребі цю систему повністю або частково можна замінити. Серед інших технічних характеристик даного акустичного комплексу можна виділити наявність трьох акустичних

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		27

входів від мікрофонів 3 мВ, 600 Ом. Та лінійний вхід 200 мВ, 10 кОм до якого можна підключити акустичний вихід від материнської плати персонального комп'ютера (3,5 мм audiojack).



Рис. 2.2 Акустичний комплект LA808CON1W [9]

У базовому комплект входить 8 гучномовців, кожен з номінальним опором $R_{кол} = 80\text{М}$. Для підключення до підсилювача LA808CON1W колонки згруповано у 4 пари, кожна пара підключається паралельно, з подальшим підключенням кожної пари до одного з чотирьох виходів підсилювача (OUT1–OUT4).

При паралельному з'єднанні двох колонок опір еквівалентного навантаження розраховується за формулою:

$$\frac{1}{R_{пари}} = \frac{1}{R_{кол}} + \frac{1}{R_{кол}}$$

Оскільки опір кожної колонки однаковий (8 Ом), маємо:

$$R_{пари} = \frac{R_{кол}}{2} = \frac{80\text{М}}{2} = 40\text{М}$$

					ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Таким чином, кожен вихід підсилювача LAB808CON1W буде навантажений еквівалентом у 4 Ом, що повністю відповідає технічним характеристикам підсилювача, який підтримує навантаження в діапазоні 4–16 Ом.

Згідно з технічним паспортом, підсилювач LAB808CON1W має вихідну потужність $P_{загальна} = 80\text{Вт}$ RMS (номінальна безперервна потужність). При симетричному розподілі потужності на чотири канали, максимальна потужність на кожному каналі становитиме:

$$P_{каналу} = \frac{P_{загальна}}{4} = \frac{80\text{Вт}}{4} = 20\text{Вт}.$$

Оскільки в кожному каналі дві колонки з'єднані паралельно, то потужність, що припадає на кожну колонку буде:

$$P_{колонки} = \frac{P_{каналу}}{2} = \frac{20\text{Вт}}{2} = 10\text{Вт}.$$

Таким чином, при номінальній роботі система забезпечить 10 Вт RMS на кожну колонку, що відповідає технічним характеристикам гучномовців.

Розрахуємо переріз провідників для підключення навантаження на підсилювач, враховуючи параметри системи: номінальна потужність на канал: 20 Вт; номінальний опір навантаження 4 Ом; напруга звукового сигналу: 70 В (вибрана стандартна лінія згідно специфікації підсилювача); довжина проводу в один бік до 30 м (враховуючи великі приміщення або коридори); матеріал проводу мідь; допустиме падіння напруги не більше 5%.

Оскільки ми працюємо на 70 В лінії, для кожного каналу:

$$I = \frac{P_{каналу}}{U} = \frac{20\text{Вт}}{70\text{В}} = 0.286\text{А}.$$

Розрахунок допустимого падіння напруги:

$$\Delta U_{\text{доп}} = 70\text{В} \times 5\% = 3.5\text{В}.$$

					ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Закон Ома для повного контуру (дві довжини дроту):

$$R_{\text{проводу}} = \frac{\Delta U_{\text{доп}}}{I} = \frac{3.5B}{0.286A} = 12.238\text{Ом}.$$

Опір проводу залежить від питомого опору міді та його геометричних

$$R_{\text{проводу}} = \rho \times \frac{2L}{S}, \text{ розмірів:}$$

де:

ρ — питомий опір міді $\approx 0.0175 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$

$2L$ — подвійна довжина (туди і назад) = 60 м

S — шуканий переріз провідника, мм^2

Підставимо і знайдемо переріз провідника:

$$S = \frac{0.0175 \frac{\text{Ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}} \times 60\text{м}}{12.238\text{Ом}} = 0.086\text{мм}^2.$$

Але це ідеальний теоретичний мінімум. Для надійності, стандарт безпеки і запасу, приймаємо не менше 10-кратного запасу, тобто:

$$S_{\text{рекомендований}} \geq 1 \text{ мм}^2.$$

Для підключення гучномовців до підсилювача при довжині кабелю до 30 м необхідно використовувати мідний двожильний кабель із перерізом не менше 1.0 мм^2 . У випадку, якщо довжина перевищує 50 м, рекомендується переріз $1.5\text{--}2.5 \text{ мм}^2$, що також зменшить теплові втрати та підвищить ефективність передавання потужності.

Для підключення дискретних датчиків наявності диму при реалізації систему повинен використовуватися сервер Муха NPort 5410 [10] на 4 порти (рис. 2.3). Цей пристрій виконує перетворення сигналів між Ethernet та RS-485, що критично важливо для систем із розгалуженою топологією.

					ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30



Рис. 2.3 Сервер Моха NPort 5410 [10]

Використання його обумовлено тим, що максимальна довжина стандарту Ethernet (100BASE-TX) становить 100 метрів. В нашому випадку довжина повинна бути значно більшою, тому доцільно використовувати інтерфейс RS-485, довжина передачі даних якого може становити 1200 метрів.

В одному сегменті мережі RS-485 може бути максимум 32 пристрої. До одного пристрою перетворення може бути підключено 4 перетворювачі Waveshare Modbus RTU IO 8CH [11] (кількість портів RS-485 в Моха NPort 5410, що раніше зазначалося; рис. 2.4). До одного такого пристрою може бути підключено до 8 сегментів дискретних датчиків.



Рис. 2.4 Перетворювач Waveshare Modbus RTU IO 8CH [11]

Тепер виконаємо розрахунок та визначимо максимальну кількість датчиків з дискретним виходом, яку можна підключити до розробленої системи. Для цього використаємо наступну формулу:

$$N_{дат} = N_{порт} \times N_{пристр} \times N_{сегмент}$$

де: $N_{дат}$ – загальна кількість датчиків, яку можна підключити до системи, шт.; $N_{порт}$ – кількість портів перетворювача (в нашому випадку їх 4шт.), шт.; $N_{пристр}$ – кількість пристроїв в одному сегменті (в нашому випадку їх може бути 32 шт.), шт.; $N_{сегмент}$ – кількість сегментів дискретних датчиків (згідно технічних специфікацій їх 8шт.), шт..

Отже згідно раніше наведеної формули отримуємо:

$$N_{дат} = 4 \times 32 \times 8 = 1024.$$

Ця кількість більш ніж достатня для забезпечення покриття великих об'єктів, зокрема будівель площею понад 10 000 м².

У якості дискретних датчиків планується використати датчик диму оптичний точковий Артон СПД-3.10 [12] (рис. 2.5).



Рис. 2.5 Датчик диму оптичний точковий Артон СПД-3.10 [12]

Характеристики цього датчику наступні: споживаний струм у режимі бездіяльності/тривоги – 0.095 мА / 30 мА; діапазон робочих температур – -10 ~ +55 °С; розміри 85 х 37 мм. Датчик сертифіковано для використання на

					ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

території України, схема підключення – «сухий контакт». Тому такий датчик оптимально підходить для використання в рамках розроблюваної системи.

Розрахуємо споживання струму одного пристрою, порту та загальне коли задіяні всі порти в режимі тривоги:

$$I_{\text{пристр}} = N_{\text{сегмент}} \times I_{\text{датч}} = 8 \times 30 \text{ мА} = 240 \text{ мА},$$

$$I_{\text{порт}} = N_{\text{пристр}} \times I_{\text{пристр}} = 32 \times 240 \text{ мА} = 7.68 \text{ А},$$

$$I_{\text{загальне}} = N_{\text{порт}} \times I_{\text{порт}} = 4 \times 7.68 \text{ А} = 30.72 \text{ А},$$

Для визначення ефективності системи оповіщення критично важливо оцінити час реагування (табл. 2.1) — тобто проміжок часу між моментом активації датчика і видачею аудіо сигналу гучномовцями. Така оцінка дозволяє перевірити відповідність системи нормативним вимогам (наприклад, ДСТУ EN 54-1:2022 [13], згідно з яким загальна затримка не повинна перевищувати 10 секунд).

Таблиця 2.1

Таблиця затримок сигналу в системі оповіщення

Етап	Затримка, с	Коментар
Спрацювання димового датчика	1.5	Типова затримка спрацювання оптичного датчика
Замикання контакту ("сухий контакт")	0.001	Миттєва реакція на спрацювання
Обробка сигналу контролером Modbus	0.01	Обробка + передача кадру по RS-485
Передача сигналу по RS-485	0.01	Швидкість близька до 9600 біт/с + незначна затримка в кабелі
Затримка сервер-ПК (включаючи опитування)	0.601	Затримка циклу опитування + обробка на ПК
Передача аудіокоманди та її виконання	0.07	Команда + затримка мікшера + передача на гучномовці
Сумарна затримка	2.2	Відповідає вимогам нормативів (≤ 10 с)

Цей розрахунок свідчить, що система здатна оперативно реагувати на сигнали небезпеки, а затримка не перевищує 2.2 секунди, що майже в п'ять разів швидше, ніж допускається стандартами для подібних систем.

2.3 Розробка схеми електричної принципової

Схема електрична принципова наведена на рис. 2.6 та відображає систему оповіщення, яка включає підключення гучномовців, мікшера, серверного обладнання, мережевого устаткування та датчиків виявлення. Весь перелік компонентів системи оповіщення в додатку А.

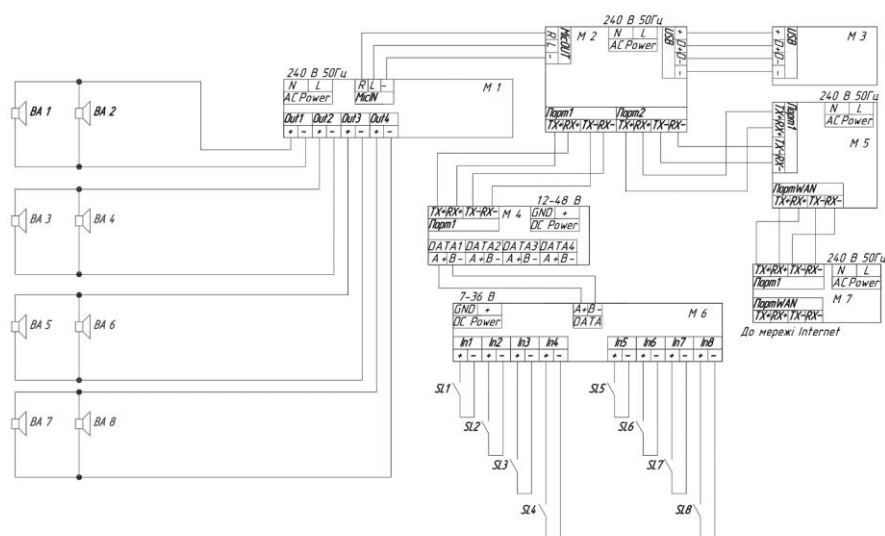


Рис. 2.6 Схема електрична принципова системи

Гучномовці згруповані у чотири пари, кожна з яких з'єднана з мікшером LAV082C0M1V, що забезпечує підсилення і розподіл аудіосигналу. Мікшер отримує сигнал через вхід MIC IN та має чотири виходи для підключення до гучномовців.

Для управління системою використовується комп'ютер APM ARTLINE Business 15720, який підключений через USB до модему HUAWEI E3372 White для забезпечення бездротового з'єднання з мережею. Комп'ютер також з'єднаний через Ethernet із сервером MOXA 5410, який працює з інтерфейсом RS-485 і має чотири порти для підключення периферійних пристроїв.

З сервера дані передаються через інтерфейс RS-485 на контролер Waveshare Modbus RTU I/O 8CH, який має вісім входів для підключення датчиків. У схемі показано підключення восьми датчиків з маркуванням SL1–

SL8, які відповідають першому поверху будівлі. У примітках зазначено, що схема для інших поверхів ідентична, але з використанням іншої нумерації датчиків. Також з попередніх розрахунків ми знаємо що систему можна масштабувати додавши на кожен порт по 32 перетворювача кожен з яких може приймати сигнал з 8 датчиків.

Для забезпечення доступу в глобальну мережу система включає маршрутизатор Cisco C927-4P, який підключений до сервера MOXA через Ethernet. Він також з'єднаний з мережевим шлюзом Cisco ASA 5505, що забезпечує вихід у мережу Internet для можливості дистанційного керування системою та моніторингу.

Висновки до 2-го розділу

У результаті проведеної розробки системи оповіщення для шкільного закладу було сформовано ефективну, масштабовану та надійну архітектуру, яка відповідає сучасним технічним вимогам безпеки. Система ґрунтується на принципі централізованого управління за допомогою автоматизованого робочого місця, побудованого на базі персонального комп'ютера. Завдяки цьому забезпечено високу гнучкість, простоту модернізації та можливість інтеграції з існуючими інфраструктурними рішеннями.

Було здійснено технічно обґрунтований вибір компонентів: серверного обладнання, бездротових модемів, мережевих пристроїв, акустичних систем та модулів для збору даних з датчиків. Всі елементи системи гармонійно поєднані, що дозволяє досягти оптимального балансу між вартістю, функціональністю та експлуатаційною надійністю. Проведені електротехнічні розрахунки підтверджують правильність вибраних схем з'єднання, зокрема у частині опору навантаження, потужності на гучномовці та перерізу кабелів.

Ключовою перевагою системи є її швидкодія: загальний час від спрацювання датчика до активації звукового сигналу не перевищує 2,2 секунди,

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		35

що майже у п'ять разів менше за допустимий норматив (≤ 10 с). Це забезпечує оперативне реагування у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Таким чином, розроблена система є надійним інструментом оперативного оповіщення, який може бути адаптований як для навчальних закладів, так і для інших типів громадських будівель. Її структурна модульність, використання сучасних цифрових протоколів зв'язку та гнучкість в налаштуванні створюють передумови для ефективної інтеграції у комплексні системи цивільного захисту.

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		36

3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ОПОВІЩЕННЯ

3.1 Розробка алгоритмів

На рис. 3.1 зображено блок-схему алгоритму роботи системи, що відповідає за обробку надзвичайних ситуацій, таких як, наприклад, пожежа. Фактично це алгоритм програмної частини системи, що проектується. Алгоритм починається з блоку "Початок", після чого система переходить до блоку «Введення логіну та паролю», де користувач повинен ввести свої облікові дані. Ці дані порівнюються з інформацією у «БД користувачів», тобто базою даних користувачів. Далі система перевіряє, чи пройшла авторизація успішно. Якщо авторизація не вдалася, система повертається до блоку введення логіну та паролю. Якщо ж авторизація пройшла успішно, система переходить до блоку «Отримання даних з загальної системи НС», де отримує інформацію з «БД загальних НС», тобто бази даних загальних надзвичайних ситуацій. Наступний крок – «Контроль спрацювання датчиків», де система перевіряє дані з «БД пожежних НС», тобто бази даних пожежних надзвичайних ситуацій, для виявлення ознак пожежі. Після цього система перевіряє, чи є надзвичайна ситуація. Якщо НС не виявлено, алгоритм завершується, переходячи до блоку «Кінець». Якщо ж НС виявлено, система переходить до блоку «Формування повідомлення стосовно НС», де створює відповідне повідомлення про надзвичайну ситуацію. Останнім кроком є "Виведення звукового повідомлення", де система сповіщає про НС за допомогою звукового сигналу.

Пунктиром виділені блоки, які після авторизації користувача постійно працюють до тих пір, поки не прийде команда стосовно завершення роботи даної системи.

					ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

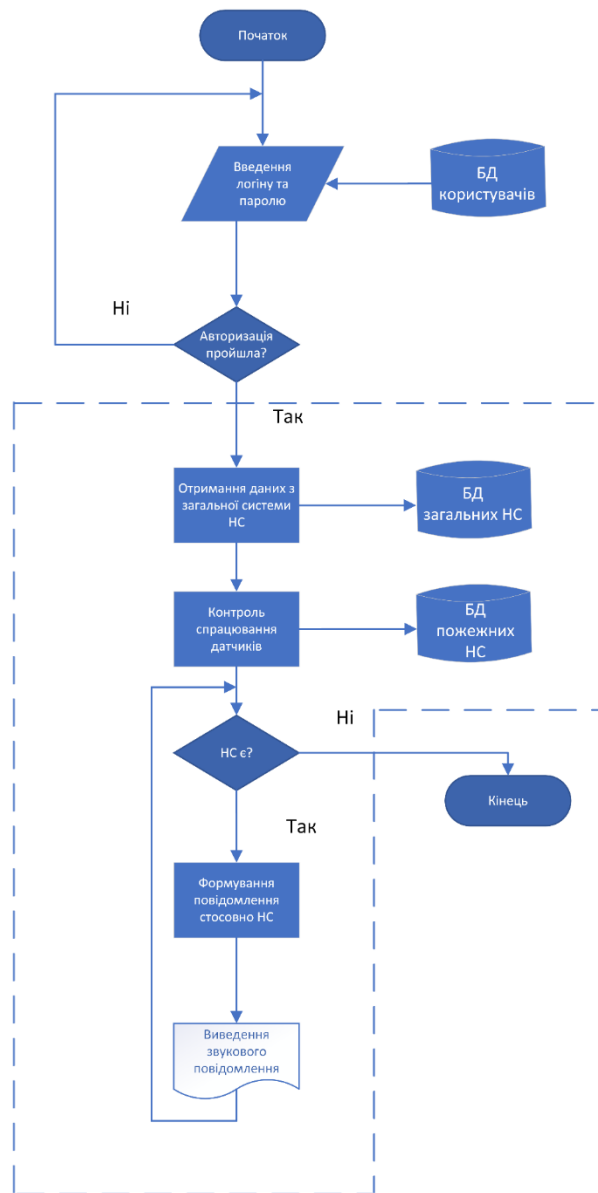


Рис. 3.1 Алгоритм роботи системи

3.2 Розробка бази даних

Запит на мові SQL (Structured Query Language, мова структурованих запитів) щодо створення таблиць бази даних та тестового їх наповнення наведено у додатку Б. Результат виконання цього запиту у середовищі MS SQL Management Studio наведено на рис. 3.2. Структура таблиць та їх зв'язки наведено на рис. 3.3.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

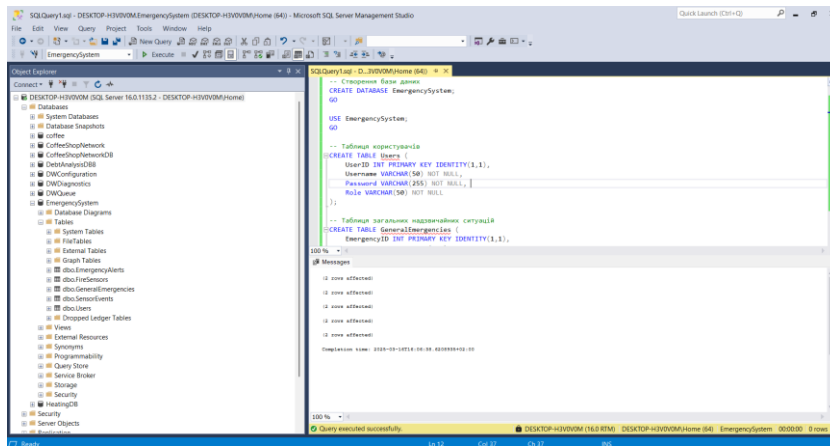


Рис. 3.2 Результат виконання запиту на мові SQL на створення та тестове заповнення таблиць в базі даних

Таблиця Users (Користувачі) призначена для зберігання інформації про користувачів системи, які мають доступ до її функціоналу. Вона містить такі стовпці: UserID (унікальний ідентифікатор користувача, який автоматично генерується при додаванні нового запису); Username (ім'я користувача, яке використовується для входу в систему); Password (пароль користувача, який зберігається у базі даних); Role (роль користувача в системі, яка визначає його права доступу (наприклад, адміністратор, користувач). Ця таблиця забезпечує аутентифікацію користувачів і розмежування їх прав доступу до системи.

В свою чергу, таблиця GeneralEmergencies (Загальні надзвичайні ситуації) зберігає інформацію про загальні надзвичайні ситуації, які можуть виникнути. Вона містить такі стовпці: EmergencyID (унікальний ідентифікатор надзвичайної ситуації); EmergencyName (назва надзвичайної ситуації (наприклад, пожежа, витік газу)); Description (опис надзвичайної ситуації); Severity (рівень небезпеки надзвичайної ситуації (наприклад, 1 - низький, 3 - високий)); Timestamp (час виникнення надзвичайної ситуації). Ця таблиця дозволяє відстежувати та класифікувати різні типи надзвичайних ситуацій.

Таблиця FireSensors (Датчики пожежних надзвичайних ситуацій) зберігає інформацію про датчики, які використовуються для виявлення пожежних надзвичайних ситуацій. Вона містить такі стовпці: SensorID (унікальний ідентифікатор датчика); Location (розташування датчика (наприклад, кухня,

коридор)); SensorType (тип датчика (наприклад, датчик диму, датчик температури)); LastTriggered (час останнього спрацювання датчика); Status (статус датчика (наприклад, активний, неактивний)). Ця таблиця дозволяє відстежувати стан і активність датчиків.

Таблиця SensorEvents (Події спрацювання датчиків) зберігає інформацію про події спрацювання датчиків. Вона містить такі стовпці: EventID (унікальний ідентифікатор події); SensorID (ідентифікатор датчика, який спрацював); TriggeredAt (час спрацювання датчика); Value (показання датчика в момент спрацювання). Ця таблиця дозволяє відстежувати історію спрацювань датчиків і аналізувати їх показання.

Таблиця EmergencyAlerts (Повідомлення про НС) зберігає інформацію про повідомлення, які генеруються системою при виникненні надзвичайних ситуацій. Вона містить такі стовпці: AlertID (унікальний ідентифікатор повідомлення); EmergencyID (ідентифікатор надзвичайної ситуації, про яку повідомляє повідомлення); SensorID (ідентифікатор датчика, який спричинив повідомлення); Message (текст повідомлення); AlertTime (час створення повідомлення); IsSoundAlert (прапорець, який вказує, чи було використано звукове сповіщення). Ця таблиця дозволяє відстежувати повідомлення про надзвичайні ситуації та аналізувати їх вміст.

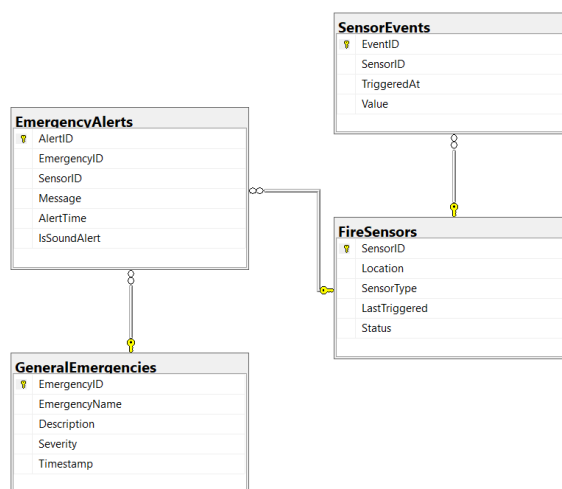


Рис. 3.3 Структура таблиць та їх зв'язки

3.3 Розробка коду програми

Наступник кроком стала реалізація системи в середовищі MS Visual Studio. При запуску системи було обрано пункт Create a New Project (рис. 3.4). Це дозволяє обрати тип проекту, задати необхідні параметри та розпочати реалізацію програмного забезпечення.

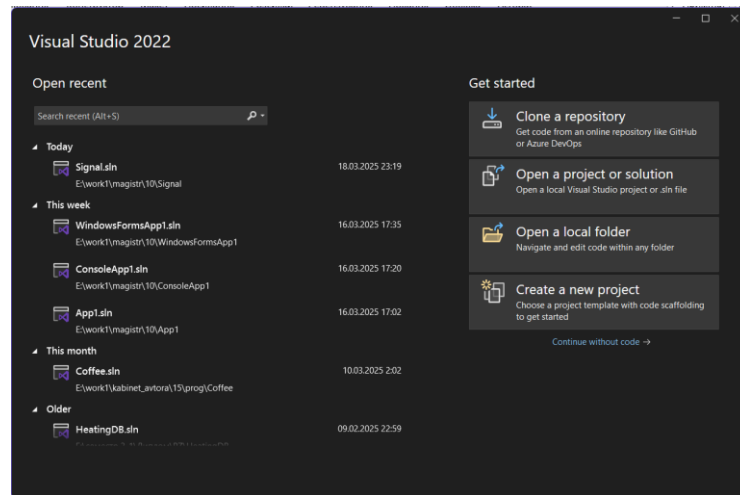


Рис. 3.4 Обрання пункту Create a New Project

Потім було обрано тип проекту – Windows Forms App (.Net Framework) (рис. 3.5).

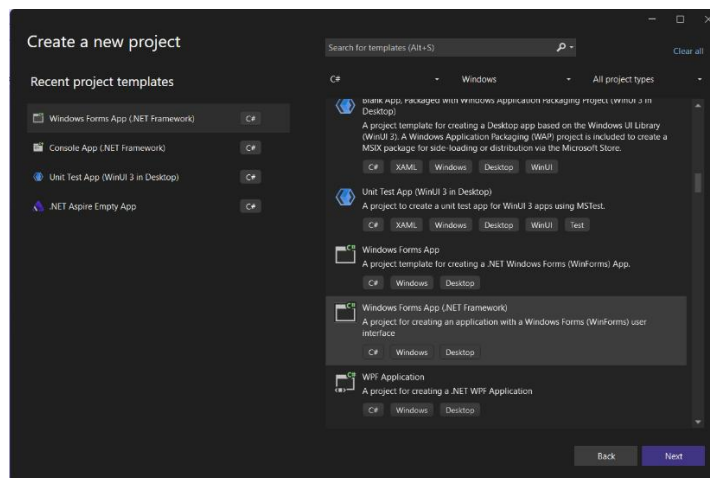


Рис. 3.5 Обирання типу проекту WindowsFormsApp (.NetFramework)

Цей тип проекту дає змогу реалізувати віконний додаток з інтерактивними елементами управління. Вибір саме цього шаблону зумовлений його зручністю для розробки систем оповіщення.

Далі було задано параметри проекту (рис. 3.6).

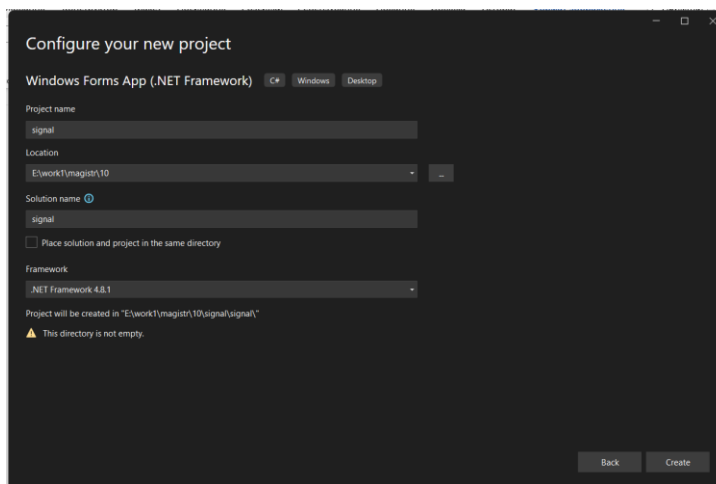


Рис. 3.6 Завдання параметрів проекту

Це дозволяє організувати зберігання файлів та налаштувати робоче середовище. Коректно задані параметри полегшують подальшу підтримку та розгортання проекту.

Після створення проекту було встановлено з'єднання з базою даних (рис. 3.7), яка раніше була створена.

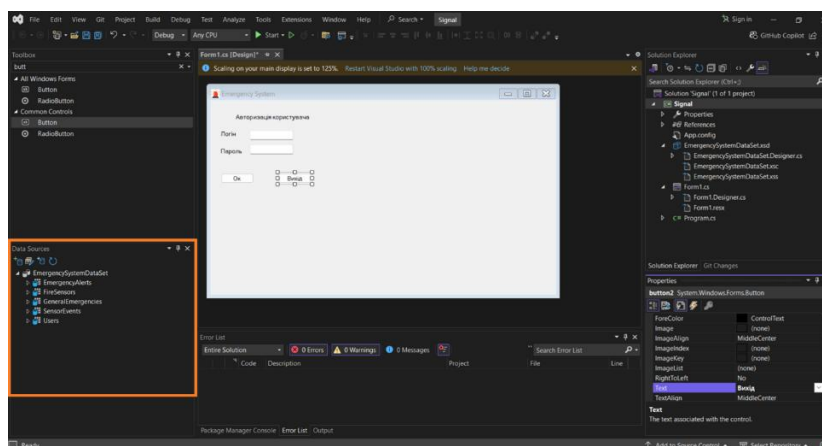


Рис. 3.7 Встановлення з'єднання з базою даних

Підключення до бази є необхідним для обміну даними між інтерфейсом користувача та системною логікою. На рис. 3.7 зображено процес конфігурації підключення до джерела даних через відповідні компоненти Visual Studio.

Далі була розроблена форма авторизації (рис. 3.8).

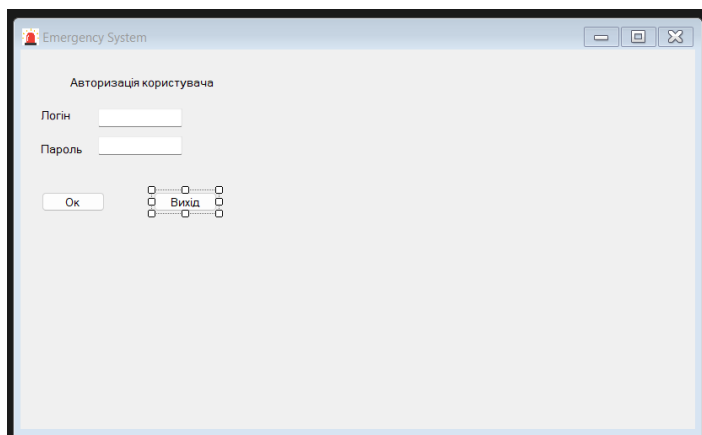


Рис. 3.8 Форма авторизації

Ця форма дозволяє ввести логін і пароль користувача для перевірки прав доступу до системи.

У випадку успішної авторизації з'являється відповідне вікно (рис. 3.9).

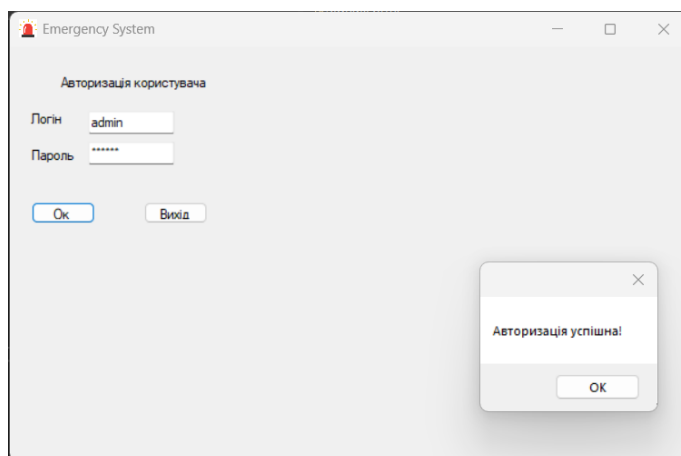


Рис. 3.9 Повідомлення про успішну авторизацію

Це вікно відіграє роль зворотного зв'язку, інформуючи користувача про результат перевірки даних.

Якщо авторизація неуспішна то буде виведене відповідне вікно, подальші дії будуть заблоковані (рис. 3.10). Цей механізм реалізовано для захисту системи від несанкціонованого доступу.

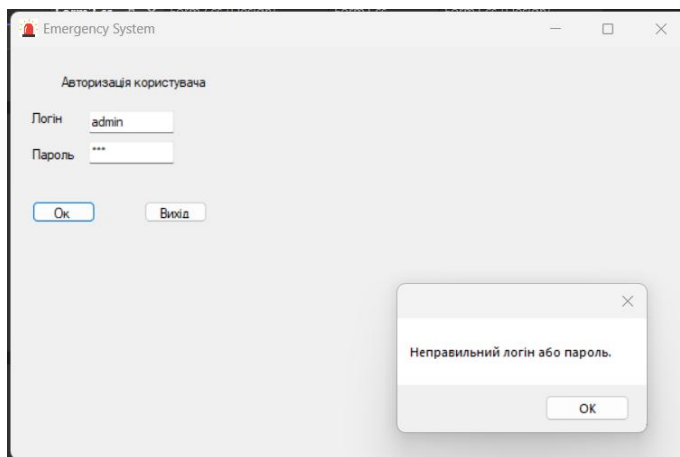


Рис. 3.10 Невдала авторизація користувача

Після успішного входу до системи з'являється головне вікно програми, яке містить основне меню керування (рис. 3.11).

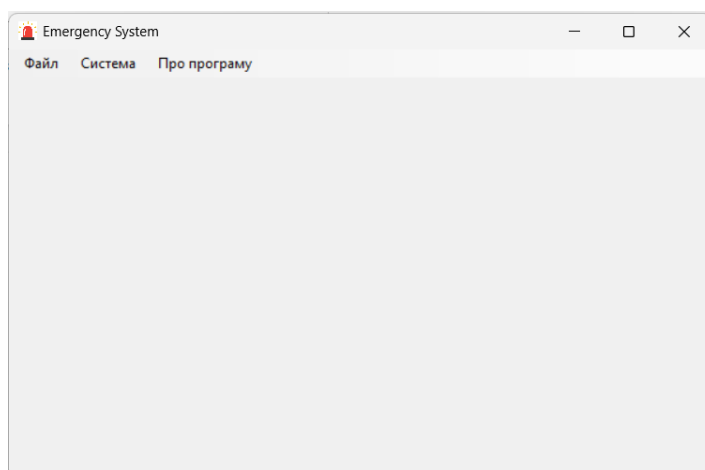


Рис. 3.11 Головна форма програми

Із цього вікна користувач може запускати опитування або переглядати інформацію.

Після того, як з'явилося головне вікно програми достатньо запустити опитування за допомогою відповідного пункту меню (рис. 3.12).

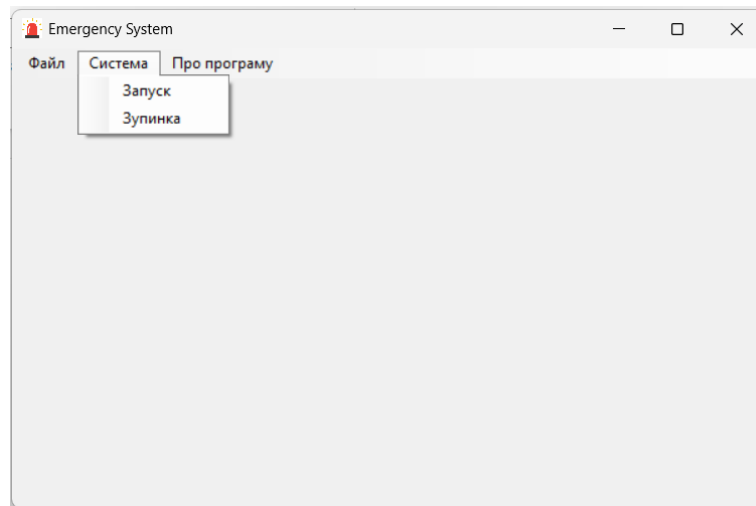


Рис. 3.12 Меню «Система» з пунктами «Запуск» та «Зупинка»

При цьому з'явиться повідомлення (рис. 3.13), що опитування запущено. Це повідомлення підтверджує, що всі необхідні процеси активовані і опитування розпочато. При цьому всі процеси йдуть у фоновому режимі.

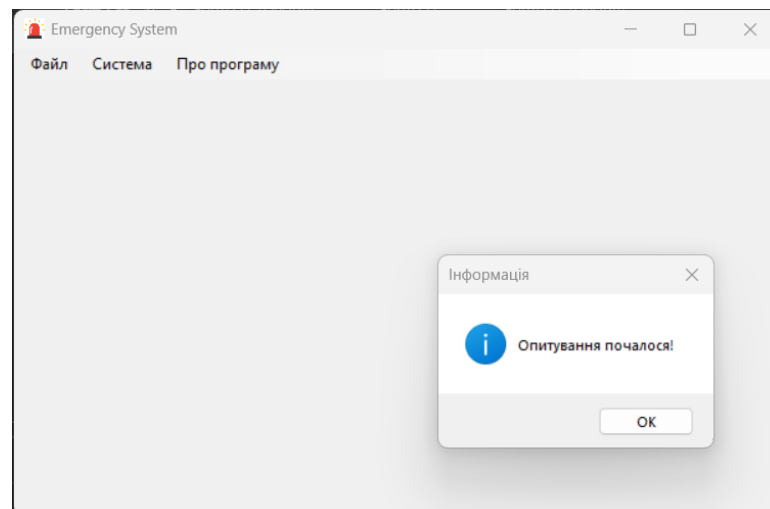


Рис. 3.13 Повідомлення про запуск опитування

Для зупинки опитування достатньо задіяти відповідний пункт меню. При цьому з'явиться відповідне повідомлення (рис. 3.14).

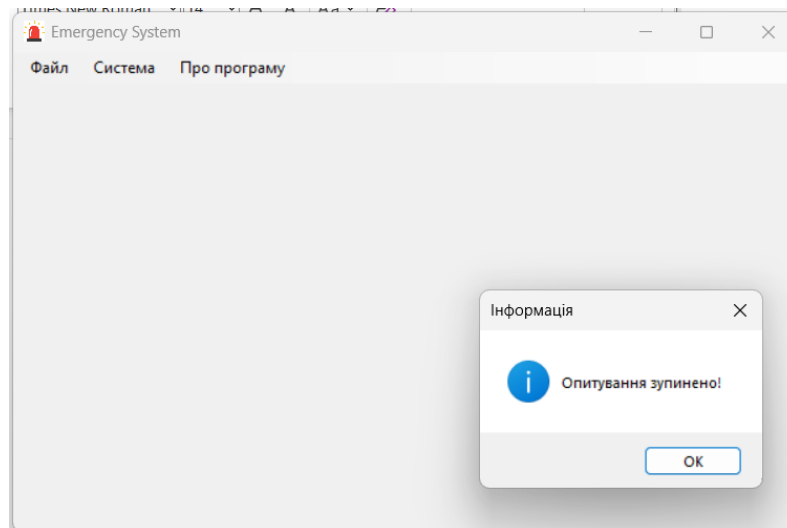


Рис. 3.14 Повідомлення про зупинку опитування

Цей функціонал дозволяє вручну контролювати тривалість опитування відповідно до потреб. Повідомлення є підтвердженням того, що усі фонові процеси було успішно завершено.

Висновки до 3-го розділу

У цьому розділі було виконано повний цикл розробки програмного забезпечення для системи оповіщення про надзвичайні ситуації. На основі побудованої блок-схеми алгоритму роботи було визначено логіку функціонування системи, що охоплює авторизацію користувача, обробку інформації з бази даних та генерацію повідомлень у разі виявлення НС. Особливу увагу було приділено реалізації циклічного контролю стану датчиків, що є ключовим елементом для своєчасного виявлення небезпек.

Розроблено структуру бази даних, яка включає окремі таблиці для користувачів, загальних надзвичайних ситуацій, датчиків, подій спрацювання та повідомлень. Така структура забезпечує логічне зберігання даних та дозволяє ефективно організувати запити до бази з метою обробки й аналізу інформації. Крім того, реалізація ролей користувачів у таблиці Users дозволяє розмежовувати доступ до функцій системи.

					ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Розробка графічного інтерфейсу користувача в середовищі MS Visual Studio забезпечила реалізацію основного функціоналу системи, зокрема авторизації, підключення до бази даних, запуску та зупинки опитування датчиків, а також відображення відповідних повідомлень. Застосування Windows Forms забезпечило зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що робить взаємодію з системою простою для користувача. Завдяки реалізації опитування датчиків у фоновому режимі було досягнуто неперервності контролю стану середовища.

Таким чином, створене програмне забезпечення є повноцінним інструментом для автоматизованого моніторингу та оперативного оповіщення про надзвичайні ситуації, що забезпечує як надійну технічну реалізацію, так і зручну взаємодію з користувачем.

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		47

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У процесі виконання дипломного проєкту було розроблено систему оповіщення про надзвичайні ситуації, адаптовану для використання у навчальних закладах. У ході роботи здійснено аналіз існуючих рішень, їх переваг і недоліків, а також сформульовано вимоги до нової системи.

Основні результати та досягнення роботи включають: аналіз існуючих систем (проаналізовано сучасні системи оповіщення, серед яких виділено автоматизовані рішення відомих виробників; визначено ключові недоліки, такі як залежність від окремих мереж зв'язку та недостатня універсальність); виконано проєктування системи (розроблено структурну схему системи з акцентом на модульність, надійність і масштабованість; обґрунтовано вибір компонентів, таких як сервери, мережеве обладнання, гучномовці й датчики диму); розроблено програмне забезпечення (застосовано технології для створення бази даних, алгоритмів обробки надзвичайних ситуацій і інтерфейсу користувача; забезпечено функції авторизації, отримання даних із датчиків, формування й виведення сповіщень); виконано моделювання (виконано моделювання роботи системи, розроблено принципову електричну схему).

Переваги запропонованої системи:

1. Централізоване управління для підвищення ефективності реагування.
2. Підтримка як локального, так і мережевого обміну даними.
3. Оперативне інформування через звукові і візуальні пристрої.
4. Масштабованість і можливість інтеграції з іншими системами безпеки.

Таким чином, розроблена система відповідає сучасним вимогам до безпеки у навчальних закладах. Її модульна архітектура забезпечує гнучкість і зручність у впровадженні та обслуговуванні. У майбутньому проєкт може бути доповнений новими функціями, такими як інтеграція з хмарними технологіями чи підтримка мобільних сповіщень для персоналу та батьків. Розроблена система є універсальним рішенням, яке може бути адаптоване для використання в інших закладах чи установах.

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Постанова № 355 від 29.03.2024 Деякі питання функціонування загальнодержавної автоматизованої системи централізованого оповіщення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/526189_767825?form=MG0AV3&form=MGOAV3 (Дата звернення 26.05.2025).

2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ОПОВІЩЕННЯ МІСТА. <http://ozons.com.ua/wp-content/uploads/2020/08/Система-автоматизованого-оповіщення-міста.pdf> (Дата звернення 22.02.2025).

3. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОПОВІЩЕННЯ WARNING AUDIO. URL: https://hromady.org/wp-content/uploads/2024/05/2_13-00_Котов-Є.-МАСЦЮ-2024.pdf (Дата звернення 22.02.2025).

4. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ. URL: https://radiy.com/wp-content/uploads/2022/08/%D0%90%D0%A1%D0%A0%D0%92_ukr.pdf (Дата звернення 22.02.2025).

5. У 2025 році українські мобільні оператори почнуть вимикати мережі 3G інтернету. URL: <https://v.gd/h4yFt2> (Дата звернення 26.05.2025).

6. Сервер ARTLINE Business T15v20. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/artline-t15v20/p396394230/> (Дата звернення 02.03.2025).

7. Монітор 23.8" Acer KA242YEBI (UM.QX2EE.E05). URL: <https://hard.rozetka.com.ua/ua/acer-umqx2eee05/p411520983/> (Дата звернення 02.05.2025).

8. Модем 4G/3G HUAWEI E3372 White. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/401570688/p401570688/> (Дата звернення 02.05.2025).

9. Акустичний комплект LA808CON1W. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/412848450/p412848450/> (Дата звернення 02.05.2025).

10. Сервер Моха NPort 5410. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/345592168/p345592168/> (Дата звернення 02.03.2025).

					ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

11. Waveshare Modbus RTU IO 8CH (26244). URL: <https://evo.net.ua/modbus-rtu-io-8ch/> (Дата звернення 02.05.2025).
12. Датчик диму оптичний точковий Артон СПД-3.10 (109445). URL: <https://rozetka.com.ua/ua/239994379/p239994379/> (Дата звернення 02.05.2025).
13. ДСТУ EN 54-1:2022. Системи виявлення пожежі та пожежної сигналізації - Частина 1: Вступ (EN 54-1:2021, IDT) [Чинний від 2023-12-31]. Вид. офіц. Київ, 2022. 22 с.
14. Alan Beaulieu. Learning SQL, Second Edition. Sebastopol. O'Reilly Media. 2009. 337с.
15. Rob Miles C# Programming Yellow Book Cheese" Edition 8.2. 2016. 216с.
16. Svetlin Nakov FUNDAMENTALS OF COMPUTER PROGRAMMING WITH C#. Sofia. 2013. 1122с.
17. Коноваленко І.В. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0: навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2020. 320 с.
18. Коноваленко І.В. Програмування мовою C# 6.0. Тернопіль: ТНТУ. 2016. 227с.
19. Програмування мовою C# Visual Studio 2019. Лабораторний практикум: у 3-х ч. Ч. 1. / Л. В. Соловей, Н. М. Мірошніченко, Т. Г. Бабак. Харків : НТУ «ХПІ», 2022. 120 с.
20. Бази даних та знань у системах цифрового інтелекту: методичні вказів-ки що до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності «Комп'ютерні науки», магістерський рівень підготовки / Сагайда, П.І.; Техн. ун-т «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». Запоріжжя, 2023. 78 с.
21. Walter Shields. SQL QuickStart Guide: The Simplified Beginner's Guide to Managing, Analyzing, and Manipulating Data With SQL. 2019. 375с.
22. Anthony Molinaro, Robert de Graaf. SQL Cookbook: Query Solutions and Techniques for All SQL Users 2nd Edition Author(s). 2020. 567с.

					<i>ДП.ДЕ11.07.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

SQL – запит для створення БД та наповнення її даними

```
-- Створення бази даних
CREATE DATABASE EmergencySystem;
GO
USE EmergencySystem;
GO

-- Таблиця користувачів
CREATE TABLE Users (
    UserID INT PRIMARY KEY IDENTITY(1,1),
    Username VARCHAR(50) NOT NULL,
    Password VARCHAR(255) NOT NULL,
    Role VARCHAR(50) NOT NULL
);

-- Таблиця загальних надзвичайних ситуацій
CREATE TABLE GeneralEmergencies (
    EmergencyID INT PRIMARY KEY IDENTITY(1,1),
    EmergencyName VARCHAR(255) NOT NULL,
    Description TEXT,
    Severity INT, -- Рівень небезпеки
    Timestamp DATETIME DEFAULT GETDATE()
);

-- Таблиця датчиків пожежних надзвичайних ситуацій
CREATE TABLE FireSensors (
    SensorID INT PRIMARY KEY IDENTITY(1,1),
    Location VARCHAR(255) NOT NULL,
    SensorType VARCHAR(50) NOT NULL,
    LastTriggered DATETIME,
    Status VARCHAR(50) -- Активний/Неактивний
);
```

```

-- Таблиця подій спрацювання датчиків
CREATE TABLE SensorEvents (
    EventID INT PRIMARY KEY IDENTITY(1,1),
    SensorID INT FOREIGN KEY REFERENCES FireSensors(SensorID),
    TriggeredAt DATETIME DEFAULT GETDATE(),
    Value DECIMAL(10, 2) -- Показання датчика
);

-- Таблиця повідомлень про НС
CREATE TABLE EmergencyAlerts (
    AlertID INT PRIMARY KEY IDENTITY(1,1),
    EmergencyID INT FOREIGN KEY REFERENCES GeneralEmergencies(EmergencyID),
    SensorID INT FOREIGN KEY REFERENCES FireSensors(SensorID),
    Message TEXT,
    AlertTime DATETIME DEFAULT GETDATE(),
    IsSoundAlert BIT -- Чи було звукове сповіщення
);

-- Заповнення таблиці користувачів (приклад)
INSERT INTO Users (Username, Password, Role) VALUES
('admin', 'password123', 'Administrator'), -- Замініть на хешований пароль!
('user1', 'userpass', 'User'); -- Замініть на хешований пароль!

-- Заповнення таблиці загальних НС (приклад)
INSERT INTO GeneralEmergencies (EmergencyName, Description, Severity) VALUES
('Пожежа', 'Виявлено ознаки пожежі', 3),
('Витік газу', 'Виявлено витік газу', 2);

-- Заповнення таблиці датчиків (приклад)
INSERT INTO FireSensors (Location, SensorType, Status) VALUES
('Кухня', 'Датчик диму', 'Активний'),
('Коридор', 'Датчик температури', 'Активний');

-- Заповнення таблиці подій (приклад)
INSERT INTO SensorEvents (SensorID, Value) VALUES
(1, 150.00), -- Датчик диму спрацював
(2, 80.00); -- Датчик температури спрацював

-- Заповнення таблиці сповіщень (приклад)
INSERT INTO EmergencyAlerts (EmergencyID, SensorID, Message, IsSoundAlert)
VALUES
(1, 1, 'Виявлено задимлення на кухні', 1),
(2, 2, 'Виявлено різке підвищення температури в коридорі', 1);

```

ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

Програмний код форми для авторизації користувача (у програмі Form1)

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Data.Entity;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace Signal
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Application.Exit();
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            string username = textBoxLogin.Text;
            string password = textBoxPassword.Text;
```

```
// Перевірка облікових даних
if (username == "admin" && password == "pas123")
{
    MessageBox.Show("Авторизація успішна!");

    // Створення нової форми
    Form2 form2 = new Form2();

    // Відображення нової форми
    form2.Show();

    this.Hide();
}
else
{
    MessageBox.Show("Неправильний логін або пароль.");
}
}
}
```

ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

Програмний код головної форми програми (у програмі Form2)

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.IO.Ports;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using NModbus;

namespace Signal
{
    public partial class Form2 : Form
    {
        private Timer pollingTimer;
        public Form2()
        {
            InitializeComponent();
            // Налаштування таймера для опитування
            pollingTimer = new Timer();
            pollingTimer.Interval = 1000; // Інтервал у мілісекундах
(1000 мс = 1 секунда)
        }

        private void вихідToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Application.Exit();
        }

        private void запускToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            if (!pollingTimer.Enabled)
```

```

        {
            pollingTimer.Start();
            MessageBox.Show("Опитування почалося!", "Інформація",
MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information);
        }
        RunModbusPolling();
    }

    private void RunModbusPolling()
    {
        string portName = "COM3"; // Замініть на ваш COM-порт
        int baudRate = 9600;
        Parity parity = Parity.None;
        int dataBits = 8;
        StopBits stopBits = StopBits.One;

        using (SerialPort serialPort = new SerialPort(portName, baudRate,
parity, dataBits, stopBits))
        {
            try
            {
                // Відкрити порт
                serialPort.Open();

                // Формування запиту Modbus (зчитування дискретних входів)
                byte slaveId = 1; // Адреса підлеглого пристрою
                ushort startAddress = 0; // Початкова адреса
                ushort numberOfPoints = 8; // Кількість точ. для зчитування

                byte[] request = CreateModbusRequest(slaveId, startAddress,
numberOfPoints);

                serialPort.Write(request, 0, request.Length);

                // Зчитування відповіді
                byte[] response = new byte[5 + numberOfPoints / 8];
                serialPort.Read(response, 0, response.Length);

                // Обробка відповіді
                string message = ParseModbusResponse(response,
numberOfPoints);

                MessageBox.Show(message, "Результати опитування",
MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information);
            }
            catch { }
        }
    }
}

```

```

    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show($"Помилка: {ex.Message}", "Помилка",
        MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
    }
    finally
    {
        if (serialPort.IsOpen)
        {
            serialPort.Close();
        }
    }
}

private byte[] CreateModbusRequest(byte slaveId, ushort startAddress, ushort
numberOfPoints)
{
    // Формування запиту Modbus RTU
    byte functionCode = 2; // Код функції (читання дискретних входів)
    byte[] request = new byte[8];
    request[0] = slaveId;
    request[1] = functionCode;
    request[2] = (byte)(startAddress >> 8); // Старший байт адреси
    request[3] = (byte)(startAddress & 0xFF); // Молодший байт адреси
    request[4] = (byte)(numberOfPoints >> 8); // Старший байт кількості
    request[5] = (byte)(numberOfPoints & 0xFF); // Молодший байт кількості
    ushort crc = CalculateCRC(request, 6);
    request[6] = (byte)(crc & 0xFF); // Молодший байт CRC
    request[7] = (byte)(crc >> 8); // Старший байт CRC
    return request;
}

private ushort CalculateCRC(byte[] data, int length)
{
    // Розрахунок CRC для Modbus RTU
    ushort crc = 0xFFFF;
    for (int i = 0; i < length; i++)
    {
        crc ^= data[i];
        for (int j = 0; j < 8; j++)

```

```

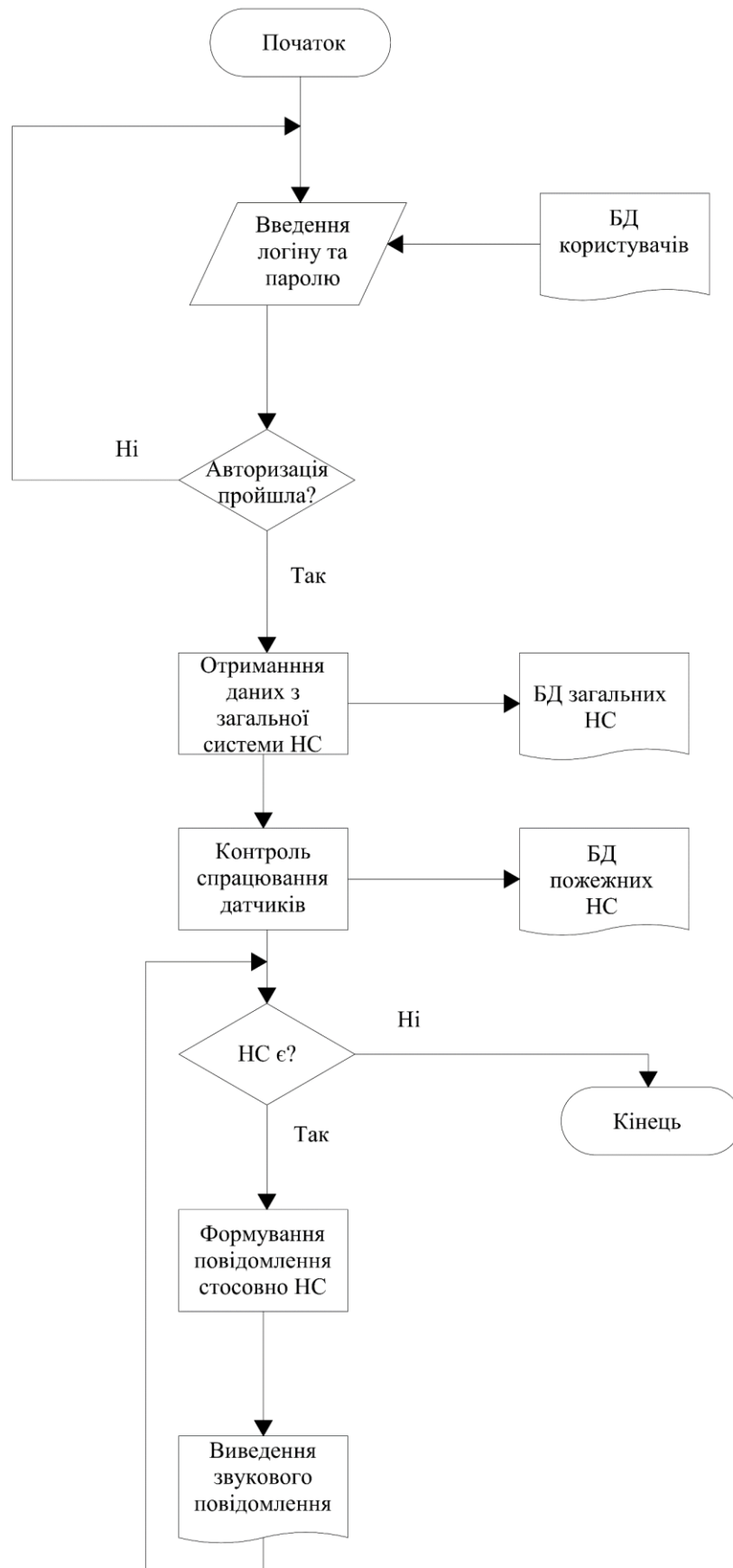
{
    if ((crc & 1) != 0)
        crc = (ushort)((crc >> 1) ^ 0xA001);
    else
        crc >>= 1;
    }
}
return crc;
}

private string ParseModbusResponse(byte[] response, ushort numberOfPoints)
{
    // Перевірка на помилку та формування результату
    if (response[1] == 0x82) // Перевірка на код помилки
        return $"Помилка: Код {response[2]}";

    string result = "Стан каналів:\n";
    for (int i = 0; i < numberOfPoints; i++)
    {
        bool isActive = (response[3] & (1 << i)) != 0;
        result += $"Канал {i + 1}: {(isActive ? "Активний" :
"Неактивний")}\n";
    }
    return result;
}

private void зупинкаToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (pollingTimer.Enabled)
    {
        pollingTimer.Stop();
        MessageBox.Show("Опитування зупинено!", "Інформація",
MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information);
    }
}
}
}

```

					ДП ДЕ11.07.000 СА			
Ім.	Прізвище	Пов.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Мощність	
Різдво	Білоус	О. В.						
Лібер	Білоус	О. М.						
Г. Кошар	Білоус	О. М.						
М. Кошар	Білоус	Л. М.						
Білоус	Білоус	О. М.						

Система оповіщення найбільшій кількості Служба охорони

«ЛТД ім. Ілари Скорської», ФЕМ, ЕПС, гр. ДЕ-11

SUMMARY

Emergency notification system

The diploma project of first educational level "Bachelor" by specialty 171 Electronics, specialization Electronic appliances and devices Full Name. National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». Faculty of Electronics, Department of Electronic Devices and Systems. Academic group DE-11. - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2025. - 50 p., Ill. 24, tables 2.

Keywords: electronics, smoke detectors, alarm systems, safety devices, fires, occupational health and safety, safety management.

The relevance of this topic is driven by the need to enhance public safety in the event of emergencies, as well as the necessity to implement modern technologies and methods to improve existing alert systems. In today's world, where the number of natural and man-made disasters is increasing, the development of an effective alert system has become a matter of utmost importance.

The aim of this project is to analyze existing emergency alert systems, identify their shortcomings, and develop recommendations for their improvement. Designing a universal emergency alert system is highly complex. Therefore, the chosen direction focuses on the development of an emergency alert system specifically for an educational institution.

During the development of the diploma project, a comprehensive set of research methods was applied, encompassing both theoretical and practical components.

At the initial stage, a theoretical method was used to analyze literary sources, regulatory documentation, and technical specifications of modern alert systems.

This made it possible to systematize existing solutions, identify their advantages and shortcomings, and formulate requirements for a new system tailored to the needs of educational institutions.

The design phase of the study was based on structural and functional modeling methods. A structural diagram of the system was developed, featuring a modular architecture that ensures reliability, scalability, and ease of implementation. The selection of technical components was substantiated, including server and network equipment, loudspeakers, visual indicators, and smoke detectors.

During the software development process, algorithmic and software modeling methods were used. Emergency response algorithms were developed, and a user interface was implemented with features for authorization, system status monitoring, and alert management. In addition, a database was created to store information about events and system parameters.

Computer modeling and testing methods were also applied. The system's operation was simulated under conditions close to real-life, using typical emergency scenarios. Software testing was conducted, confirming its operability and compliance with the specified functional requirements.

The project involved the use of the following technical tools: network modules, loudspeakers, visual indicators, and smoke sensors. Visual Studio 2019 was used as the development environment for the software.

Thanks to the integrated application of the above methods and tools, a fully functional alert system was developed that meets modern safety and functionality requirements.

Hardware

The loudspeakers are grouped into four pairs, each connected to a LAB082C0M1V mixer, which provides amplification and distribution of the audio signal. The mixer receives input through the MIC IN port and has four outputs for connecting to the loudspeakers.

The system is controlled using an APM ARTLINE Business 15720 computer, which is connected via USB to a HUAWEI E3372 White modem to ensure wireless network connectivity. The computer is also connected via Ethernet to a MOXA 5410 server, which operates with an RS-485 interface and has four ports for connecting peripheral devices.

Data is transmitted from the server via RS-485 to a Waveshare Modbus RTU I/O 8CH controller, which has eight inputs for connecting sensors. The diagram shows eight sensors labeled SL1–SL8, corresponding to the first floor of the building. Notes indicate that the diagrams for other floors are identical, but use a different sensor numbering scheme.

To ensure global network access, the system includes a Cisco C927-4P router connected to the MOXA server via Ethernet. It is also connected to a Cisco ASA 5505 network gateway, which provides Internet access for remote system control and monitoring.

Thus, the system includes amplification equipment for audio alerts, a server unit for data processing, networking devices for communication, and sensors for automatic threat detection, enabling centralized alert management within the building.

Program Algorithm

The algorithm begins with the "Start" block, after which the system proceeds to the "Enter Login and Password" block, where the user must input their credentials. This data is compared with the information stored in the "User Database".

The system then checks whether the authorization was successful. If the login fails, the system returns to the login and password entry block. If the login is successful, the system proceeds to the "Retrieve Data from General Emergency System" block, where it receives information from the "General Emergency Database".

The next step is "Sensor Activation Monitoring", where the system checks data from the "Fire Emergency Database" to detect signs of a fire. After that, the system verifies whether an emergency situation has been detected.

If no emergency is found, the algorithm ends by moving to the "End" block. However, if an emergency is detected, the system proceeds to the "Generate Emergency Message" block, where it creates a corresponding emergency alert.

The final step is "Play Audio Alert", where the system issues an emergency notification using an audible signal.

Database

The SQL (Structured Query Language) query for creating the database tables and inserting test data is provided in Appendix A.

The Users table is designed to store information about system users who have access to its functionality. It contains the following columns:

- UserID: a unique user identifier that is automatically generated when a new record is added;
- Username: the user's login name used to access the system;
- Password: the user's password stored in the database;
- Role: the user's role in the system, which determines their access rights (e.g., administrator, user).

This table ensures user authentication and access control within the system.

The GeneralEmergencies table stores information about general emergencies that may occur. It includes the following columns:

- EmergencyID: a unique identifier for the emergency event;
- EmergencyName: the name of the emergency (e.g., fire, gas leak);
- Description: a description of the emergency situation;
- Severity: the severity level of the emergency (e.g., 1 – low, 3 – high);
- Timestamp: the time when the emergency occurred.

This table allows for tracking and classification of various types of emergencies.

The FireSensors table stores information about sensors used to detect fire-related emergencies. It includes the following columns:

- SensorID: a unique identifier for the sensor;
- Location: the location of the sensor (e.g., kitchen, corridor);
- SensorType: the type of sensor (e.g., smoke detector, temperature sensor);
- LastTriggered: the last time the sensor was activated;
- Status: the current status of the sensor (e.g., active, inactive).

This table allows monitoring of sensor activity and status.

The SensorEvents table stores information about sensor trigger events. It includes the following columns:

- EventID: a unique identifier for the event;
- SensorID: the ID of the sensor that was triggered;
- TriggeredAt: the timestamp when the sensor was triggered;
- Value: the sensor reading at the time of the event.

This table makes it possible to track sensor activations and analyze the corresponding data.

The EmergencyAlerts table stores information about alerts generated by the system when emergencies occur. It includes the following columns:

- AlertID: a unique identifier for the alert;
- EmergencyID: the ID of the emergency associated with the alert;
- SensorID: the ID of the sensor that triggered the alert;
- Message: the alert message content;
- AlertTime: the timestamp when the alert was created;
- IsSoundAlert: a flag indicating whether a sound notification was used.

This table enables tracking of emergency alerts and analysis of their content.

The alert system consists of a network of devices that provide both automatic threat response (through data received from smoke detectors) and active personnel involvement via an operator workstation. The interaction between all system components enables effective management of alarm signals using both

local communication methods (loudspeakers) and network technologies to transmit information beyond the school premises.

This school alert system offers several key advantages that ensure its efficiency and reliability in emergency situations. These include:

1. **Centralized Management** (An automated workstation serves as a unified control center, allowing rapid processing of data from sensors, control of loudspeakers, and transmission of signals to network systems. This significantly improves response times to threats.)

2. **Use of Wireless Communication** (The presence of a wireless modem extends communication capabilities without the need for additional cabling, simplifying installation and maintenance.)

3. **Connection to the Global Network** (The system is integrated with the Internet via a router and a network gateway, enabling information to be transmitted to remote control centers, emergency services, or responsible personnel.)

4. **Scalability and Modularity** (The Ethernet/RS-485 interface converter allows for the connection of various peripheral devices—such as smoke detectors—and enables system expansion by adding new components without major structural changes.)

5. **High Reliability and Fault Tolerance** (The use of both wired and wireless communication ensures redundancy in data transmission channels. If one component—such as the network gateway—fails, the system can continue functioning locally.)

6. **Automatic Threat Monitoring** (Smoke detectors continuously monitor air quality in real time and transmit data to the system, allowing early fire detection and prevention of its spread.)

7. **Rapid Public Notification** (Thanks to loudspeakers, the system provides fast and clear alerts to all individuals present in the school, minimizing reaction time during emergencies and supporting effective evacuation.)

8. Ease of Maintenance and Upgrades (Due to its modular architecture, the system can be easily updated or have components replaced without needing a complete overhaul.)

Thus, the system combines automated control, rapid alerting, and network integration, making it an efficient, flexible, and reliable solution for use not only in schools but also in other institutions. In essence, it is a unified system.

During the implementation of the diploma project, an emergency alert system was developed, tailored for use in educational institutions. The project involved an analysis of existing solutions, their advantages and disadvantages, and the formulation of requirements for a new system.

The main results and achievements of the work include:

- Analysis of existing systems: A review of modern alert systems, including automated solutions from well-known manufacturers, was conducted. Key shortcomings were identified, such as dependency on specific communication networks and limited versatility.

- System design: A structural diagram of the system was developed, emphasizing modularity, reliability, and scalability. The selection of components such as servers, network equipment, loudspeakers, and smoke detectors was justified.

- Software development: Technologies were applied to create a database, emergency processing algorithms, and a user interface. Functions for user authentication, data acquisition from sensors, and the generation and output of alerts were implemented.

- Modeling and testing: The system's operation was modeled, an electrical schematic diagram was developed, and simulation scenarios were carried out. Software testing confirmed its functionality under various conditions.

Advantages of the proposed system:

1. Centralized management for enhanced response efficiency.
2. Support for both local and network-based data exchange.
3. Real-time alerting via audio and visual devices.

4. Scalability and the ability to integrate with other safety systems.

Thus, the developed system meets modern safety requirements for educational institutions. Its modular architecture ensures flexibility and ease of implementation and maintenance. In the future, the project can be expanded with new features, such as integration with cloud technologies or support for mobile alerts for staff and parents.

The developed system is a universal solution that can be adapted for use in other institutions or organizations.