

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
(повне найменування інституту, назва факультету)

Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 20_ р.

Випускна кваліфікаційна робота

магістра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Дослідження та впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в систему управління приміщеннями закладів загальної освіти»

Виконала: студентка 2 курсу, групи ТКРМ-20
(шифр групи)

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

Анна УДИНСЬКА
(власне ім'я, прізвище)

(підпис)

Керівник доцент каф. АТ, к.т.н., доцент Анна ВОРОПАЄВА

(посада, науковий ступінь, вчене звання, власне ім'я, прізвище)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, власне ім'я, прізвище)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, власне ім'я, прізвище)

(підпис)

*Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.*

Студент _____
(підпис)

Покровськ – 2021 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
(повне найменування інституту, назва факультету)

Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

Захист відбувся _____
(дата)
з оцінкою _____
секретар ДЕК _____
(підпис)

Випускна кваліфікаційна робота

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Дослідження та впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в систему управління приміщеннями закладів загальної освіти»

Виконала студентка групи ТКРМ-20 _____ Анна УДИНСЬКА
(підпис, дата) (власне ім'я, прізвище)

Керівник _____ к.т.н., доц. Анна ВОРОПАЄВА
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Зав. каф. автоматики та телекомунікацій _____ д.т.н., доц. Іван ЛАКТИОНОВ
(підпис, дата) (власне ім'я, прізвище)

Консультанти _____
(підпис, дата) (власне ім'я, прізвище)

(підпис, дата) (власне ім'я, прізвище)

(підпис, дата) (власне ім'я, прізвище)

Нормоконтролер _____ Дар'я ЖУКОВСЬКА
(підпис, дата) (власне ім'я, прізвище)

Покровськ – 2021 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації

Кафедра автоматика та телекомунікації

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

“ ” 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Анні УДИНСЬКІЙ

(власне ім'я, прізвище)

1. Тема роботи «Дослідження та впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в систему управління приміщеннями»

закладів загальної освіти

керівник роботи: Анна ВОРОПАСВА, к.т.н., доцент

(власне ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від “ ” року №

2. Строк подання студентом роботи

3. Вихідні дані до роботи: 3. Вихідні дані до роботи: результати науково-дослідної роботи, магістерської практики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно дослідити):

- 1) концепції системи управління приміщеннями закладу загальної освіти;
- 2) застосування інформаційно-комунікаційних технологій у системі управління приміщеннями;
- 3) застосування концепції системи управління приміщеннями за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій у закладі загальної освіти;
- 4) впровадження системи управління у заклад загальної освіти
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 - 1) апаратне забезпечення для створення системи управління приміщеннями закладу освіти;
 - 2) компоненти системи управління приміщеннями;
 - 3) схематична структура системи управління приміщеннями у закладі загальної освіти;
 - 4) проектування та реалізація обладнання;
 - 5) розробка та впровадження програмного забезпечення;
 - 3) системна модель, архітектура та мережа.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Затвердження теми дипломної роботи та наукового керівника	01.10.21	
2.	Огляд стану проблеми, що вирішується у кваліфікаційній роботі, та постановка задачі	05.10.21 –15.10.21	
3.	Виклад загальних теоретичних основ, які використовуються у кваліфікаційній роботі	16.10.21 –21.10.21	
4.	Підготовка та оформлення розділів 1-3 дипломної роботи	22.10.21 –03.11.21	
5.	Підготовка та оформлення розділів 4 дипломної роботи	05.11.21 –25.11.21	
6.	Представлення дипломної роботи науковому керівнику	01.12.21	
7.	Захист дипломної роботи	28.12.21	

Студент

(підпис)

Анна УДИНСЬКА
(власне ім'я, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Анна ВОРОПАЄВА
(власне ім'я, прізвище)

ЛИСТ ЗАУВАЖЕНЬ

Посада П.І.Б.	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Анна УДИНСЬКА. Дослідження та впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в систему управління приміщеннями закладів загальної освіти. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 172 «Телекомунікації і радіотехніка». – ДВНЗ Донецький національний технічний університет, Покровськ, 2021.

Робота містить 114 сторінок, складається з вступу та 4 розділів, висновків до розділів, 44 рисунків, 2 таблиць, 1 додатку, списку використаних джерел, який містить 31 найменування.

Дана випускна кваліфікаційна робота спрямована на дослідження та впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у системи управління приміщеннями. Дослідження проведено на прикладі приміщень Селидівської загальноосвітньої гімназії. Досліджено різні системи управління приміщеннями за допомогою ІКТ, такі як пожежна система, управління показниками теплопостачання, вентиляції, температури, система освітлення.

Ключові слова: СИСТЕМА, УПРАВЛІННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, КОНТРОЛЛЕР, БЕХДРОТОВИЙ ЗВ'ЯЗОК, ДАТЧИКИ.

Список публікацій здобувача

1. Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих учених, аспірантів та студентів „Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та рішень” (АКУ): «КОНФІДЕНЦІЙНІСТЬ ТА БЕЗПЕКА ІОТ: ВИКЛИКИ ТА РІШЕННЯ», с. 57-59, 2021 р.
2. Всеукраїнська науково-технічна конференція «ТАК»: «ІНТЕГРАЦІЯ WIRELESS SENSOR NETWORKS В INTERNET OF THINGS ТА ОСНОВНІ НАПРЯМКИ БЕЗПЕКИ», 2020 р.

ABSTRACT

Anna Udynska. Research and implementation of information and communication technologies in the management systems of general education institutions. Graduation qualification work for the degree of "Master" in specialty 172 "Telecommunications and Radio Engineering". - Donetsk National Technical University, Pokrovsk, 2021.

The work contains 114 pages, consists of an introduction and 4 chapters, conclusions to the chapters, 44 figures, 2 tables, 1 appendice, a list of used, which contain 31 titles.

Keywords: SYSTEM, CONTROL, AUTOMATION, INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES, INTERNET OF THINGS, CONTROLLER, WIRELESS COMMUNICATION, SENSORS.

List of applicant's publications

1. All-Ukrainian scientific and technical conference of young scientists, graduate students and students "Automation, control and management: the search for ideas and solutions" (ACU): "CONFIDENTIALITY AND SECURITY IOT: CHALLENGES AND SOLUTIONS", p. 57-59, 2021
2. All-Ukrainian scientific and technical conference "TAC": "INTEGRATION OF WIRELESS SENSOR NETWORKS IN THE INTERNET OF THINGS AND MAIN DIRECTIONS OF SECURITY", 2020

Добавлено примечание ([A1]): Додайте переклад публікацій

ЗМІСТ

ВСТУП	12
1 СТВОРЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРИМІЩЕННЯМИ ЗАКЛАДУ ЗАГАЛЬНОЇ ОСВІТИ.....	15
1.1 Функції системи управління приміщеннями	15
1.2 Переваги системи управління приміщеннями закладу освіти ...	16
1.3.1 Освітлення	17
1.3.2 Система HVAC.....	18
1.3.3 Система пожежогасіння	20
1.4 Основне апаратне забезпечення для створення системи управління приміщеннями закладу освіти.....	21
1.4.1 Компоненти системи	21
1.4.2 Arduino Uno	22
1.4.3 DHT датчик.....	24
1.4.4 Ethernet	25
1.4.5 Датчик руху (PIR)	26
1.4.6 Перемикач	27
Висновки до розділу 1	30
2 ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ПРИМІЩЕННЯМИ.....	31
2.1 Конфігурація системи.....	31
2.1.1 Конфігурація обладнання.....	31
2.1.2 Контролери зонального рівня	32
2.1.3 Контролери системного рівня.....	33
2.1.4 Процесори операційного рівня	33
2.1.5 Процесори рівня управління	35
2.2 Протокол зв'язку.....	35
2.2.1 Протокол однорангового зв'язку	36
2.2.2 Засоби передачі інформації.....	36

2.3 Системні функції.....	37
2.3.1 Функції контролера зонального рівня	37
2.3.2 Функції контролера системного рівня	37
2.3.3 Функції операційного рівня	38
2.3.4 Сервера	39
2.3.5 Безпека	39
2.3.6 Обробка аварійних сигналів	39
2.3.7 Звіти	40
2.4 Пожежна система	41
2.4.1 Звичайна система пожежної сигналізації.....	41
2.4.2 Адресні системи	42
2.4.3 Аналогові системи пожежної сигналізації	43
2.5 Опалення, вентиляція, кондиціонування	44
2.6 Опис деяких компонентів системи управління приміщеннями	45
2.6.1 Мікроконтролер Pис 16F877A	46
2.6.2 Світлочутливий резистор LDR	47
2.6.3 Датчик температури LM35.....	47
2.6.4 РК дисплей.....	49
2.7 Структура коду	50
2.8 Впровадження системи.....	50
Висновки до розділу 2	54
3 ЗАСТОСУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ	
ПРИМІЩЕННЯМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНФОРМАЦІЙНО-	
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ ОСВІТИ	56
3.1 Схематична структура системи управління приміщеннями у закладі загальної освіти.....	56
3.1.1 Структура системи управління енергоспоживанням через бездротовий зв'язок	57
3.1.2 Блок управління енергоспоживанням.....	58
3.1.3 Мережа сенсорних вузлів.....	60

3.1.4 Запропонований алгоритм	61
3.1.5 Хмарний моніторинг.....	62
3.2 Характеристики апаратного забезпечення для впровадження системи управління приміщеннями у закладі освіти	64
3.2.1 Температурні датчики	64
3.2.2 Датчики вологості.....	64
3.2.3 Датчики струму та потужності.....	65
3.2.4 Клапани керування.....	65
3.2.5 Амортизатори	66
3.2.6 Детектори диму	67
3.3 Управління за допомогою бездротового зв'язку	67
Висновки до розділу 3	74
4 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ У ЗАКЛАД ЗАГАЛЬНОЇ ОСВІТИ.....	75
4.1 Пожежна система	75
4.1.1 Апаратне проектування.....	76
4.1.2 Конфігурація веб-сервера.....	80
4.2 Система управління освітленням у приміщенні.....	80
4.2.1 Структура системи управління освітленням.....	80
4.2.2 Проектування та реалізація обладнання.....	83
4.2.3 Розробка та впровадження програмного забезпечення	84
4.3 Управління системою HVAC.....	85
4.3.1 Загальна архітектура.....	85
4.3.2 Системна модель	87
4.4 Управління приміщеннями за допомогою ІКТ в енергетичному секторі.....	90
4.4.1 Характеристики датчиків	90
4.4.2 Методи контролю.....	91
4.4.2 Архітектура та мережа	93
Висновки до розділу 4	95

ВИСНОВКИ.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	98
ДОДАТОК А. Охорона праці та безпека при надзвичайних ситуаціях на підприємстві.....	102

ВСТУП

Актуальність роботи. У світі існує постійна потреба в системах управління приміщеннями у різних спорудах. З розширенням способу життя виникає відчуття невідкладності створення схем, які б полегшили складність життя. При проєктуванні інтелектуальної будівлі потрібен інженер з обслуговування будівель, архітектор та інженер з обладнання, але у випадку звичайної будівлі, наприклад, як школа, достатньо інженера з обслуговування будівель та архітектора. Протягом багатьох людей, які працюють у найрізноманітніших приміщеннях очікують зручне, гнучке та енергоефективне середовище з мінімальними витратами. Для досягнення цієї мети протягом останніх двох десятиліть було розроблено безліч передових будівельних технологій, спрямованих на покращення характеристик будівлі для задоволення різних потреб людини та забезпечення екологічної стійкості.

Структури автоматизації будівель - це інтелектуальні системи, які включають комбінацію відповідного програмного та апаратного забезпечення, які використовуються для автоматизації комп'ютерних систем. Ці системи спрощують використання таких важливих функцій, як освітлення, гасіння пожежі та безпека. Деякі системи автоматизації будівель можуть також надавати службу аварійного оповіщення. Однак поточні будівельні програми мають загальну проблему, наприклад, комплексні функції працюють ізольовано, ними не можна керувати в цілому, хоча загальний потенціал управління в майбутніх програмах величезний. Висхідна ідея, що автоматизація будівель координує численні програми, які можуть підтримувати різні варіанти використання. Насправді, всі дії можуть бути адаптовані до ідеї комп'ютеризації за допомогою заохочення електронного компонента.

Віддалений доступ робить його більш практичним та цінним. У момент, коли більшість адміністрування на основі обладнання і простий у

використанні інтерфейс об'єднані в єдину структуру, неминучий підйом побудови комп'ютеризації. Для такої суміші безпека – величезна проблема. Як вирішення цієї проблеми у структурі використовуються датчики руху, тобто ІЧ-датчики та елементи управління входом, щоб отримувати дані. Крім того, датчики газу, диму та полум'я дають стабільні дані про виняткові обставини та викликають обережність.

У цій роботі досліджена система автоматизації приміщень розроблена шляхом складання схеми на мікроконтролерах, яка включає функції розумних приміщень, які пов'язані з датчиками, які контролюються додатком на базі будь-якої операційної системи.

У цю роботу включені основні елементи управління, такі як освітлення, управління системою HVAC, пожежна та газова сигналізація, а також оцінка енергетичних витрат. Однак функціональність системи відображається в режимі реального часу за допомогою розробленої демонстраційної моделі, яка чітко показує властивості системи та можливі переваги системи автоматизації інтелектуальних приміщень у змодельованому середовищі, на прикладі навчального закладу.

Мета роботи – дослідити та довести, що впровадження системи управління приміщеннями на основі сучасних ІКТ допоможе налагодити моніторинг енергоспоживання, що є причиною зниження фінансових витрат на енергоспостачання; дослідити впровадження сучасної системи управління освітленням згідно з потребами користувачів; дослідження створення єдиного механізму управління всіма показниками.

Мета роботи полягає у вирішенні наступних завдань:

- Дослідження існуючих систем управління приміщеннями
- Створення концепції системи управління приміщеннями у закладі освіти
- Дослідження апаратного забезпечення для системи управління приміщеннями

Об'єктом дослідження є впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у систему управління приміщеннями.

Предметом дослідження є технології, які можна використати для створення сучасної системи управління приміщеннями.

Методи дослідження. Під час виконання роботи виконувались теоретичні та експериментальні дослідження із використанням методів проектування, комп'ютерного моделювання.

Практична цінність отриманих результатів заключається у можливості застосування дослідженої концепції системи автоматизованого управління приміщеннями за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій.

Структура та обсяг роботи. Випускна магістерська робота обсягом 114 машинописних сторінок, складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, переліка використаних джерел, що складається з 31 найменувань. Робота містить 44 рисунки, 2 таблиці, 1 додаток.

1 СТВОРЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРИМІЩЕННЯМИ ЗАКЛАДУ ЗАГАЛЬНОЇ ОСВІТИ

В Україні концепція системи управління приміщеннями виникла нещодавно, але вже починає кардинально змінюватись як за обсягом, так і за конфігурацією системи. Системний зв'язок вже еволюціонував від провідної до мультиплексної до сучасної двопровідної повністю цифрової системи [1]. Система управління приміщеннями (СУП) – це система управління, яка може використовуватися для моніторингу та управління механічними, електричними та електромеханічними службами на об'єкті. Така служба може включати електроенергію, опалення, вентиляцію, кондиціонування повітря, контроль фізичного доступу, насосні станції, ліфти, освітлення. Системи управління приміщеннями найчастіше використовуються у проектах з механічними системами, системами опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, а також електричними системами. Системи, підключені до СУП, зазвичай становлять 40% енергії, споживаної будівлею; при включеному освітленні це число наближається до 70%. СУП є важливим компонентом управління спожитою енергією. Вважається, що на неправильно налаштовані системи управління приміщеннями припадає 20% енергоспоживання будівлі, або приблизно 8% від загального енергоспоживання в Україні [2].

1.1 Функції системи управління приміщеннями

Система управління займається наданням послуг, але також інтегрується із системами управління адміністративними системами та використовує термін «управління об'єктами» для систем, що займають будівлі та працюють з використанням автоматизованого управління.

Критично важливі функції управління та автоматизації приміщень:

- Контроль обслуговування всього обладнання в будівлі;
- Облік вимог до споживання та поданих у статистиці звітів;
- відображення стану системи та помилки, що виникають у центрі управління;
- координація між усіма системами, що працюють;
- Система повинна містити протипожежні екрани та модулі, які продемонстровані на комп'ютері або на ілюстративних табличках, з посиланням на найкоротший шлях і кращий та безпечний доступ до зони пожежі, що допоможе пожежникам та вбереже учнів;
- система управління будівлею повинна забезпечувати централізований контроль усіх підсистем у разі нормальної роботи, а також під час помилок та несправностей.

1.2 Переваги системи управління приміщеннями закладу освіти

Система управління приміщеннями має безліч переваг:

- контроль внутрішнього комфорту навчальних та службових приміщень;
 - Можливість індивідуального управління приміщенням закладу освіти;
 - Ефективний моніторинг та облік енергоспоживання;
 - Ефективне реагування на скарги, пов'язані з HVAC;
 - Економія часу та грошей при обслуговуванні;
 - Гнучкість під час зміни планування навчального закладу.
- ## 1.3 Апаратне забезпечення системи управління приміщеннями
- Більша частина СУП складається з таких компонентів:
 - Освітлення;

- Система HVAC;
- Система пожежогасіння.

1.3.1 Освітлення

Освітленню на сьогоднішній день приділено багато уваги, оскільки висока частка споживаної енергії може перевищувати 50% від загального споживання на день, що пов'язано з розробкою освітлювальних приладів з метою покращення їх властивостей та досягнення економії у споживанні, що може призвести до величезних затрат [2]. Жодна система освітлення не може вважатися одним і єдиним вибором у цьому випадку. Навпаки, у проектувальника зазвичай є вибір принаймні з двох систем, які при правильному використанні дають освітлення достатньої кількості та хорошої якості. Однак інші фактори, такі як гармонізація з архітектурою та економікою, зазвичай схиляють на користь того чи іншого [4].

П'ять основних типів систем освітлення:

- Непряме;
- Напівнепряме;
- Дифузне;
- Напівпряме;
- Пряме.

Непряме освітлення - від 90% до 100% світлового потоку світильників прямує на стелю та верхні стіни кімнати. Система називається непрямою, тому що практично весь світ потрапляє в горизонтальну робочу площину побічно, тобто через відбиття від стелі та верхніх стін.

Напівнепряме освітлення – від 60% до 90% світла прямує вгору до стелі та верхніх стін. Цей розподіл схожий на розподіл непрямого освітлення, за винятком того, що воно дещо ефективніше і забезпечує більш високий

рівень освітлення без небажаного розмаїття яскравості між світильником та його фоном, а також нижчу яскравість стелі.

Дифузне освітлення – забезпечує приблизно рівний розподіл світла вгору і вниз, що призводить до яскравої стелі та стін. Тому співвідношення яскравості в зоні верхнього огляду зазвичай не є проблемою.

Напівпряме освітлення – у системі освітлення цього типу від 60% до 90% потужності світильника направляється вниз, а спрямована вгору складова служить для освітлення стелі.

Пряме освітлення – у цій системі практично весь світ спрямований униз. В результаті освітлення стелі повністю забезпечуються світлом, відбитим від підлоги та предметів інтер'єру. Таким чином, ця система більше, ніж будь-яка інша, вимагає світлу, розсіяну підлогу з високим коефіцієнтом відображення, якщо тільки темна стеля не бажана з архітектурної або декоративної точки зору.

Рационалізація енерговитрат на освітлення: встановлення датчиків для забезпечення переміщення людей може бути використане в місцях, які не зайняті учнями, вчителями або співробітниками протягом тривалого часу, наприклад, у довгих коридорах та великих холах, а також у кімнатах індивідуального користування.

1.3.2 Система HVAC

HVAC відноситься до технологій внутрішнього комфорту довкілля. Проектування систем HVAC є основною дисципліною в інженерному забезпеченні приміщення, що базується на принципах термодинаміки, механіки вологості та теплопередачі [3]. HVAC відіграє важливу роль при проектуванні будівель, де безпечні та здорові умови регулюються температурою та вологістю, що є одним із важливих факторів безпечних умов навчання у навчальних закладах.

У сучасних будівлях системи проектування, встановлення та управління цими функціями інтегровані в одну або декілька систем HVAC. Для дуже маленьких будівель підрядники зазвичай оцінюють потужність, проектують та вибирають системи та обладнання HVAC. Для великих будівель проектувальники будівельних послуг, інженери-механіки або інженери з обслуговування будівель аналізують, проектують та визначають системи HVAC. Потім спеціалізовані механічні підрядники виробляють та вводять в експлуатацію системи. Дозволи на будівництво та перевірки на відповідність нормам зазвичай потрібні для будівель будь-якого розміру [4].

и Система HVAC представлена на рис. 1.1.

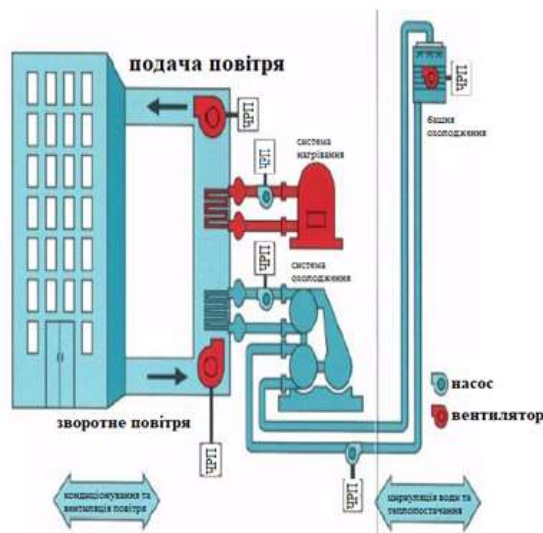


Рисунок 1.1 – Система HVAC

Система HVAC містить:

Системи охолодження.

- Насоси
- Труби.

- Котли
- Градирні.
- Установки кондиціонування повітря.

1.3.3 Система пожежогасіння

Система пожежної сигналізації складається з: пульта управління пожежною сигналізацією, сповіщувачів, блоку сигналізації (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Система пожежної сигналізації

Панель керування пожежною сигналізацією – це керуючий компонент системи пожежної сигналізації та цифровий блок керування, що приймає сигнали з сповіщувачів. Він перетворює цей сигнал на сигнал тривоги, а іноді і на сигнал тривоги і світло, використовуючи різні сповіщувачі з підсвічуванням або без нього. Головний пульт управління пожежною

сигналізацією – це електронний пристрій, який контролює всі пристрої, пов'язані з прийомом сигналів від усіх типів сповіщувачів до включення необхідних запобіжних сирен та виконання покладених на нього завдань. У системі пожежної сигналізації використовується багато типів датчиків або детекторів, наприклад детектор диму, детектор тепла, детектор газу, детектори оптичних реагентів, датчик полум'я, детектор чадного газу і т.п.

1.4 Основне апаратне забезпечення для створення системи управління приміщеннями закладу освіти

Система управління приміщеннями навчального закладу може пов'язати кілька систем управління та полегшити управління будь-якою частиною будівлі школи через мережу зв'язку, підключену до програмного забезпечення. За допомогою програмного забезпечення можна спостерігати за роботою в реальному часі та змінювати налаштування. Часто система переводиться у веб-програмне забезпечення, що робить її інтуїтивно зрозумілою для широкого кола користувачів, тобто абсолютно для всіх співробітників адміністрації школи, вчителів, і іноді дозволяє контролювати та налаштовувати систему з віддалених місць.

1.4.1 Компоненти системи

Основна концепція показана у вигляді блок-схеми рис. 1.3, яка описує компоненти входів і виходів. Вхідні сигнали, отримані від датчиків та перемикачів, активізують виконавчі механізми виведення даних.

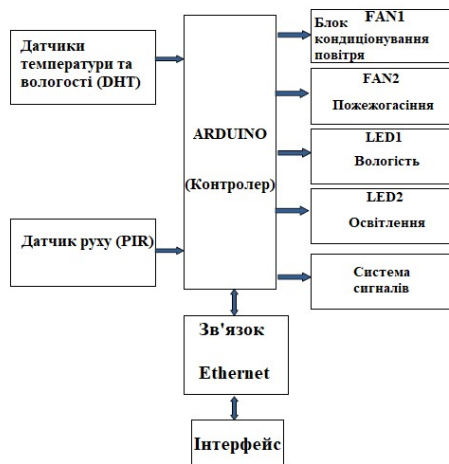


Рисунок 1.3 – Компоненти системи управління приміщеннями

1.4.2 Arduino Uno

Arduino – це одноплатний мікроконтролер та програмний пакет для його програмування. Апаратне забезпечення складається з простої відкритої апаратної конструкції для контролера з процесором ATmel328 та вбудованою підтримкою введення-виведення[5]. Програмне забезпечення складається зі стандартної мови програмування та завантажувача, що працює на платі. Arduino Uno – це плата мікроконтролера на базі ATmega328. Він має 14 цифрових входів/виходів (з яких 6 можуть використовуватись як виходи з широтно-імпульсною модуляцією (ШИМ)), 6 аналогових входів, керамічний резонатор 16 МГц, з'єднання універсальної послідовної шини (USB), роз'єм живлення, вхідний роз'єм. Заголовок Circuit Serial Programming (ICSP) та кнопка скидання. Він містить все необхідне підтримки мікроконтролера; достатньо просто підключити його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю або увімкнути адаптер змінного струму або акумулятор, щоб розпочати

роботу. Плата Arduino складається з мікропроцесора Atmel328, кристала або генератора (який посиляє тимчасові імпульси із заданою частотою, щоб вони могли працювати з правильною швидкістю) та 5-вольтового лінійного регулятора. Залежно від того, який тип Arduino, він також може мати USB-роз'єм для підключення до ПК або Mac для завантаження або отримання даних. Плата відкриває контакти введення/виведення мікроконтролера, отже є можливість підключення цих контактів до інших схем або датчиків.

Для програмування Arduino необхідно використовувати інтегроване середовище розробки (IDE), яке є частиною безкоштовного програмного забезпечення, в якому код написаний мовою, яка розуміє Arduino (мова C)[6]. IDE дозволяє писати комп'ютерну програму, яка є набором покрокових інструкцій, які завантажуються в Arduino. Потім Arduino буде виконувати ці інструкції та взаємодіяти з усіма компонентами.

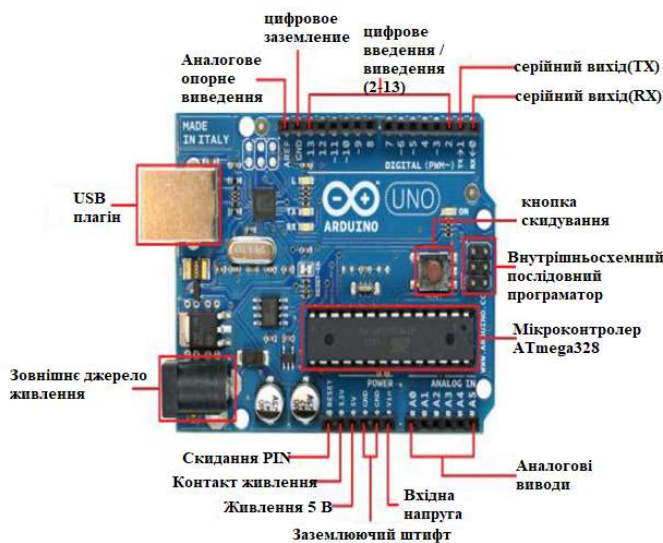


Рисунок 1.4 – Компоненти Arduino Uno

1.4.3 DHT датчик

Датчик температури та вологості DHT11 (рис. 1.5) оснащений комплексом датчиків температури та вологості з відкаліброваним цифровим вихідним сигналом. Завдяки використанню ексклюзивної техніки збору цифрового сигналу та технології вимірювання температури та вологості, він забезпечує високу надійність та відмінну довгострокову стабільність. Цей датчик включає компонент вимірювання вологості резистивного типу і компонент вимірювання температури NTC і підключається до високопродуктивного 8-бітного мікроконтролера, пропонуючи відмінну якість, швидкий відгук, захист від перешкод і економічну ефективність[7].

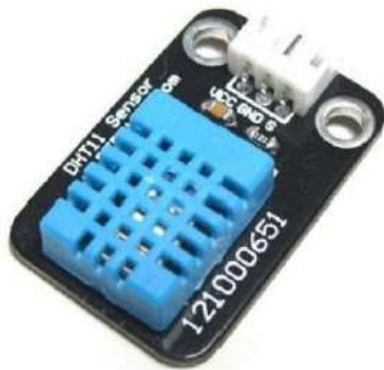


Рисунок 1.5 – Датчик DHT11

Кожен елемент DHT11 строго відкалібрований, що забезпечує дуже високу точність калібрування вологості. Коефіцієнти калібрування зберігаються як програматорів у пам'яті OTP, які використовуються внутрішнім процесом виявлення сигналу датчика. Однопровідний послідовний інтерфейс робить інтеграцію системи швидкою та простою. Його невеликі розміри, низьке енергоспоживання та дальність передачі сигналу до 20 метрів роблять його найкращим вибором для різних додатків, у

тому числі найвибагливіших. Компонент є 4-контактним однорядним штирьовим корпусом. З'єднання зручне і за бажанням користувача можуть бути надані спеціальні пакети. На рис.1.6 показано елемент DHT[8].

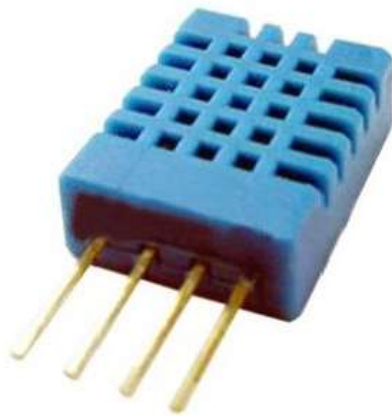


Рисунок 1.6 – Елемент датчику DHT

1.4.4 Ethernet

Arduino Ethernet Shield (рис. 1.7) дозволяє платі Arduino підключатися до Інтернету. Він ґрунтується на мікросхемі Wiznet W5100 Ethernet. Wiznet W5100 надає мережевий IP стек, що підтримує як TCP, так і UDP. Він підтримує до чотирьох одночасних підключень до сокетів. Потрібно використовувати бібліотеку Ethernet для написання ескізів, які підключаються до Інтернету за допомогою екрана. Екран Ethernet підключається до плати Arduino за допомогою довгих заголовків, які проходять через екран. Це зберігає розташування контактів та дозволяє встановлювати зверху ще один щит. Остання версія щита містить слот для

картки мікро-SD, який можна використовувати для зберігання файлів для обслуговування мережі[9].

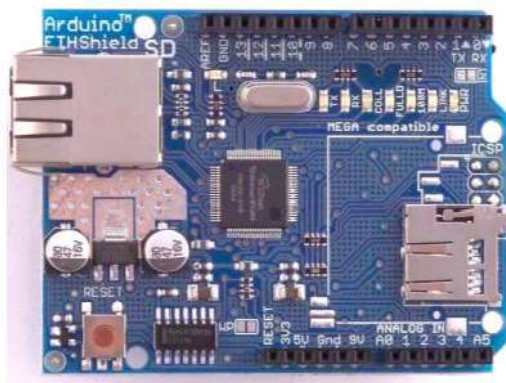


Рисунок 1.7 – Вигляд Arduino Ethernet Shield

1.4.5 Датчик руху (PIR)

Датчики PIR дозволяють відчувати рух, майже завжди використовуються для визначення того, чи людина увійшла в зону дії датчиків або вийшла з неї. Вони невеликі, недорогі, малопотужні, зручні у використанні та не зношуються. Тому вони зазвичай зустрічаються в побутовій техніці і гаджетах, що використовуються в будинках або на підприємствах. Їх часто називають «пасивними інфрачервоними», «піроелектричними» чи «інфрачервоними датчиками руху».

Датчики PIR більш складні, ніж багато інших датчиків (наприклад, фотоеlementи, FSR і перемикачі нахилу), тому що є кілька змінних, які впливають на вхід і вихід датчиків[10].

Сам датчик PIR має два слоти, кожен з яких виготовлений із спеціального матеріалу, чутливого до інфрачервоного випромінювання.

Об'єктив, що використовується тут, насправді мало що робить, і тому ми бачимо, що два слоти можуть «бачити» на деякій відстані (в основному чутливість датчика). Коли датчик не діє, обидва слоти виявляють однакову кількість інфрачервоного випромінювання, тобто кількість випромінювання навколишнього середовища кімнати, стін або зовні. Коли повз проходить тепле тіло, таке як людина або тварина, воно спочатку захоплює одну половину датчика PIR, що викликає позитивну зміну різниці між двома половинами. Коли тепле тіло залишає чутливу область, відбувається зворотне, коли датчик генерує негативну диференціальну зміну. Ці імпульси зміни є те, що виявляється. Вигляд датчику зображено на Рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Датчик руху PIR

1.4.6 Перемикач

Модуль реле являє собою перемикач з електричним приводом, який дозволяє вмикати або вимикати ланцюг, використовуючи напругу та / або струм, що набагато перевищують допустимі для мікроконтролера. Немає зв'язку між ланцюгом низької напруги, що керується мікроконтролером, і

ланцюгом високої потужності. Реле захищає кожен ланцюг один від одного. Кожен канал у модулі має три з'єднання з іменами NC, COM та NO. Залежно від режиму тригера вхідного сигналу, перемичка може бути поміщена в ефективний режим високого рівня, який замикає нормально розімкнений (NO) перемикач на вході високого рівня, і в ефективний режим низького рівня, який працює так само, але на вході низького рівня[11].

Вбудований фотоелектричний з'єднувач EL817 із сильною фотоелектричною ізоляцією та захистом від перешкод. Вбудовані реле на 5 В, 10 А/250 В змінного струму, 10 А/30 В постійного струму. Модуль з діодним струмовим захистом, короткий час відгуку. Розмір друкованої плати: 45,8 мм x 32,4 мм.



Рисунок 1.9 – Вигляд перемикача

Реле містить п'ять контактів (рис. 1.10):

- VCC: 5V DC (1)
- COM: 5V DC (2)
- IN1: high/low output (3)

- IN2: high/low output (4)
- GND: заземлення (5).



Рисунок 1.10 – Контакти реле

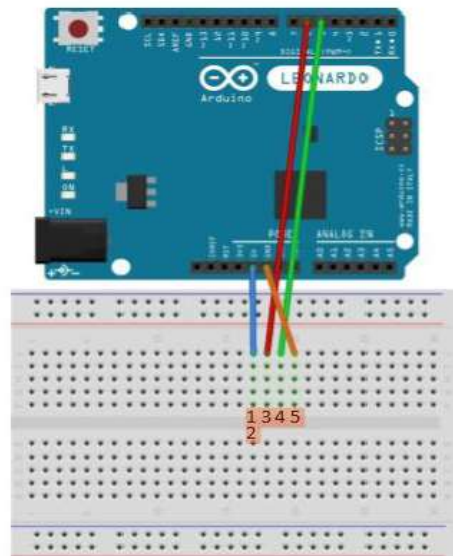


Рисунок 1.11 – Схема підключення реле

Висновки до розділу 1

Більш проста операція з рутинними та повторюваними функціями, запрограмованими для автоматичної роботи СУП, може скоротити витрати на енергію, за допомогою екранних інструкцій та підтримки графічних дисплеїв. СУП швидше та краще реагує на потреби людей у робочих приміщеннях та аварійні ситуації, вартість енергії має бути знижена за рахунок централізованого управління програмами контролю та управління енергоспоживанням.

2 ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ПРИМІЩЕННЯМИ

2.1 Конфігурація системи

СУП включає конфігурацію обладнання та системи зв'язку, необхідні для доступу до даних у приміщеннях з використанням різного типу комунікацій.

2.1.1 Конфігурація обладнання

Контролери на основі мікропроцесорів призвели до ієрархічної конфігурації у СУП. На Рисунку 2.1 показано кілька рівнів процесорів:

- Процесори рівня управління
- Процесори операційного рівня
- Контролери системного рівня
- Контролери зонального рівня

Фактичні рівні, які наведено у даній системі, залежать від конкретних потреб приміщень навчального закладу чи комплексу приміщень. Зональний рівень може включати інтелектуальні мікропроцесорні датчики та виконавчі механізми[12].

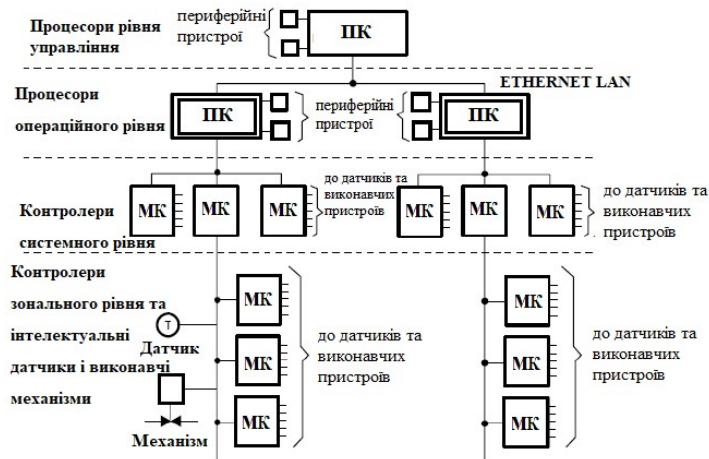


Рисунок 2.1 – Конфігурація обладнання СУП

2.1.2 Контролери зонального рівня

Контролери зонального рівня – це мікропроцесорні контролери, які забезпечують пряме цифрове керування обладнанням зонального рівня, включаючи такі елементи як VAV, теплові насоси, кондиціонери для однієї зони та периметральне випромінювання. Програмне забезпечення для керування енергоспоживанням також може перебувати у контролері зонального рівня. На зональному рівні датчики та виконавчі механізми взаємодіють безпосередньо з керованим обладнанням. Комунікаційна шина забезпечує об'єднання в мережу контролерів зонального рівня, так що інформація про точки може спільно використовуватися контролерами зонального рівня, а також процесорами на системному та операційному рівні. Контролери на зональному рівні зазвичай мають порт або канал зв'язку для використання портативного терміналу під час початкового налаштування та наступних регулювань[13].

2.1.3 Контролери системного рівня

Контролери системного рівня на базі мікропроцесорів мають більшу продуктивність, ніж контролери зонального рівня, з точки зору кількості точок, контурів прямого цифрового управління та керуючих програм. Контролери системного рівня зазвичай застосовуються до основних частин механічного обладнання, таких як великі збірні повітрообробні пристрої, центральні системи змінної витрати повітря та центральні холодильні установки. Ці контролери також можуть виконувати функції керування освітленням. Контролери цього рівні взаємодіють з керованим устаткуванням безпосередньо через датчики і виконавчі механізми чи опосередковано через канали зв'язку з контролерами зонального рівня. Контролери системного рівня зазвичай мають порт для підключення переносних терміналів керування та програмування під час початкового налаштування та наступних регулювань. Коли контролери системного рівня пов'язані з процесорами операційного рівня, наступні зміни в програмах контролера зазвичай виробляються на процесорі операційного рівня, а потім завантажуються в контролер нижче лінії з використанням ліній передачі системи. Контролери системного рівня також забезпечують живучість системи, працюючи в автономному режимі у разі втрати каналу зв'язку. Деякі типи контролерів системного рівня також забезпечують захист майна та життєзабезпечення об'єкта за допомогою панелей пожежної сигналізації, охоронних панелей та панелей контролю доступу[14].

2.1.4 Процесори операційного рівня

Процесори операційного рівня взаємодіють насамперед із обслуговуючим персоналом системи управління та контролю приміщень. Процесор на цьому рівні в більшості випадків є ПК з дисплеями

операторського пульта і змінними функціональними платами для розміщення додаткових операторських терміналів, принтерів, розширення пам'яті і каналів зв'язку. Процесор операційного рівня зазвичай включає прикладне програмне забезпечення для:

- Безпеки системи: доступ та керування дозволено лише уповноваженому персоналу.
- Проникнення в систему: дозволяє уповноваженому персоналу вибрати та вилучати системні дані через ПК чи інший механізм.
- Індивідуального програмування: розробляє спеціальні програми прямого цифрового керування на операційному рівні для подальшого завантаження на конкретні віддалені контролери системного рівня та контролери зонального рівня.
- Графіки: створення графічних дисплеїв, що налаштовуються, що включають динамічні системні дані. Може бути включене програмне забезпечення для гістограм та графіків.
- Стандартних звітів: надає автоматичні, заплановані та на запит звіти про тривоги та дії керуючого системою персоналу. Також надає широкий спектр системних, категорійних та зведених звітів.
- Користувальницьких звітів: надає електронну таблицю, текстовий редактор та можливість керування базою даних.
- Управління технічним обслуговуванням: автоматичне планування та створення робочих завдань для технічного обслуговування обладнання на основі історії часу роботи обладнання або календарного графіка.
- Індивідуального налаштування для конкретного об'єкта: дозволяє визначати призначення периферійних пристроїв, поділ даних принтера, конфігурацію системи, а також відображення та роздрукування тексту повідомлень дій для певних точок, планування часу/вихідних, моніторинг/контроль точок, призначення програм часу/подій та призначення параметрів прикладної програми.

- Системної інтеграції: забезпечує загальний контроль та інтерфейс для кількох підсистем (опалення, вентиляція та кондиціонування, пожежна безпека, безпека, контроль доступу) та забезпечує глобальну активність внаслідок певних подій підсистеми.

2.1.5 Процесори рівня управління

Процесори рівня управління, що знаходяться на вершині ієрархії системи СУП, здійснюють контроль і управління підключеними підсистемами. Керуючий системою персонал на цьому рівні може запитувати дані і віддавати команди точкам системи будь-де (як і у випадку з більшістю процесорів операційного рівня). Повсякденна робота зазвичай є функцією процесора операційного рівня; однак, повний контроль може бути переданий процесору рівня управління під час аварійних ситуацій або в періоди без обслуговування. Процесор рівня управління в першу чергу збирає, зберігає та обробляє дані, такі як споживання енергії, експлуатаційні витрати та активність аварійних сигналів, та створює звіти, які надають інструмент для довгострокового управління та використання об'єкта[15].

2.2 Протокол зв'язку

Протокол зв'язку є важливим елементом конфігурації СУП через обсяг даних, що передаються з однієї точки в іншу, і через те, що розподілені процесори можуть залежати один від одного щодо даних, що належать до резидентних програм. Канали зв'язку або шини зазвичай використовують протокол запиту/відповіді або одноранговий протокол. Раніше СУП використовували протоколи запиту/відповіді, де більшість системного інтелекту та обробки даних виконувалася центральним процесором. Або

використовували однорангові протоколи, які ділять комунікаційну шину порівну між усіма пристроями шини, які не мають головного пристрою.

2.2.1 Протокол однорангового зв'язку

Протокол однорангового зв'язку має такі переваги перед протоколом зв'язку запит/відповідь:

- Зв'язок не залежить від одного пристрою як ведучого.
- Прямий зв'язок між пристроями, підключеними до шини, без проходження через центральний процесор СУП.
- Глобальні повідомлення, що надсилаються на всі підключені до шини пристрої.

При одноранговому зв'язку часовий інтервал автоматично передається від одного пристрою, підключеного до шини, до іншого як засіб позначення, коли пристрій має доступ до шини. Оскільки часовий інтервал передається в упорядкованій послідовності одного пристрою до іншого, мережу зв'язку іноді називають кільцем. Однак шина не обов'язково має бути фізично замкненою, а пристрої фізично не з'єднані у кільце. Будь-який пристрій на шині може бути призначений першим, який отримає часовий інтервал, а будь-який інший пристрій – наступним, і так далі[16].

2.2.2 Засоби передачі інформації

Найбільш поширені варіанти магістралей передачі СУП:

- Витя мідна пара;
- Оптичне волоконне кабелю;
- Телефонні канали спільних операторів зв'язку.

Вибір носія, який найкраще підходить для цієї установки, залежить від сигналу, вартості, географічного розташування та можливості лінійних перешкод.

2.3 Системні функції

Кожен рівень системи управління та контролю будівлі забезпечує певний ступінь автономності та збирає та попередньо обробляє дані для інших рівнів обробки. Далі наведено набір функцій, що забезпечуються найнижчим рівнем обробки конфігурації або ієрархії, і продовжується до найвищого рівня.

2.3.1 Функції контролера зонального рівня

Основна функція контролера зонального рівня – забезпечити пряме цифрове керування єдиним обладнанням. Для підтримки резидентних програм прямого цифрового управління контролер зонального рівня взаємодіє з датчиками та виконавчими механізмами та виконує функції обробки точок, а також виконання програм прямого цифрового управління.

2.3.2 Функції контролера системного рівня

Контролери системного рівня забезпечують підвищену продуктивність обробки, більшу пропускну здатність введення-виведення і більш універсальну гнучкість додатків, ніж контролери зонального рівня, і мають більшу автономність. Контролери системного рівня керують декількома контурами прямого цифрового керування та складними послідовностями

керування, пов'язаними із вбудованими установками кондиціювання повітря та іншим обладнанням для обігріву, вентиляції та кондиціювання повітря. Інші типи контролерів системного рівня контролюють кілька зон пожежної сигналізації, точок безпеки та/або керування освітленням. Вони також можуть забезпечити управління аварійною евакуацією через гучномовці та керувати переміщенням персоналу за допомогою системи контролю доступу та зчитувачів карток. Оброблені дані точок на рівні системного контролера використовуються безпосередньо резидентним прямим цифровим керуванням, системою керування енергоспоживанням та програмами часу/подій. Дані доступні для зчитування на локальних панелях управління, портативних терміналах і можуть бути передані процесору операційного рівня та іншим контролерам системного рівня. Крім того, всі параметри та вихідні значення, пов'язані з прямим цифровим керуванням та іншими резидентними програмами, доступні для локального та оперативного зчитування та налаштування. Значення точок даних можуть спільно використовуватись контролерами рівня зони, контролерами системного рівня, а також контролерами зонального та системного рівня.

2.3.3 Функції операційного рівня

Операційний рівень – це третій рівень конфігурації. На цьому рівні повсякденно взаємодіє між собою керуючий системою персонал. Апаратне та програмне забезпечення для цього рівня призначене для взаємодії з обслуговуючим персоналом, а не з механічними системами, як це роблять контролери на нижніх рівнях конфігурації системи управління та контролю будівлі.

2.3.4 Сервера

При використанні кількох процесорів рівня керування/операційного рівня один визначається як сервер бази даних, на якому знаходиться вся поточна база даних. Будь-який процесор може ініціювати зміну системи (графічну або текстову зміну, призначення оператора, розклад тощо), але всі зміни вносяться до бази даних сервера. Сервер є програмною функцією і може бути виділеним комп'ютером або будь-яким іншим процесором локальної мережі. Усі процесори LAN працюють із сервером, який періодично оновлює бази даних інших процесорів LAN. Коли сервер (LAN) не працює, процесори працюють із власною базою даних[17].

2.3.5 Безпека

Програмне забезпечення безпеки системи запобігає несанкціонованому доступу до системи та може обмежувати авторизований персонал, а також виконувати функції (підтверджувати сигнали тривоги, видавати команди, змінювати базу даних тощо). Оператори верхнього рівня призначають паролі безпеки та вводять параметри безпеки для інших операторів. Якщо протягом заданого періоду часу не відбувається жодних дій, наприклад, з клавіатурою або мишею, оператор автоматично виходить із системи. Усі операції входу та виходу оператора архівуються.

2.3.6 Обробка аварійних сигналів

При отриманні сигналу тривоги від контролера процесори операційного рівня ініціюють обробку сигналу тривоги наступним чином:

- Час/Дата.

- Текстове повідомлення із дією.
- Кнопка підтвердження.
- Ініціювання зі звуком.
- Немає звуку.
- На час або безперервно.
- Швидкий, середній або повільний сигнал.
- (Опція) Графічний дисплей автоматизації.
- Кнопка для запиту графічного дисплея оператора.

Поточний стан аварійної сигналізації на графіку (червоний значок, якщо аварійний сигнал миготить, якщо не підтверджено). Архів аварійних сигналів можна запросити будь-коли для аналізу історії аварійних сигналів[18].

2.3.7 Звіти

Програмне забезпечення СУП включає безліч системних звітів для відображення і роздруківки на додаток до звітів про сигнали тривоги. Звіти бази даних документують системне програмне забезпечення, таке як параметри обробки точок, системний текст, конфігурація контролера тощо. Утиліта створення звітів про тенденції дозволяє архівувати стан точок даних і значення для подальшого перегляду. Архівування може бути засноване на тимчасовому інтервалі або зміні статусу чи значення. Дані трендів можна переглядати як архівовані або їх можна сортувати і скорочувати, наприклад «Роздрукувати максимальну денну температуру від 3-16-96 до 5-16-96». Дані тенденцій можуть бути представлені у стовпчастому форматі або у вигляді графіка кривої з кількістю точок до восьми на відображення/роздруківку. Вимоги до зразків трендів зазвичай задаються у контролері і після цього автоматично передаються до СУП[19].

2.4 Пожежна система

Система або частина комбінованої системи, що складається з компонентів та схем, призначених для відстеження та оповіщення про стан пристроїв пожежної сигналізації або контрольних сигналів, що ініціюють сигнал, та для ініціювання відповідної реакції на ці сигнали. Всі системи пожежної сигналізації, по суті, працюють за одним і тим же принципом. Якщо сповіщувач виявляє дим або тепло, спрацьовують звукові оповіщувачі, щоб попередити інших у будівлі про можливу пожежу та евакуюватися. Для системи, що захищає приміщення, також ймовірно, що пожежна сигналізація включатиме обладнання дистанційної сигналізації, яке попереджатиме пожежну бригаду через центральну станцію. Дротові системи пожежної сигналізації можна розділити на три категорії: звичайні, адресні та аналогово-адресні.

2.4.1 Звичайна система пожежної сигналізації

У звичайній системі пожежної сигналізації кілька точок виклику та детекторів підключені до панелі управління пожежною сигналізацією в різних так званих зонах (рис. 2.2). Зона – це так званий ланцюг, і зазвичай можна підключити ланцюг до поверху або пожежного відсіку. Панель керування пожежною сигналізацією матиме кілька зональних ламп. Причина наявності зон – дати приблизне уявлення про те, де сталася пожежа. Точність визначення того, де почалася пожежа, контролюється кількістю зон панелі керування та, отже, кількістю ланцюгів, які були підключені до будівлі. Панель керування потім повинна бути підключена щонайменше до двох схем звукового оповіщення, які можуть містити дзвінки, електронні звукові оповіщувачі або інші звукові пристрої. Ланцюги оповіщувачів та зони виявлення підключені за схемою зірки. Кожен ланцюг матиме кінцевий

пристрій, який використовується для моніторингу. В даний час в елементах керування використовуються резистори для використання в кінці всіх ланцюгів звукового оповіщення і для використання в кінці ланцюгів виявлення для всіх звичайних панелей управління[18].

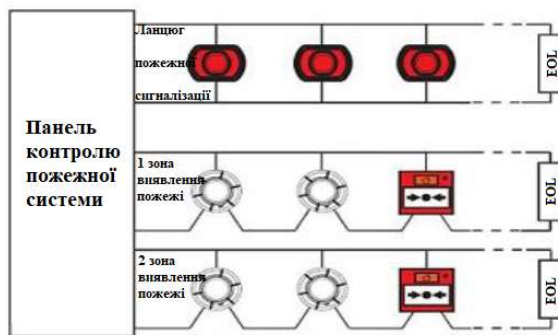


Рисунок 2.2 – Панель контролю пожежної системи

2.4.2 Адресні системи

Принцип виявлення адресної системи аналогічний принципу звичайної системи, крім того, що панель управління може точно визначити, який датчик або сповіщувач ініціював тривогу. На рис. 2.3 показано, що схема виявлення підключена як петля, і до кожної петлі можна підключити до 99 пристроїв. Детектори по суті є звичайними детекторами з вбудованою адресою. Адреса в кожному детекторі встановлюється за допомогою перемикачів, а панель управління запрограмована на відображення інформації, необхідної для цього конкретного детектора. Доступні додаткові польові пристрої, які можуть бути підключені до контуру тільки для виявлення, тобто можна виявити замикання нормально розімкнутого контакту, наприклад реле витрати спринклера, або розмикання нормально

замкнутого контакту. Звукові оповіс­тувачі підключаються як мінімум до двох контурів звукових оповіс­тувачів так само, як і у звичайній системі. Модулі ізоляції шлейфу доступні для встановлення на шлейфи виявлення, так що шлейф є секційним, щоб гарантувати, що коротке замикання або одна несправність спричинять втрату лише мінімальної частини системи.

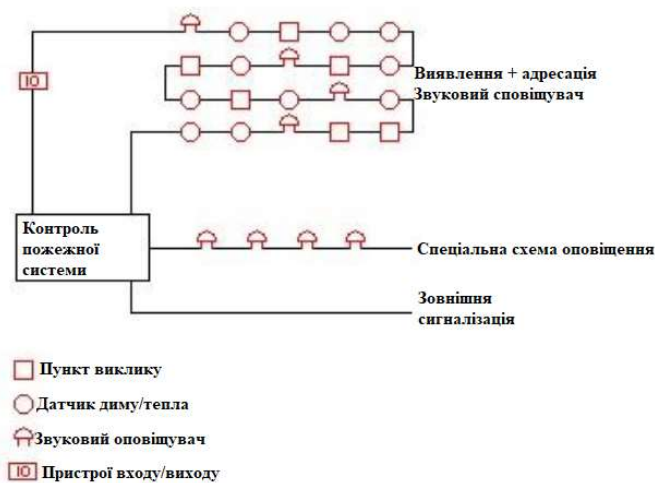


Рисунок 2.3 – Схема виявлення пожежі у приміщеннях

2.4.3 Аналогові системи пожежної сигналізації

Аналогові системи пожежної сигналізації часто називають інтелектуальними системами пожежної сигналізації. Доступно кілька різних типів аналогових систем, які визначаються типом протоколу, що використовується. Більшість доступних аналогових детекторів досить застаріла, оскільки детектори можуть видавати тільки вихідні сигнали, що становлять цінність явищ. Блок управління вирішує, чи є пожежа, несправність, попередня тривога чи ще щось. Завдяки інтелектуальній

аналоговій системі, кожен сповіщувач фактично включає свій власний комп'ютер, який оцінює навколишнє середовище навколо нього і повідомляє панелі управління про займання, несправність або необхідність очищення головки сповіщувача. Однак по суті аналогові системи набагато складніші і включають набагато більше можливостей, ніж звичайні або адресні системи. Їхня основна мета – допомогти запобігти появі помилкових тривог. За допомогою аналогово-адресної системи до 127 пристроїв введення, наприклад димові сповіщувачі, сповіщувачі, теплові сповіщувачі, контактні монітори та інші інтерфейсні пристрої можуть бути підключені до кожного шлейфу виявлення. На додаток до 127 пристроїв введення можна підключити до 32 пристроїв виведення, таких як сигналізатори шлейфів, релейні модулі і модулі звукових сигналів. Аналогові системи доступні у версіях з 2,4 та 8 шлейфами, що означає, що великі приміщення можна контролювати з однієї панелі. Блоки ізоляторів слід підключати між секціями сповіщувачів, як описано для адресних систем[19].

2.5 Опалення, вентиляція, кондиціонування

Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря (HVAC) – це технологія забезпечення екологічного комфорту у приміщеннях. Його мета – забезпечити тепловий комфорт та прийнятну якість повітря в приміщенні. Проектування систем HVAC ґрунтується на принципах термодинаміки, механіки рідини та теплопередачі. HVAC - важлива частина таких структур, як багатоквартирні будинки, офісні будівлі, підприємства, навчальні заклади. Вентиляція – це процес обміну або заміни повітря в будь-якому приміщенні для забезпечення високої якості повітря в приміщенні, який включає контроль температури, заповнення кисню і видалення вологи, запахів, диму, тепла, пилу, бактерій, що переносяться по повітрю, вуглекислий газ та інші гази. Вентиляція видаляє неприємні запахи та надмірну вологість, виводить

зовнішнє повітря, підтримує циркуляцію повітря всередині будівлі та запобігає застою внутрішнього повітря.

Вентиляція включає як повітрообмін назовні, так і циркуляцію повітря всередині будівлі. Це один із найважливіших факторів для підтримки прийнятної якості повітря всередині будівель. Способи вентиляції будівлі можна розділити на механічні/примусові та природні.

2.6 Опис деяких компонентів системи управління приміщеннями

Основна концепція розробленої блок-схеми, показаної рис. 2.4, описує компоненти входів і виходів. Потім отримують дані від датчиків та перемикачів, щоб активувати виходи, такі як блоки кондиціювання, світлодіоди, реле, освітлення, насоси та РК-дисплеї. .



Рисунок 2.4 – Компоненти схеми СУП

Компоненти системи, вибрані відповідно до функціональних можливостей системи управління приміщеннями, мікроконтролер PIC потрібен для управління виконавчими механізмами системи управління

будівлею відповідно до певних значень, отриманих від датчиків, для активації інших компонентів.

2.6.1 Мікроконтролер Pис 16F877A

Мікроконтролер PIC16F877A, показаний рис. 2.5, одна із останніх продуктів Microchip. У ньому є всі компоненти, які зазвичай є у сучасних мікроконтролерах. Завдяки низькій ціні, широкому спектру застосування, високій якості та доступності, це ідеальне рішення для таких додатків, як керування різними процесами в приміщеннях, вимірювання різних значень і т.д. , недорогих мікроконтролерів; вбудований осцилятор із можливістю вибору швидкості, широкий спектр інтерфейсів.

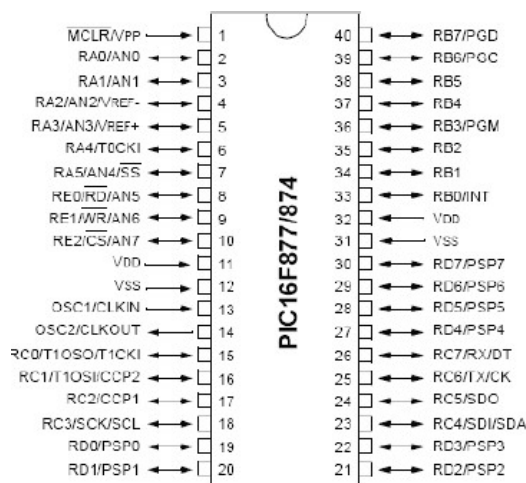


Рисунок 2.5 – Мікроконтролер PIC16F877A

2.6.2 Світлочутливий резистор LDR

Світлочутливий резистор, показаний на рис. 2.6, також відомий як LDR, є фоторезистором, фотопровідником або фотоелементом, являє собою резистор, опір якого збільшується або зменшується в залежності від інтенсивності світла. LDR (світлочутливі резистори) – дуже корисний інструмент у світлових схемах. LDR може мати безліч опорів та функцій. Наприклад, його можна використовувати для увімкнення світла, коли LDR знаходиться у темряві, або для вимикання світла, коли LDR горить. Він також може працювати і навпаки: коли LDR горить, він включає ланцюг, а коли у темряві опір збільшується та порушує ланцюг.

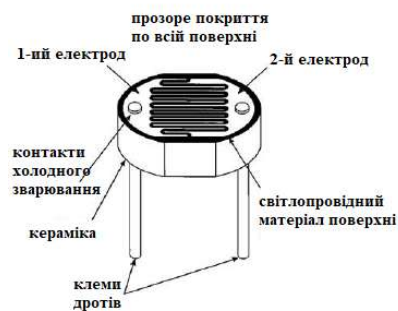


Рисунок 2.6 – Світлозалежний резистор LDR

2.6.3 Датчик температури LM35

LM35, показаний на рис. 2.7, є прецизійним датчиком температури з інтегральною схемою, вихідна напруга якого лінійно пропорційна температурі Цельсія (Цельсія). Таким чином, LM35 має перевагу перед лінійними датчиками температури, каліброваними в градусах Кельвіна,

оскільки користувачу не потрібно віднімати велику постійну напругу з вихідного сигналу, щоб отримати зручне масштабування за шкалою Цельсія. LM35 не вимагає будь-якого зовнішнього калібрування або підстроювання для забезпечення типової точності $\pm 1/4^\circ \text{C}$ при кімнатній температурі і $\pm 3/4^\circ \text{C}$ у всьому діапазоні температур від -55 до $+150^\circ \text{C}$. Низька вартість забезпечується за рахунок обрізки та калібрування на рівні пластини. Низький вихідний опір LM35, лінійний вихід і точне внутрішнє калібрування роблять підключення до схем зчитування або управління особливо простим. Його можна використовувати з одиночними блоками живлення або плюсовими та мінусовими блоками живлення. Оскільки він споживає всього 60 мкА від джерела живлення, він має дуже низький рівень самонагрівання, менше ніж $0,1^\circ \text{C}$ у нерухомому повітрі. LM35 розрахований на роботу в діапазоні температур від -55° до $+150^\circ \text{C}$, а LM35C розрахований на діапазон від -40° до $+110^\circ \text{C}$ (-10° із підвищеною точністю)[20].

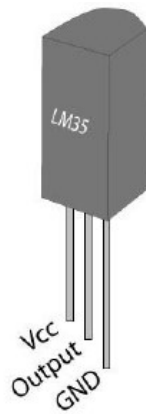


Рисунок 2.7 – Датчик температури LM35

2.6.4 РК дисплей

Рідкокристалічний дисплей (РКД), показаний на рис. 2.8, є плоским дисплеєм, електронним візуальним дисплеєм або відеодисплеєм, в якому використовуються світломодуючі властивості рідких кристалів. Рідкі кристали не випромінюють світло безпосередньо. Доступні РК-дисплеї для відображення довільних зображень (як у комп'ютерному дисплеї загального призначення) або фіксованих зображень з низьким вмістом інформації, які можна відображати або приховувати, наприклад, попередньо задані слова, цифри та 7-сегментні дисплеї, як у цифровому годиннику. Вони використовують ту саму базову технологію. Вони бувають різних розмірів: 8x1, 8x2, 10x2, 16x1, 16x2, 16x4, 20x2, 20x4, 24x2, 30x2, 32x2, 40x2 і т. д. Всі РК-дисплеї виконують одні і ті ж функції (відображення символів, чисел, спеціальних символів, символів ASCII тощо). Їхнє програмування також однакове, і всі вони мають однакові 14 контактів (0-13) або 16 контактів (0-15), як показано на рис. 2.9.

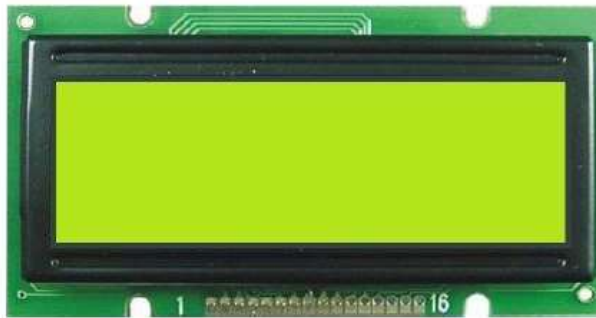


Рисунок 2.9 – РК дисплей

2.7 Структура коду

Структура коду: перше, що потрібно зробити в програмному коді - це ідентифікувати пристрої, підключені до мікроконтролера, і вказати, які контакти підключені до кожного пристрою. Потім кожен висновок ідентифікується як вхідний або вихідний та ідентифікується кожна змінна. Після цього мікроконтролер отримує еталонні значення з клавіатури для введення коду пароля, щоб користувач міг отримати доступ до BMS. Датчики і детектори відправляють сигнали для умовних блоків живлення в залежності від значень теплового датчика, тому система може вибрати, чи має значення температури ініціювати об'єднання всіх систем чи ні, щоб знизити температуру в будівлі і відобразити це на рідкокристалічному дисплеї (РКД), або попередження громадськості, якщо димові або теплові сповіщувачі надсилають сигнал на панель управління пожежною сигналізацією, яка включає зумер, щоб почати гасіння вогню.

2.8 Впровадження системи

Модуль схематичного введення Proteus є основою системи. Він поєднує середовище проектування з можливістю визначати більшість аспектів зовнішнього вигляду креслення. Proteus забезпечує повну симуляцію системи. З бібліотеки компонентів інструментів додано малюнок 16F877A в схематичне захоплення (робочий простір), як показано на рис. 2.10.

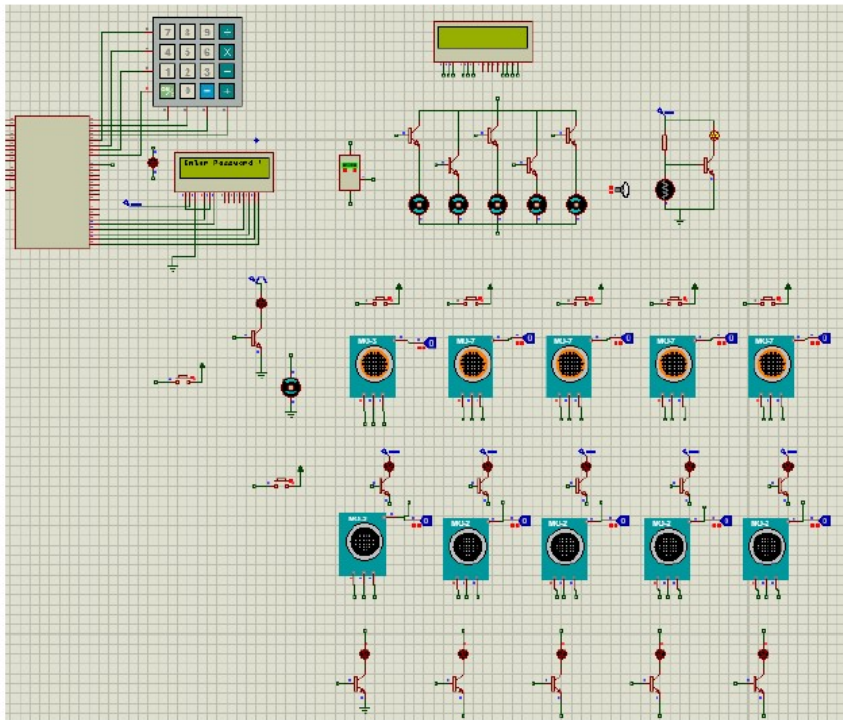


Рисунок 2.10 – Моделювання системи за допомогою схематичного модуля Proteus

Потім клавіатура додається до схеми. З урахуванням масиву клавіатури та розташування резисторів, як показано на рис. 2.11, РК-дисплей LM016L, прикріплено з текстом «Введіть пароль», а потім користувач вводить правильний пароль для доступу до системи.

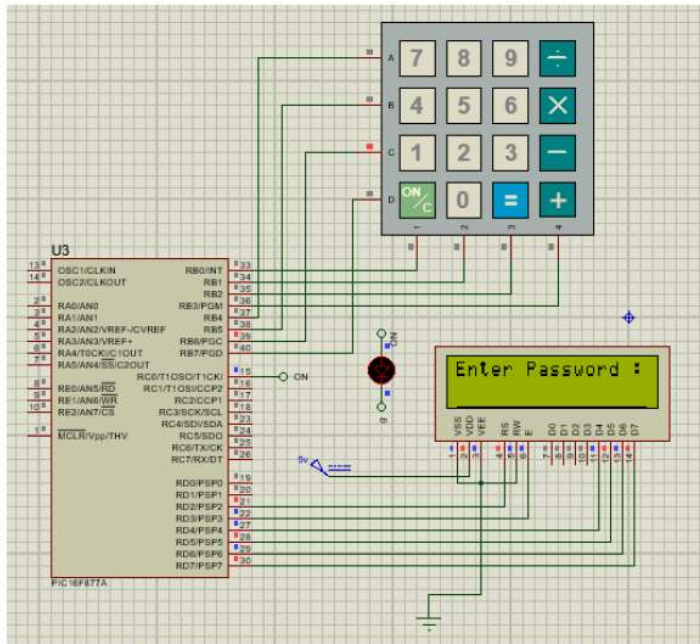


Рисунок 2.11 – Приєднання клавіатури до схеми

Потім датчик температури типу LM35 подає мікровхідний сигнал активації кондиціонування повітря, як показано на рис. 2.12. Вихідний рефрижератор цього датчика підключається до п'яти вихідних контактів, які з'єднані з умовними блоками, які встановлені для зниження температури в будівлі, як показано на рис. 2.12.

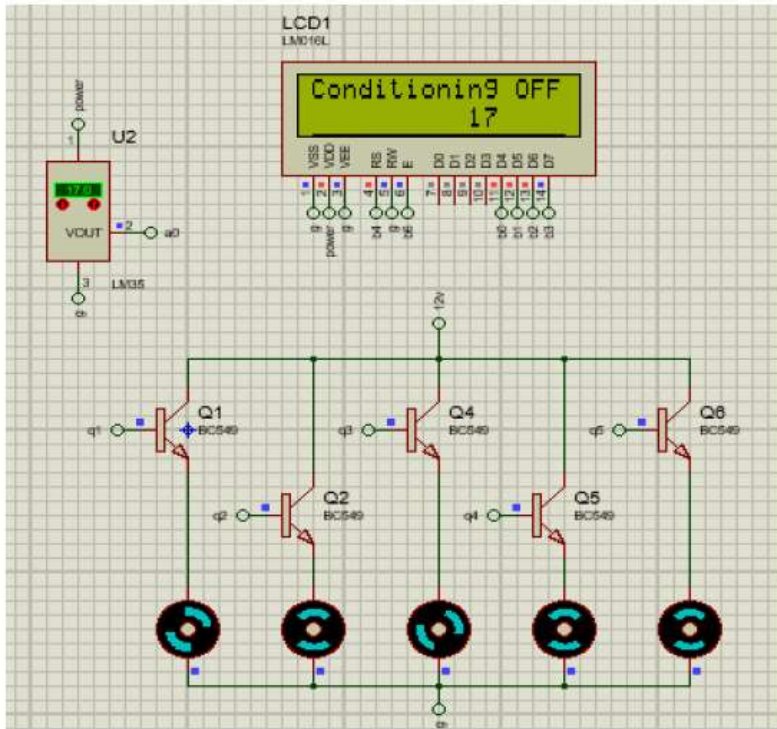


Рисунок 2.12 – Установка кондиціонування повітря

Якщо загоряння посилюється і температура в приміщенні стала високою, теплові сповісники посилають сигнал на мікроконтролер, щоб увімкнути зумер для попередження персоналу та запустити стояк насоса з водою, щоб погасити вогонь та зупинити сповіщення. Однак система включає ручний сповісник, пристрій з ручним керуванням, що використовується для подачі сигналів тривоги по всій будівлі, коли ця кнопка натиснута, з'являється перемикач скидання всіх компонентів пожежної сигналізації. Система пожежної сигналізації представлена та представлена на рис. 2.13.

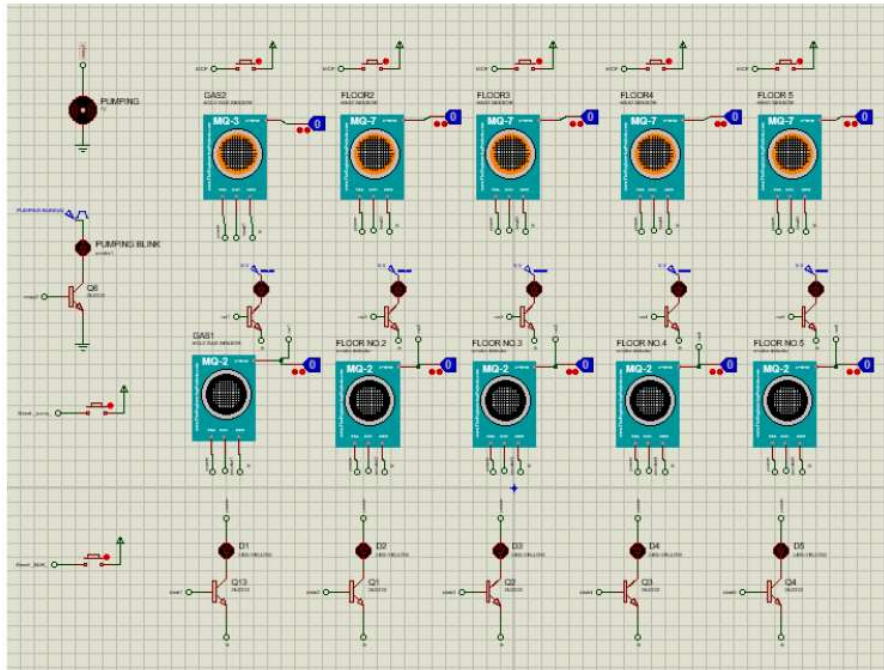


Рисунок 2.13 – Пожежна система

Висновки до розділу 2

BMS швидше і краще реагує на потреби користувачів і їх проблеми; вартість енергії доджна бути знижена за рахунок централізованого управління програмами контролю та управління енергоспоживанням.

Контролер Arduino Uno забезпечує:

- Контроль за умовами внутрішнього комфорту.
- Можливість індивідуального керування приміщенням.
- Ефективний моніторинг та адресність споживання енергії.
- Ефективна відповідь на скаргу, пов'язану з HVAC.
- Економію часу та грошей під час обслуговування.

- Гнучкість під час зміни використання будівлі.
- Технологія ІОТ, яка відстежує стан системи та забезпечує інтелектуальний контроль системи за допомогою веб-сайту.
- Систему можна контролювати та керувати з будь-якого місця за допомогою ІОТ.

3 ЗАСТОСУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРИМІЩЕННЯМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНФОРМАЦІЙНО- КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ ОСВІТИ

У ході виконання роботи було досліджено рівень потреб у впровадження систем управління приміщеннями у закладах освіти на прикладі загальноосвітньої гімназії у м. Селидове Донецької області. У ході дослідження виявлено такі проблеми:

- Відсутність централізованого єдиного механізму для управління приміщеннями
- Наявність застарілого механічного обладнання
- Не виконуються норми по показникам на витрати електроенергії та енергозбереження
- Відсутній контроль показників HVAC
- Неналагоджена сучасна пожежна система
- Не здійснюється контроль освітлення у приміщеннях

Вказані вище проблеми у закладі освіти є причиною дослідження впровадження ІКТ у системи управління приміщеннями задля скорочення фінансових витрат на електроенергію, енергопостачання. Також далі буде досліджено переваги використання систем HVAC та сучасних пожежних систем за допомогою ІКТ.

3.1 Схематична структура системи управління приміщеннями у закладі загальної освіти

Системи моніторингу та управління енергоспоживанням у приміщеннях мають збирати та аналізувати споживання енергії у реальному часі. Маючи дані в реальному часі, система може ефективно контролювати та

керувати споживанням енергії в будинках для досягнення оптимального енергоспоживання. Крім того, система повинна прогнозувати тенденції споживання енергії в різних будинках і робити реалістичну оцінку споживання енергії на основі обробки та аналізу попередніх даних про споживання енергії. Інформаційні та комунікаційні технології (ІКТ) відіграють ключову роль у створенні енергозберігаючих технологій. ІКТ дозволяє отримати дані про споживання електроенергії в режимі реального часу. Існуючі електричні мережі використовують ІКТ для керування доставкою електроенергії від постачальників споживачам з використанням двостороннього цифрового зв'язку та інтелектуальних систем вимірювання. Вважається, що це бачення дозволить перетворити традиційні електричні мережі на сучасні інтелектуальні мережі. Система має виконувати збір даних у реальному часі, швидко передачу та інтелектуальний аналіз енергетичних даних. А також контролювати різні навантаження у будівлі, щоб була можливість повністю контролювати та керувати споживанням енергії у будівлі[21].

3.1.1 Структура системи управління енергоспоживанням через бездротовий зв'язок

Система, показана на рис. 3.1, складається з двох основних частин – мережа сенсорних вузлів та блок управління енергоспоживанням. Вузли датчиків розміщуються у різних місцях. Вузли датчиків виконують безліч функцій, а саме вимірюють енергоспоживання приміщень, відправляють результати вимірювань у систему через багатоланкову мережу та отримують команди управління від системи. Система управління енергоспоживанням – це графічний інтерфейс користувача для відображення даних часу виконання і відправки сигналів управління вузлам. Управляючі сигнали містять граничну потужність для кожного приміщення, яка встановлюється залежно

від загального споживання всіх приміщень, тобто гранична потужність зменшується в періоди пікового навантаження.

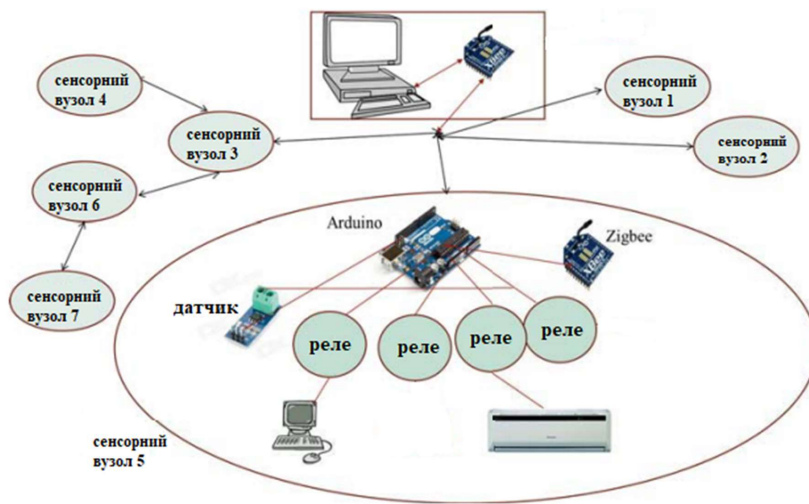


Рисунок 3.1 – Структура системи управління

3.1.2 Блок управління енергоспоживанням

Блок управління енергоспоживанням складається з програмного забезпечення NI LabVIEW та модуля XBeePRO ZigBee. Програмне забезпечення LabVIEW надає графічний інтерфейс користувача, який дозволяє контролювати і керувати різними вузлами датчиків[22]. Зокрема, він відображає енергоспоживання з часом для кожного вузла датчика, а також встановлює допустиме енергоспоживання будь-якого датчика, як показано на рис. 3.2. Блок управління енергоспоживанням обмінюється даними з рештою системи, використовуючи базовий екран плати модуля

міні-адаптера USB XBee за протоколом RS232 для збору необхідної інформації та відправки керуючого сигналу, як показано на рис. 3.3.

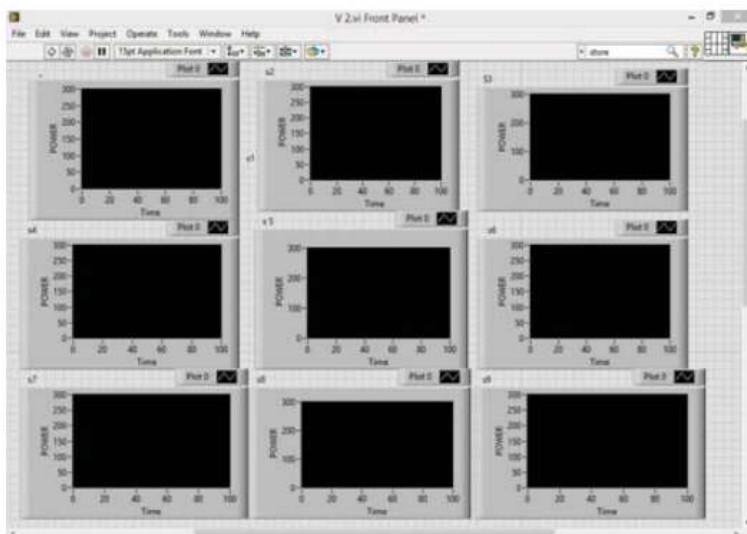


Рисунок 3.2 – ПО для блоку управління датчиками



Рисунок 3.3 – Модуль міні-адаптера USB XBee

3.1.3 Мережа сенсорних вузлів

Вузли датчиків зазвичай складаються з п'яти основних блоків: блоки обробки, приймача, зчитування, управління та живлення, як показано на рис. 3.4. Блок обробки використовується для управління та обробки даних у сенсорному вузлі. Arduino Uno використовується як процесор у запропонованій системі управління. Блок приймача дозволяє вузлу датчика з'єднуватися з іншими вузлами датчика та системою управління. У пропонованій системі використовується трансівер XBee-PRO ZigBee. Мікроконтролер Arduino Uno використовує стандартний інтерфейс RS232 для зв'язку із трансівером XBee-PRO ZigBee. Дані від контролера відправляються на приймач Zigbee для передачі в систему, і навпаки. Функція сенсорного блоку полягає в спостереженні за споживаною потужністю шляхом вимірювання напруги і струму за допомогою датчика ACS712 і передачі його значень мікроконтролеру Arduino Uno, який перетворює задану напругу в цифровий формат. Блок управління використовується для увімкнення та вимкнення приладів. Він безпосередньо підключений до мікроконтролера Arduino Uno, який використовується для управління технікою. Блок управління використовує релейний модуль SRD для управління високовольтними електричними пристроями (максимум 250). Блок живлення використовується для забезпечення напруги живлення через адаптер змінного струму.

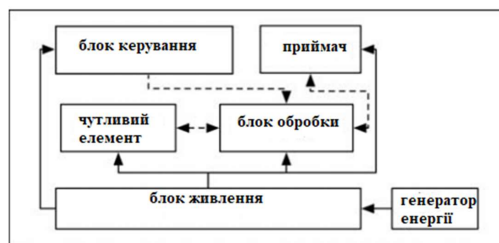


Рисунок 3.4 – Архітектура системи управління датчиками

3.1.4 Запропонований алгоритм

У реалізації системи управління приміщеннями кожен сенсорний вузол має бути підключений до чотирьох навантажень із різними пріоритетами. Крім того, кожен сенсорний вузол періодично повинен відправляти виміряну потужність кожні 3 хвилини, щоб забезпечити моніторинг. Система має працювати наступним чином:

Крок 1. Всі сенсорні вузли ініціалізуються для зв'язку з іншими сенсорними вузлами та самої системи.

Крок 2: Система надсилає порогову потужність для певного вузла датчика, яка не повинна бути перевищена цим вузлом. Порогове значення зберігається у мікроконтролері, щоб уникнути проблем із харчуванням.

Крок 3: Вузол отримує граничну потужність і порівнює її з поточною виміряною потужністю.

Крок 4: Якщо виміряна потужність перевищує граничну потужність, то вузол датчика відключає різні навантаження відповідно до пріоритету.

Крок 5: Якщо виміряна потужність менша за порогову потужність, то вузол датчика включає різні навантаження відповідно до пріоритету.

Крок 6: Повторюються кроки 3 та 4, доки не буде отримано новий поріг від системи.

На рис. 3.5 представлено блок-схему запропонованого алгоритму.

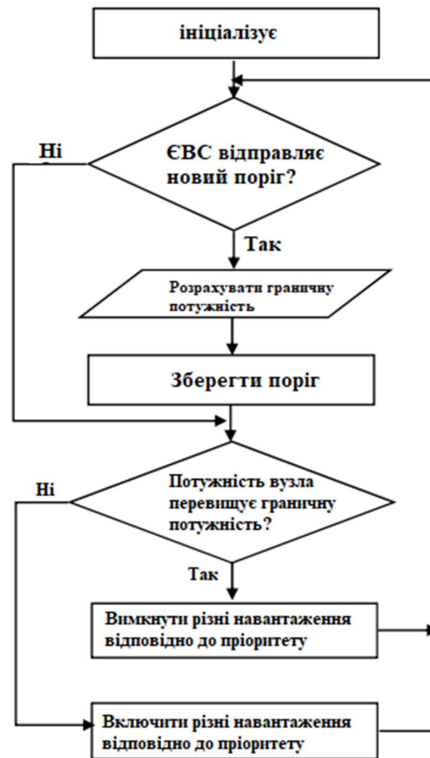


Рисунок 3.5– Блок-схема запропонованого алгоритму

3.1.5 Хмарний моніторинг

Система відправляє зібрані вимірювання датчиків до хмарної служби для зберігання та відображення. Для прикладу можна використовувати хмарний сервіс ThingSpeak, який є програмою Інтернету речей (IoT) з відкритим вихідним кодом і API для зберігання та вилучення даних з речей за допомогою HTTP через Інтернет або через локальну мережу. За допомогою ThingSpeak користувачі можуть створювати програми реєстрації датчиків, програми для відстеження розташування та соціальні мережі з

оновленнями статусу. Крім зберігання та отримання числових і буквено-цифрових даних, ThingSpeak API дозволяє обробляти числові дані, такі як масштабування за часом, усереднення, медіана, підсумовування та округлення. Кожен канал ThingSpeak підтримує введення даних до 8 полів даних, широту, довготу, висоту та статус. Канали підтримують формати JSON, XML та CSV для інтеграції до програм. Програма ThingSpeak також підтримує керування часовими поясами, керування ключами API читання/записи та діаграми на основі JavaScript. На рис. 3.6 показано залежність енергоспоживання від часу кожного датчика на ThingSpeak.

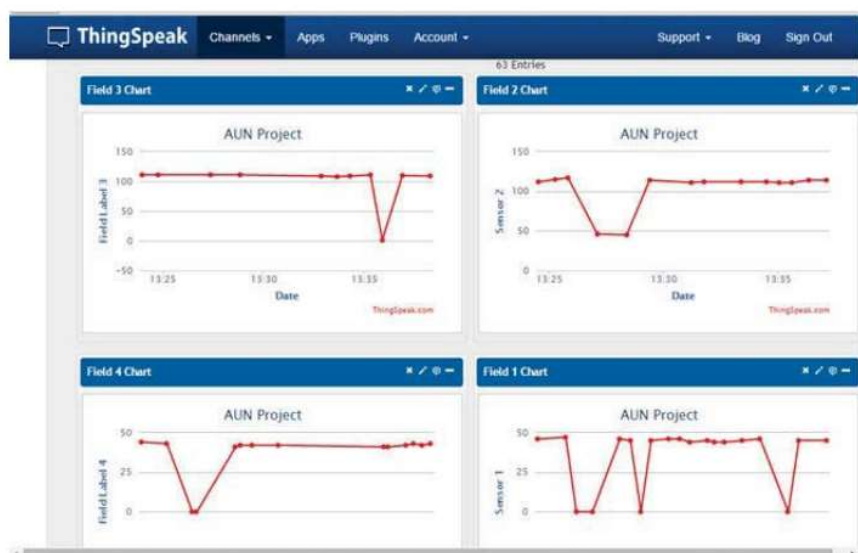


Рисунок 3.6 – Залежність енергоспоживання від часу кожного датчика на ThingSpeak

3.2 Характеристики апаратного забезпечення для впровадження системи управління приміщеннями у закладі освіти

3.2.1 Температурні датчики

Усі температурні пристрої повинні використовувати прецизійні термістори з точністю до ± 1 градуса в діапазоні від -30 до 230 градусів. Датчики температури у приміщенні повинні мати точність до $\pm 0,5$ градуса в діапазоні від 40 до 100 градусів. Стандартні датчики повинні бути доступні для установки на стандартну електричну коробку. Якщо потрібне ручне керування, корпус датчика повинен мати як додатковий ковзний механізм для регулювання заданого значення температури у приміщенні, так і кнопку для вибору режиму роботи у неробочий час. Якщо вказано локальний дисплей, датчик повинен включати світлодіодний або РК-дисплей для перегляду температури приміщення, заданого значення та інших параметрів, що вибирається оператором. Використовуючи вбудовані кнопки, оператори можуть регулювати установки безпосередньо з датчика. Датчики температури у повітроводі повинні включати термістор, вбудований у кінець трубки з нержавіючої сталі. Занурювальні датчики повинні використовуватися для вимірювання температури у всіх системах з охолодженою та гарячою водою, а також з холодоагентами. Пневматичний сигнал не повинен використовуватись для вимірювання температури.

3.2.2 Датчики вологості

Пристрої вологості повинні мати точність $\pm 5\%$ на повній шкалі для приміщень та $\pm 3\%$ для повітроводів та зовнішнього повітря. Як опція можна надати переносний інструмент для польового калібрування, який

зчитує вихідний сигнал датчика і містить еталонний датчик для поточного калібрування.

3.2.3 Датчики струму та потужності

Перемикачі поточного стану повинні використовуватися для контролю вентиляторів, насосів, двигунів та електричних навантажень. Токові вимикачі повинні бути доступні в моделях з суцільним і роздільним сердечником і пропонувати або цифрову систему автоматизації будівлі або аналоговий сигнал в систему автоматизації. Допустимим виробником є Veris або рівноцінним затвердженим виробником. Вимірювання трифазної потужності має виконуватися перетворювачем кВт/кВтг. Цей пристрій повинен використовувати входи трансформатора постійного струму для розрахунку миттєвого значення (кВт) та імпульсного виходу, пропорційного споживанню енергії (кВтч).

3.2.4 Клапани керування

Необхідно забезпечити автоматичні регулюючі клапани, які підходять для зазначеного контрольованого середовища. Також необхідно забезпечити клапани, які підходять до матеріалу трубопроводу, що під'єднується, і відповідають йому. Потрібно обладнати регулюючі клапани приводами з необхідним типом вхідної потужності і типом сигналу керуючого для точного позиціонування елемента управління потоком і забезпечення достатньої сили для досягнення необхідних характеристик витoku. Регулюючі клапани повинні відповідати зазначеним навантаженням на нагрівання та охолодження та закриватися в умовах перепаду тиску у додатку. Клапани повинні мати такий розмір, щоб вони працювали точно та

зі стабільністю від 10 до 100% від максимальної розрахункової витрати. Матеріал повинен бути з нержавіючої сталі для пари та високого перепаду тиску. Електрична активація повинна бути забезпечена на всіх пристроях повторного нагрівання кінцевих пристроїв.

3.2.5 Амортизатори

Автоматичні заслінки, що постачаються підрядником з автоматизації будівель, повинні бути з однією або декількома лопатями, залежно від вимог. Амортизатори повинні бути встановлені підрядником HVAC під наглядом підрядника СУП. Відповідальність за всі заглушки та переобладнання, необхідні для встановлення заслін меншого розміру, ніж розмір повітроводу, несе підрядник з листового металу. Рами амортизаторів повинні бути виготовлені з оцинкованої листової сталі 13 калібру, механічно з'єднаної з важільним механізмом, прихованим у боковому каналі, для усунення шуму у вигляді тертя. Також повинні бути передбачені пружинні бічні ущільнення, що стискаються, з нержавіючої сталі і підшипники з ацеталю або бронзи. Ширина заслінки амортизатора має перевищувати восьми дюймів. Потрібні ущільнення та сталеві оцинковані штифти квадратного перерізу 3/8 дюйма. Обертання лопат має бути паралельним або протилежним, як показано на графіках. Для високопродуктивних додатків регулюючі заслінки будуть відповідати класу I за витоком UL або перевищувати його. Передбачені амортизатори з протилежними лопатями для регулювання та паралельні лопаті для двопозиційного керування[22].

3.2.6 Детектори диму

Детектори диму в повітроводі мають бути виробництва Air Products & Controls або аналогічного виробника. Детектори повинні працювати при швидкості повітря від 90 метрів за хвилину до 12000 метрів за хвилину. У димовому сповіщувачі має використовуватися головка фотоелектричного сповіщувача. Корпус повинен допускати механічне встановлення без зняття кришки сповіщувача. Детектори повинні бути внесені до списку Underwrites Laboratories та відповідати вимогам UL 268A.

3.3 Управління за допомогою бездротового зв'язку

Контролери мережного маршрутизатора повинні об'єднувати функції мережної маршрутизації, функції управління і функції сервера. BACnet NSC повинен бути класифікований як «рідний» пристрій BACnet, який підтримує профіль контролера мережевого сервера BACnet (B-BC). Контролери, які підтримують менший профіль, наприклад, B-SA, не приймаються. NSC повинні бути протестовані та сертифіковані як контролери мережевого сервера BACnet (B-BC). Контролер мережного сервера повинен забезпечувати інтерфейс між LAN або WAN та польовими пристроями керування, а також забезпечувати функції глобального супервізора над пристроями керування, підключеними до NRS. Вони також несуть відповідальність за моніторинг та керування власним обладнанням HVAC, таким як АНУ або котел. Вони також повинні містити графіку, тренди, діаграми трендів, подання сигналів тривоги та інші подібні об'єкти, які можуть бути передані на робочі станції або веб-інтерфейси. Повинна бути поставлена достатня кількість НБК, щоб повністю відповідати вимогам даної специфікації та переліку точок, що додається. Він повинен бути здатний виконувати програми управління програмами, щоб забезпечувати:

1. Функції календаря

2. Планування

3. Тенденції

4. Моніторинг та маршрутизація аварійних сигналів.

5. Синхронізація часу через веб-сайт, включаючи автоматичну синхронізацію.

6. Вбудована інтеграція даних контролера LonWorks та даних контролера Modbus або даних контролера BACnet та даних контролера Modbus.

7. Функції мережного керування для всіх пристроїв на базі LonWorks.

Технічні характеристики обладнання:

1. Пам'ять. Операційна система контролера, прикладні програми та всі інші частини бази даних конфігурації повинні зберігатися в незалежній флеш-пам'яті. Система автоматизації приміщень, сервери / контролери повинні містити достатньо пам'яті для поточного додатка плюс необхідне ведення журналу плюс мінімум 20% додаткової вільної пам'яті.

2. Кожен NRC повинен надати наступне бортове обладнання для зв'язку:

- Один 10/100bT Ethernet для зв'язку з робочими станціями, іншими NRC та з Інтернетом;
- Два порти RS-485 для зв'язку з шиною BACnet MSTP або послідовним Modbus (налаштовується програмно);
- Один порт TP/FT для зв'язку з пристроями LonWorks;
- USB-порт для одного пристрою;
- Два хост-порти USB.

Модульна розширюваність: система повинна використовувати модульну конструкцію введення/виведення для забезпечення можливості розширення. Пропускна здатність введення та виведення забезпечуватиметься за рахунок змінних модулів різних типів[23]. Повинна

бути можливість комбінувати модулі введення/виводу за бажанням для задоволення вимог введення/виводу для окремих програм управління.

Апаратні перемикачі ручного керування: усі цифрові виходи необов'язково повинні включати трипозиційні перемикачі ручного керування, що дозволяють вибирати стан виходу УВІМК, ВИМК або АВТО. Ці перемикачі повинні бути вбудовані в блок і забезпечувати зворотний зв'язок з контролером, щоб перемикача можна було отримати за допомогою програмного забезпечення. Крім того, кожен аналоговий вихід повинен бути обладнаний потенціометром корекції, що дозволяє вручну регулювати аналоговий вихідний сигнал у всьому його діапазоні, коли трипозиційний перемикач ручного дублювання знаходиться в положенні УВІМК.

Індикатори локального стану: NSC повинен забезпечувати як мінімум світлодіодну індикацію стану ЦП, стану локальної мережі Ethernet та стану польової шини. Для кожного входу або виходу необхідно забезпечити світлодіодну індикацію значення точки (Увімк./Вимк.). Світлодіодна індикація повинна підтримувати конфігурацію програмного забезпечення, щоб встановити, чи світлодіод Вкл. Або Вимк., або буде колір при світінні червоним або зеленим.

Годинник реального часу (RTC): Кожен NSC повинен включати годинник реального часу з батарейним живленням і точністю до 10 секунд в день. RTC має надати наступне: час доби, день, місяць, рік та день тижня. Кожен NSC допускає власне усунення UTC залежно від часового поясу. Коли часовий пояс встановлено, NSC також збереже потрібний час для літнього часу.

Джерело живлення: джерело живлення 24 В постійного струму для NSC повинен забезпечувати 30 Вт доступної потужності для NSC та зв'язаних модулів вводу-виводу. Система повинна підтримувати більше одного джерела живлення, якщо потрібні модулі з високим енергоспоживанням.

Автоматичний перезапуск після збою живлення: при відновленні електропостачання після збою живлення NSC повинен автоматично і без втручання людини оновлювати всі функції, що відстежуються, відновлювати роботу на основі поточного, синхронізувати час і статус і реалізовувати спеціальні стратегії запуску при необхідності.

Резервна батарея: NSC повинен містити бортову батарею для резервного копіювання оперативної пам'яті контролера. Батарея повинна забезпечувати резервне копіювання всіх функцій RAM та годинника не менше 30 днів. У разі збою живлення NSC спочатку має спробувати перезапустити із пам'яті RAM. Якщо ця пам'ять пошкоджена або непридатна для використання, NSC повинен перезапустити себе зі своєї прикладної програми, що зберігається у флеш-пам'яті.

Технічні характеристики програмного забезпечення: Операційна система контролера, прикладні програми та всі інші частини бази даних конфігурації, такі як графіки, тренди, аварійні сигнали, уявлення тощо повинні зберігатися в енергонезалежній флеш-пам'яті. Обмежень на кшталт прикладних програм у системі нічого очікувати. Кожен NSC повинен мати можливість паралельної обробки, виконуючи всі керуючі програми одночасно. Будь-яка програма може вплинути на роботу будь-якої іншої програми. Кожна програма повинна мати повний доступ до всіх засобів введення/виводу процесора. Це виконання функції управління не повинно перериватися через звичайну взаємодію користувача, включаючи опитування, введення програми, роздруківку програми для збереження і т.д.

Кожен NSC повинен мати доступну ємність 4 ГБ пам'яті. Це має становити 2 ГБ для даних додатків та історичних даних та 2 ГБ, виділених для зберігання резервних копій.

Мова програмування користувача: прикладне програмне забезпечення має програмуватися користувачем. Сюди входять усі стратегії, послідовності операцій, алгоритми управління, параметри та уставки. Вихідна програма повинна являти собою структурований текст на основі сценаріїв або

графічний функціональний блок, що повністю програмується користувачем. Мова має бути структурована так, щоб дозволяти конфігурувати програми управління, розклади, сигнали тривоги, звіти, телекомунікації, локальні дисплеї, математичні обчислення та історії. Користувачі повинні мати можливість розміщувати коментарі будь-де програми скриптів або функціональних блоків. Мережеві серверні контролери, які використовують "постійний" програмний метод, не приймаються.

Управляюче програмне забезпечення СУП повинно мати можливість виконувати наступні заздалегідь протестовані алгоритми управління:

- а. Пропорційне, інтегральне та похідне регулювання;
- б. Двопозиційне управління;
- с. Цифровий фільтр;
- d. Калькулятор співвідношення;
- е. Захист обладнання від циклічного включення.

Математичні функції: Кожен контролер повинен бути здатним виконувати основні математичні функції (+, -, *, /), обчислювати квадрати, квадратні корені, експоненти, логарифми, логічні оператори або їх комбінації. Контролери повинні бути здатні виконувати складні логічні оператори, включаючи такі оператори, як >, <, = і, або, що виключає або, і т. д. Вони повинні мати можливість використовувати в тих самих рівняннях з математичними операторами і укладати до п'яти дужок.

СУП повинна мати можливість виконувати будь-які чи всі наступні процедури енергоменеджменту:

1. Розклад дня.
2. Планування на основі календаря.
3. Розклад свят.
4. Тимчасова зміна розкладу.
5. Оптимальний старт.
6. Оптимальна зупинка.
7. Контроль нічного режиму.

8. Перемикання ентальпії (економайзер).
9. Обмеження пікового попиту.
10. Робочий цикл із температурною компенсацією.
11. Відстеження CFM.
12. Блокування нагріву/охолодження.
13. Скидання гарячої/холодної деки.
14. Скидання гарячої води.
15. Скидання охолодженої води.
16. Скидання води у конденсаторі.
17. Послідовність роботи чиллеру.

Ведення журналу:

1. Кожен контролер СУП повинен мати можливість **ЛОКАЛЬНО** реєструвати будь-які вхідні, вихідні, розрахункові значення або інші системні змінні або через певні користувачем інтервали часу в діапазоні від 1 секунди до 1440 хвилин, або на основі зміни значення, що настраюється користувачем. У кожному з цих типів журналів має зберігатися щонайменше 1000 значень. Кожен журнал може записувати миттєве, середнє, мінімальне чи максимальне значення точки. Зареєстровані дані мають бути завантажені у довгострокове архівування СУП вищого рівня на основі заданих користувачем часових інтервалів або ручної команди[24].

2. Управління заміною вимірювача потужності для забезпечення точності даних журналу обліку має бути можливим у СУП.

3. Для кожної точки введення та виведення апаратного забезпечення повинен бути автоматично налаштований тренд без необхідності створення вручну, і кожен із цих журналів повинен реєструвати значення, засновані на зміні значення, та зберігати не менше 500 зразків тенденцій перед заміною найстарішого зразка новими даними.

4. Подання зареєстрованих даних має бути вбудоване у серверні можливості СУП. Презентація може бути у форматі списку з відмітками часу

або у форматі діаграми з кольорами, вагами, шкалами та часовими інтервалами, що повністю настроюються.

Управління сигналізацією:

1. Для кожної точки системи можуть бути створені аварійні сигнали на основі верхньої/нижньої межі або в порівнянні з іншими значеннями точки. Усі аварійні сигнали будуть перевірятися при кожному скануванні СУП і можуть призвести до відображення одного або кількох аварійних повідомлень або звітів.

2. Немає обмежень на кількість тривоги, які можуть бути створені для будь-якої точки.

3. Аварійні сигнали можна настроїти для генерації на основі однієї або кількох системних умов.

4. Аварійні сигнали будуть генеруватися на основі оцінки умов аварійних сигналів і можуть бути представлені користувачеві в порядку, що повністю настроюється, за пріоритетом, за часом, за категорією тощо. Ці види аварійних сигналів, що настроюються, будуть представлені користувачеві після реєстрації, у систему незалежно від того, чи відбувається вхід до системи на робочій станції або веб-станції.

5. Система керування аварійними сигналами повинна підтримувати можливість створення та вибору приміток про причини та дії, які мають бути обрані та пов'язані з аварійною подією. Контрольні списки також повинні бути можливі для представлення оператору пропонованого режиму пошуку та усунення несправностей. При підтвердженні сигналу тривоги повинна бути можливість призначити користувачеві системи таким чином, щоб користувач був повідомлений про призначення і став відповідальним за дозвіл сигналу тривоги.

6. Аварійні сигнали повинні бути спрямовані на будь-яку робочу станцію BACnet, яка відповідає профілю пристрою B-OWS та використовує протокол BACnet/IP.

Вбудований веб-сервер: кожен NSC повинен мати можливість обслуговувати веб-сторінки, що містять ту саму інформацію, яка є доступною з робочої станції. Розробка екранів для виконання не вимагатиме будь-яких додаткових інженерних робіт у порівнянні з тим, що потрібне для їх відображення на самій робочій станції[25].

Висновки до розділу 3

Для управління навантаженням пропонується СУП на основі бездротових сенсорних мереж. Запропонована система відстежує та контролює все споживання енергії у будівлях у режимі реального часу та прогнозує споживання енергії в майбутньому. Програмне забезпечення NI LAB VIEW для моніторингу та керування, а також сенсорний вузол реалізований з використанням мікроконтролера Arduino Uno, модуля XBeePRO ZigBee та датчика струму ACS712. Також можна використовувати ThingSpeak Cloud для зберігання та відображення вимірювань датчиків.

4 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ У ЗАКЛАД ЗАГАЛЬНОЇ ОСВІТИ

4.1 Пожежна система

Система пожежогасіння поділена на дві основні підсистеми:

- Пожежна система.
- Система пожежогасіння.

Система пожежної сигналізації: система пожежної сигналізації має ряд пристроїв, що працюють разом, щоб виявляти та попереджати людей за допомогою візуальних або звукових пристроїв. Система повинна включати: датчик диму, мікроконтролер та звукову сигналізацію. Система пожежогасіння: після того, як пожежа сталася і контролер отримав сигнал від датчика диму, контролер повинен відключити електрику та використовувати водяний насос, щоб обмежити поширення вогню та гасити його.



Рисунок 4.1 – Системна структура пожежної системи

Виявлення: Під час виявлення можна використовувати датчик диму для виявлення пожежі. У разі пожежі датчик буде активований, і він передасть сигнал у точку, яка називається датчиком модуля, і датчик модуля направить сигнал до головного контролера.

Контролер: Як основний контролер можна використовувати модуль Raspberry pi 2 b + або Arduino Uno.

Реагування: Вихідними діями буде гасіння пожежі водяним насосом.

Завантаження на сервер: Усі дані, що надходять від контролера, мають бути завантажені на веб-сервер.

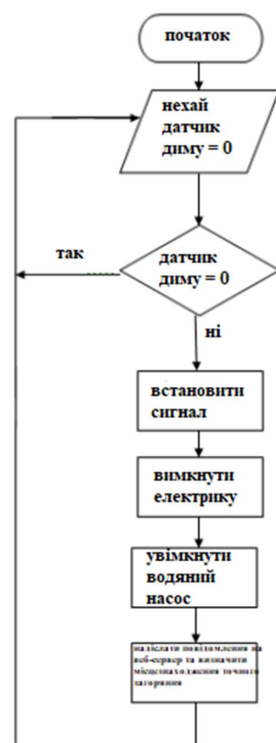


Рисунок 4.2 – Блок схема роботи пожежної системи

4.1.1 Апаратне проектування

Конструкція обладнання складається з багатьох елементів:

1. Датчик диму: Датчик диму призначений для раннього попередження про спалах шляхом включення вбудованого звукового сигналу. Z-Wave – це протокол бездротового зв'язку, призначений для дистанційного керування приладами в автоматизованих приміщеннях. Цей продукт може бути увімкнений та працювати в будь-якій мережі Z-Wave з іншими сертифікованими Z-Wave пристроями інших виробників та/або інших програм.

Функції:

- Вбудована звукова сигналізація.
- Знімний стельовий кронштейн.
- Автоматичний звіт про низький заряд батареї.
- Низьке енергоспоживання.
- Індикація низької потужності.
- Світлодіодна індикація потужності.
- Просте встановлення та переміщення.
- Вища вихідна потужність для збільшення дальності зв'язку.

2. Модуль реле: Як правило, реле призначені для роботи від певної напруги живлення, часто 12 або 5 В. У цьому випадку потрібно використовувати одноканальний модуль реле. Вони підходять для керування потужним електрообладнанням. Необхідно використовувати реле для керування високою напругою за допомогою низької напруги, підключивши його до контролера. Таким чином, можна керувати будь-яким пристроєм, підключивши контролер із релейним модулем. Єдину плату реле можна використовувати для увімкнення/вимкнення пристроїв, зберігаючи їх ізольованими від контролера[26].



Рисунок 4.3 – Модуль реле для пожежної системи

3. Замикаючі механізми: замикач - це перемикач з електричним керуванням, який використовується для перемикання силового кола. Замикач зазвичай управляється схемою, яка має набагато нижчий рівень потужності, ніж комутувана схема. Коли реле використовується для перемикання великої кількості електроенергії через контакти, воно позначається спеціальною назвою: замикач. Замикачі зазвичай мають кілька контактів, і ці контакти зазвичай (але не завжди) нормально розімкнені, так що живлення навантаження відключається, коли котушка знеструмлена. Мабуть, найпоширенішим промисловим застосуванням замикачів є керування електрикою. У цьому випадку потрібно використовувати тристоронній замикач на 380 В, пов'язаний з реле, для керування водяним насосом 220 для гасіння пожежі при появі сигналу диму.



Рисунок 4.4 – Замикач пожежної системи на 380 В

4. Водяний насос: можна використовувати насос AD 1000D, який широко використовується в системах пожежогасіння для обмеження поширення вогню та гасіння пожежі. особливості:

- професійний виробник занурювальних насосів;
- самовсмоктуючий струменевий насос;
- відцентрові насоси;
- насос дизельного двигуна;
- Захисні циркуляційні насоси, а також автоматичний насос, що підкачує.



Рисунок 4.5 – Водяний насос пожежної системи

Для керування насосом потрібно підключити контролер до релейного модуля, який з'єднаний з замикачем. При надходженні сигналу про пожежу вихідне значення контакту стане високим і водяний насос почне працювати.

4.1.2 Конфігурація веб-сервера

Щоб створити веб-сервер з використанням контролера, його код повинен бути включений до основного коду, при включенні він буде генерувати веб-сторінку. Доступ до сторінки здійснюється через її IP-адресу за допомогою звичайного веб-браузера. У цьому випадку IP-адреса 192.168.43.188.

4.2 Система управління освітленням у приміщенні

4.2.1 Структура системи управління освітленням

Як показано на рис. 4.6, інтелектуальна система освітлення переважно складається з чотирьох частин, включаючи шлюз IoT, світлодіодні індикатори з елементами управління драйвером, панель управління та групи датчиків, а також хмарна платформа. Як основний пристрій ближньої системи шлюз IoT, також відомий як туманний вузол, має певну обчислювальну ємність і об'єм пам'яті. Це міст між кінцевими пристроями та хмарною платформою, що відповідає за передачу повідомлень та керування кінцевими пристроями. Одна класна кімната, як правило, обладнана одним шлюзом IoT. У цій конструкції кожен набір освітлювальних приладів включає управління драйвером світлодіода і до чотирьох світлодіодних світильників. Кожен світлодіодний світильник підтримує регулювання яскравості за допомогою ШІМ (широтно-імпульсної модуляції). З метою економії засобів керування одним драйвером світлодіода зазвичай призначається однією зоною, де потрібне ізольоване керування освітленням. Наприклад, зображення класної кімнати на Малюнку 2 показує типову конфігурацію з чотирма світлодіодними елементами управління драйвером,

що відповідають чотирьом зонам відповідно, включаючи одну зону з двома або трьома світильниками шкільної дошки та три студентські зони (передню, середню та задню) з трьома світильниками кожній зоні[27].

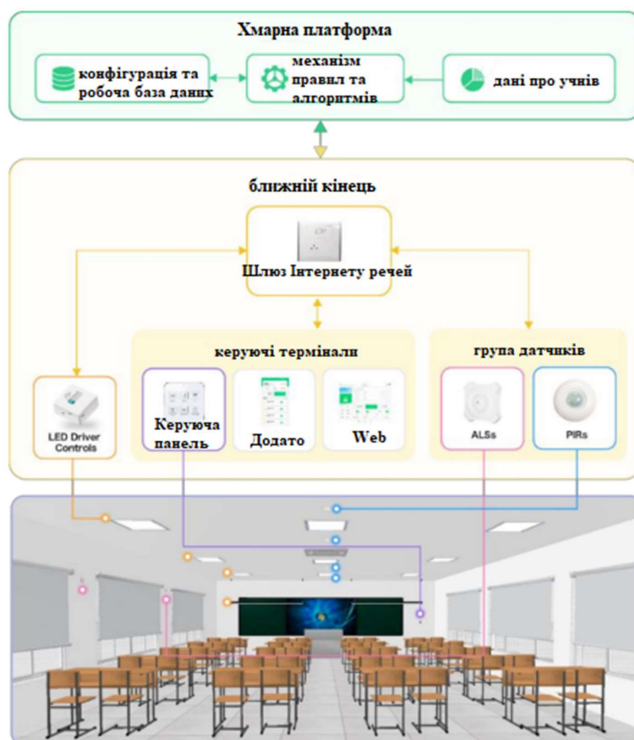


Рисунок 4.6 – Структура системи освітлення

Панель управління є фізичною сенсорною панеллю з декількома функціональними кнопками. Панель керування пропонує користувачеві зручний та швидкий спосіб керування системою освітлення, включаючи увімкнення/вимкнення всіх джерел світла, увімкнення/вимкнення зон та перемикання сценаріїв. Крім того, розташування кнопок та функціональну карту панелі керування можна настроїти відповідно до вимог користувача. Досліджено два типи панелі керування, показані на рис. 4.7, які можуть бути

розроблені з урахуванням переваг користувачів. Кнопка із п'ятьма сенсорними кнопками призначена для перемикавання по зонах. Інший перемикач із шістьма сенсорними кнопками призначений для перемикавання сцен.



Рисунок 4.7 – Панель керування системою освітлення

Група датчиків являє собою комбінацію датчика зовнішнього освітлення та/або пасивного інфрачервоного датчика, розподілених в одній зоні класної кімнати. Комбінація датчика зовнішнього освітлення використовується для вимірювання рівня освітленості у зоні, а пасивний інфрачервоний датчик виявляє рух у зоні. Інтегруючи інформацію від кількох груп датчиків, система може визначати розподіл освітленості та зайнятість у приміщенні. Хмарна платформа взаємодіє зі шлюзами Інтернету речей через Wi-Fi. Хмарна платформа може дистанційно керувати світлодіодними приводами та іншими модулями та контролювати їх через шлюз Інтернету речей у приміщенні. Інші функції системного рівня, такі як конфігурація системи, управління системою, моніторинг системи, зберігання та аналіз даних також надаються хмарною платформою. Примітно, що найближчі кінцеві пристрої у приміщенні можуть бути спроектовані як автономна локальна зіркоподібна мережа RF2.4G (радіочастота 2,4 ГГц). Шлюз Інтернету - це центральний вузол зіркоподібної топології, яка є копією конфігурації приміщення, в нашому випадку класної кімнати. Це означає, що шлюз IoT може незалежно керувати системою освітлення, навіть якщо

з'єднання з хмарною платформою втрачено. Така конструкція забезпечує надійність системи. Втрата підключення до Інтернету вплине лише на кілька некритичних функцій, таких як оновлення конфігурації, завантаження даних датчиків та віддалене керування через Інтернет.

4.2.2 Проектування та реалізація обладнання

На рис. 4.8 показані блок-схема та друкована плата IoT-шлюзу. Основні компоненти включають 32-бітний MCU (мікроконтролерний блок) із вбудованим Wi-Fi, модуль RF2.4G, 4-позиційне реле та модуль живлення змінного струму в постійний. Подробиці можна знайти в табл. 4.1. Кожен метод реле управляє ланцюгом освітлення однієї зони. Крім того, шлюз пропонує чотири порти GPIO (універсальне введення/виведення), які можна використовувати для підключення зовнішніх фізичних комутаторів. У цьому проекті передбачено план дій у надзвичайних ситуаціях. Користувач може використовувати фізичні перемикачі для увімкнення/вимкнення освітлення кожної зони, навіть коли локальна мережа RF2.4G не працює[28].

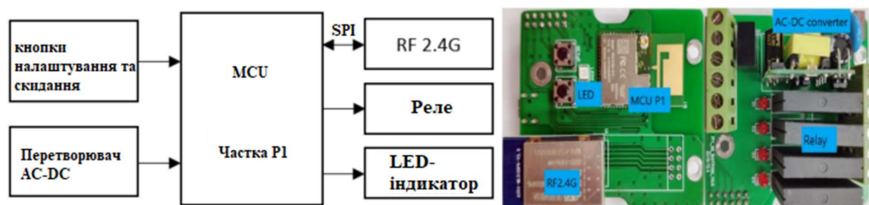






Рисунок 4.8 – Блочна діаграма системи освітлення

Таблиця 4. 1 – Характеристики комплектуючих системи освітлення

Type	Component Model	Picture	Description
MCU	Particle P1		STM32 120 Mhz ARM Cortex M3 Broadcom BCM43362 Wi-Fi chip 1 M flash, 128 K RAM
RF2.4G	nRF24L01P		SPI Distance 20 m Power 20 dBm 100 mw
Relay	G3MB-202P		4-way electric current 2A
Power	NJ02-AXXL		AC220 V to DC5 V 400 mA

4.2.3 Розробка та впровадження програмного забезпечення

Як показано на рис. 4.9, вбудоване програмне забезпечення шлюзу Інтернету речей складається з трьох основних модулів: одного базового процесора та двох процесорів повідомлень. Локальний процесор повідомлень відповідає за обмін повідомленнями в локальній мережі RF2.4G, а хмарний процесор повідомлень відповідає за зв'язок із хмарною платформою. Базовий процесор переважно містить модуль управління вузлами, модуль бізнес-логіки, модуль конфігурації та модуль журналу. Модуль управління вузлами спостерігає за реєстрацією, керуванням присутністю та моніторингом підвузлів на ближньому кінці в реальному часі. Як основний компонент основного процесора модуль бізнес-логіки управляє процедурами бізнес-логіки, такими як перемикання сценаріїв, зіставлення правил та автоматизація. Модуль конфігурації керує налаштуваннями шлюзу і при необхідності синхронізує локальну конфігурацію з хмарною платформою. Модуль журналу записує робочий журнал шлюзу, який можна використовувати для системних попереджень та усунення несправностей.

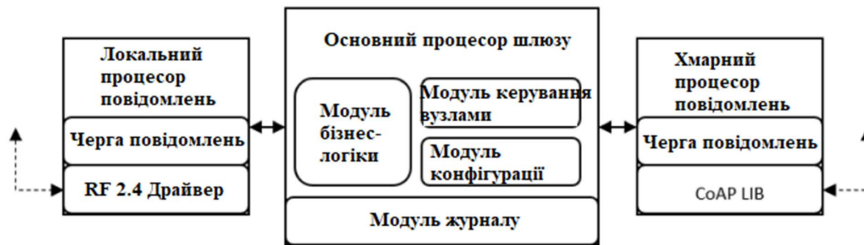


Рисунок 4.9 – Програмне забезпечення системи освітлення

Вбудована програма, що працює на мікроконтролері STM8 управління драйвером світлодіода, в основному включає модуль реєстрації, процесор повідомлень і модуль затемнення. Як показано на рис. 4.10, для захисту зв'язку елемент керування драйвером світлодіода повинен зареєструватися на шлюзі IoT та отримати маркер, перш ніж будь-яке робоче повідомлення зможе пройти. Процесор повідомлень приймає та аналізує команди управління та повідомляє про стан світлодіодного світильника. Модуль димування перетворює команди управління на керуючі сигнали ШІМ для управління рівнем освітленості та світлодіодного світильника[29].

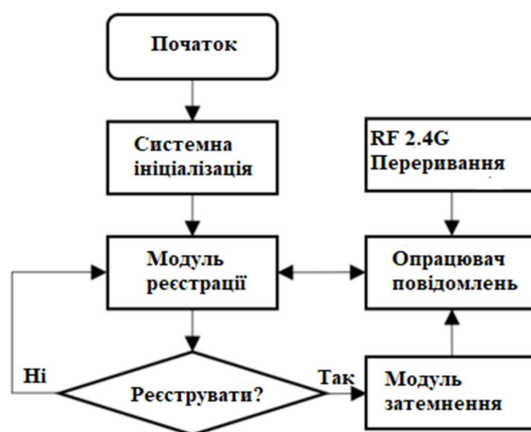


Рисунок 4.10 – Блок-схема роботи системи освітлення

4.3 Управління системою HVAC

4.3.1 Загальна архітектура

На рис. 4.11 представлено загальну архітектуру, яка використовується для оцінки запропонованих планувальників енергоспоживання у контексті Інтернету речей. Він складається з наступних елементів:

- набір модулів HVAC;
- набір виконавчих механізмів, що управляють модулями HVAC;
- WSN, який відправляє на шлюз вимірювання температури та споживання енергії;
- шлюз (GW), який включає запропоновані методи планування енергоспоживання та підключає локальну мережу до Інтернету. Тобто він містить веб-сервер та базу даних для зберігання даних, отриманих у GW від WSN або з Інтернету;
- вбудований IP-пристрій (наприклад, планшет або смартфон) з інтерфейсом для взаємодії з планувальником енергоспоживання HVAC. Він також відображає температуру та споживання енергії у будівлі, виміряні WSN.



Рисунок 4.11 – Загальна архітектура планувальника енергоспоживання HVAC у контексті Інтернету речей

Функціональні можливості та потік інформації пропонованої архітектури пояснюються наступним чином. Температура вимірюється у кількох місцях за допомогою WSN. Потім виміри періодично відправляються на шлюз, де реалізується алгоритм планування енергії. Цей алгоритм вибирає комбінацію активних модулів HVAC, яка мінімізує витрати на енергію для заданих обмежень комфорту та ціни на енергію протягом певного періоду часу. Ці рішення відправляються за допомогою команд оболонки програмованих пристроїв захисту від перенапруги (виконавчих механізмів), які приводять у дію модулі HVAC. Модулі HVAC змінюють температуру в приміщенні відповідно до рішень, прийнятих планувальником енергоспоживання. Крім того, на шлюзі розміщується база даних для зберігання вимірювань температури та споживання енергії. Доступ до цих вимірів може отримати віддалений користувач Інтернету. Зокрема, вони відображаються на IP-пристрої користувача, оскільки шлюз реалізує веб-сервер, який керує обміном даними між віддаленим користувачем та локальною базою даних. Це більш детально проілюстровано малюнку 2, де

показані зв'язки між найважливішими блоками. Крім того, користувачі можуть взаємодіяти з планувальником енергоспоживання через свої IP-пристрої, встановлюючи верхню та нижню межі температури комфорту.

4.3.2 Системна модель

Системна модель для запропонованого планувальника енергії HVAC зображена докладніше на рис. 4.12. Зокрема, планувальник енергії реалізований всередині шлюзу і взаємодіє з наступними модулями. По-перше, WSN, що складається з сенсорних вузлів S_i , $1 \leq i \leq M$, які вимірюють температуру і передають вимірювання планувальнику енергії через приймальний вузол WSN. По-друге, набір K модулів HVAC, які управляються планувальником енергії через набір виконавчих механізмів A_k , $1 \leq k \leq K$. Більше того, вхідні дані, які потрібні планувальнику енергоспоживання, описані нижче:

- Вимірювання, зроблені вузлами WSN. Для кожного часового інтервалу N вимірювань виконується кожним вузлом, коли задана конфігурація модулів HVAC увімкнена. Ці вимірювання позначаються $T_{mj} i (n)$ (як показано чорною кривою на малюнку 4), де $1 \leq i \leq M$ позначає i -й вузол, а 1 повітря.
- Функція вартості енергії $C(L(sj))$, яка вказується постачальником енергії та залежить від тарифу розумного ціноутворення. $(L(sj))$ можна моделювати як квадратичну функцію:

$$C(L(sj)) = p_1(L(sj))^2 + p_2 L(sj) + p_3, \quad (4.1)$$

де p_1 , p_2 та p_3 - параметри, які постачальник може динамічно змінювати у часі. Крім того, (sj) означає споживання енергії користувачем для s_j комбінації включених модулів HVAC. Щоб описати вираз для $L(sj)$,

визначимо $P \in RK \times 2K$ матрицю, яка містить у своєму j -му стовпці енергоспоживання кожного модуля HVAC для j -ї комбінації включених/вимкнених модулів.

Наприклад, при $K = 3$ матриця P має вигляд

$$P = \begin{pmatrix} 0 & x_1 & 0 & 0 & x_1 & x_1 & 0 & x_1 \\ 0 & 0 & x_2 & 0 & x_2 & 0 & x_2 & x_2 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & 0 & x_3 & x_3 & x_3 \end{pmatrix}.$$

Крім того, sj - це вектор усіх нулів, крім j -ї позиції, яка має значення 1. Отже, Psj вибирає споживання енергії, що відноситься до j -ї комбінації включених систем опалення, вентиляції та кондиціонування, а $1T(Psj)$, що стосується цієї комбінації, де 1 вектор одиниць довжини $2K$. Отже, загальне споживання енергії за цей період часу, що позначається $L(sj)$, може бути виражене як:

$$L(sj) = L0 + 1T(Psj), \quad (4.2)$$

де $L0$ - накопичене споживання, а $1T(Psj)$ - споживання у поточному рішенні тимчасового інтервалу.

Обмеження температури комфорту, що надаються користувачем. Для планувальника енергоспоживання, це відповідає мінімальній та максимальній допустимим температурам в i -му місці кімнати, які позначаються $\min i$ та $\max i$ з $1 \leq i \leq M$, відповідно, користувач може вказати бажаний комфорт у M різних місцях. Для планувальника енергоспоживання, комфорт визначається цільовими температурами Tu_i , $1 \leq i \leq M$, яких користувач хотів би досягти в різних M місцях кімнати, хоча вони можуть дозволити деяке розслаблення щоб ще більше знизити споживання енергії.

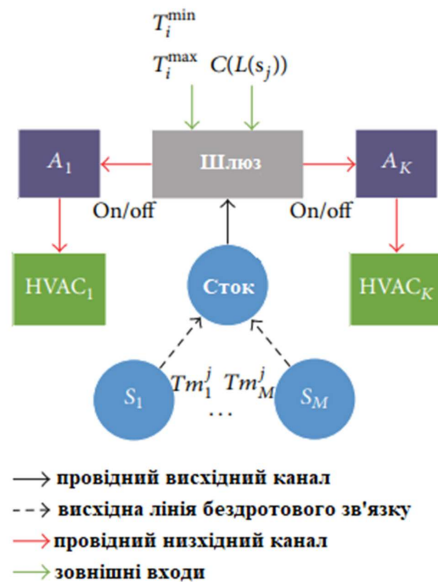


Рисунок 4.12 – Системна модель управління показниками HVAC

Система працює на часовій основі. Наприкінці кожного часового інтервалу («поточний час» на рис. 4.13) планувальник енергоспоживання має ухвалити нове рішення. Тобто він повинен вирішити, які модулі HVAC, позначені $HVAC_k$ будуть активні протягом наступного часового інтервалу. Щоб ухвалити це рішення, планувальник енергоспоживання повинен спрогнозувати, яка температура буде викликана кожною конфігурацією систем опалення, вентиляції та кондиціювання повітря. Оскільки є n модулів HVAC, і ми припускаємо, що вони або включені, або вимкнені, це відповідає прогнозованим 2^n кривим температури, як показано на рис. 4.13. Ці прогнозовані температури позначені як $T_{m_i}^j$ ($T_{m_i}^j$), де i , j у випадку $T_{m_i}^j$ ($T_{m_i}^j$), поясненому вище. Нарешті, з одного боку, DES-CC вибирає конфігурацію HVAC, яка мінімізує витрати на споживання енергії $C(L(s_j))$ у межах комфорту, тобто $T_{min} \leq T_i \leq T_{max}$ (T_i) CCR вибирає конфігурацію

HVAC, яка оптимізує компроміс між наближенням до комфортних температур T_{i}^{\min} , T_{i}^{\max} та економією енергії[30].

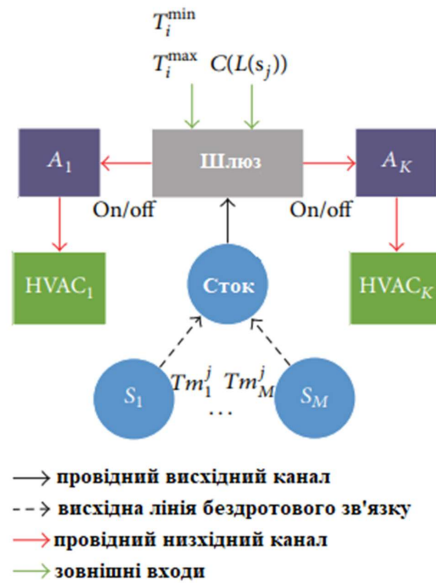


Рисунок 4.13 – Прогнозування температури у приміщенні

4.4 Управління приміщеннями за допомогою ІКТ в енергетичному секторі

4.4.1 Характеристики датчиків

Досліджено багато систем IoT задля досягнення відчутної економії енергії. В роботі досліджено здійснення кількох інтелектуальних технологій для досягнення енергоефективності, включаючи інтелектуальне управління HVAC, освітлення, потужні прилади та циркуляцію гарячої води. Кожен із

цих процесів може запускатися дистанційно і, таким чином, може застосовуватись у системі управління енергоспоживанням IoT. Досліджено можливі діапазони економії енергії, доступні для низки датчиків Інтернету речей у приміщеннях. Датчики сильно розрізняються як за функціями, так і згортою, починаючи від датчиків наближення, що передають дискретні логічні числа, до датчиків якості повітря, які збирають різні набори точок даних і передають їх у вигляді аналогових чисел. Коли ці датчики працюють разом з іншими інтелектуальними технологіями, можуть розширюватися від підвищення енергоефективності окремого процесу до розгортання інтелектуального приміщення з енергонезалежністю. Діапазон реалізованої економії енергії також варіюється. У табл. 4.2 наведено різні датчики, пов'язані з ними інтелектуальні технології і можлива економія. Наприклад, модернізація одного аспекту використання енергії у приміщенні могла б заощадити 5–15% енергії, яка в іншому випадку знадобилася б, тоді як інтелектуальні приміщення з такою енергонезалежністю могли б забезпечити економію до 50%.

Таблиця 4.2 – Передбачуване зниження енергії для різних датчиків

Система	Технологія	Зниження енергії
Аналітика	Хмарна енергетична інформаційна система	5–10% усієї будівлі
Автоматизація будівель	Система автоматизації будівель	10–25% усієї будівлі
Освітлення	Розширене керування освітленням	45%
Освітлення	Веб-система керування освітленням	20-30% зниження контролю
Затінення вікон	Автоматична система затемнення	21–38%
Затінення вікон	Смарт-скло	20–30%
Затінення вікон	Плівка, що переключається	32–43%

4.4.2 Методи контролю

Методи прогнозного контролю здебільшого призначені для прогнозування використання енергії з використанням низки параметрів, включаючи профілі використання енергії, місцеву погоду та поведінку людини. Ключовий висновок для побудови алгоритмів прогнозування полягає в тому, що, хоча миттєве споживання енергії або зовнішня погода можуть змінюватися, загальні тенденції в даних Фактично, такий аналіз на основі часу можна розширити на більш тривалі періоди часу. Дані, що належать до клімату, можуть бути зіставлені протягом тривалого часу, щоб прогнозувати погодні умови на більш тривалий термін. Хоча передбачити погодні умови складно, щотижневі або щомісячні тренди, зібрані за кілька років, легше отримувати та аналізувати, а також обчислювати середні значення як основу для майбутніх прогнозів. Передбачається, що корисно мати середні статистичні дані про погоду за минулі періоди як довідкову інформацію для аналізу. Можна використовувати різні підходи для аналізу та об'єднання даних з метою мінімізації помилок та викидів. Ці методи включають розширені підходи до статистичного моделювання, такі як множинна лінійна регресія, адаптивна лінійна фільтрація, нормалізований метод найменших середніх квадратів, метод рекурсивний найменших квадратів і моделі суміші Гауса. Ефективність кожного з цих методів відрізняється і залежить від використовуваної програми. Інформація, отримана з точним набором даних, можна використовуватиме розробки алгоритмів управління енергією. Зокрема, в області опалення та охолодження дані можуть бути використані для встановлення стандартів температури (і споживання енергії), які система має намагатися підтримувати. Однак це може коливатись залежно від конкретних умов. Зазвичай використовується

мертва зона 4-6 ° C; тому, якщо температура коливається всередині цієї мертвої зони, системи опалення/охолодження не включатимуться і вимикатимуться. Досліджено запатентований алгоритмічний метод DeepHare, який використовує дані, що відстежуються камерами, підключеними через Wi-Fi, датчиками наближення та акселерометрами, підключеними до мобільних пристроїв для визначення рутинних дій людини. Зібраний набір даних може бути оброблений за допомогою мережі вилучення, званої Autoencoder Longterm Recurrent Convolutional Network. Шаблони, визначені в цій мережі, містять як прямі дані, що записуються датчиками, так і дані, отримані шляхом декодування декількох тактових серій даних як єдина точка даних, яка потім оцінюється.

4.4.2 Архітектура та мережа

За останні два десятиліття було створено безліч мережевих архітектур, які перевіряють безпеку та забезпечують точний зв'язок між пристроями та контролерами. Перевага полягає в тому, що багато цих мережевих архітектур і протоколів залишаються актуальними і сьогодні. Нижче наведено кілька дослідницьких прикладів, що підтверджують застосування існуючих протоколів. Кожен вузол у бездротовій сенсорній мережі (WSN) пов'язаний через сервер, передаючи дані безпосередньо на сервер додатків IoT, а чи не через локальний модем. Потім модулі HVAC, керовані виконавчими механізмами, підключаються до відповідних датчиків. Повна архітектура складалася з багатьох блоків HVAC; виконавчих механізмів, що управляють установками HVAC; WSN, який передає вимірювані значення температури та споживання енергії на шлюз; шлюз (GW), який об'єднує підходи до планування енергоспоживання та пов'язує локальну мережу з Інтернетом (а саме він включає веб-сервер і базу даних для збору даних, отриманих у GW з WSN або Інтернету) та вбудована IP-машина (наприклад, смартфон або

планшет), що дозволяє користувачам взаємодіяти з планувальником енергоспоживання HVAC. Оперативність та потік інформації для оптимізації температури та споживання енергії описуються наступним чином. Температура вимірюється у різних положеннях за допомогою WSN. Ці величини регулярно передаються у шлюз, де застосовується алгоритм планування енергії. Пізніше буде обрано компонування працюючих блоків HVAC, що мінімізує витрати на енергію для певних обмежень комфорту та ціни на енергію протягом певного періоду часу. Ці результати передаються через команди оболонки програмованих пристроїв захисту від перенапруги (виконавчих механізмів), які запускають блоки HVAC, тим самим регулюючи фактичну температуру в приміщенні. Як згадувалося раніше, на шлюзі розміщується база даних для зберігання вимірювань температури та споживання енергії. Нарешті, ці вимірювання можуть бути отримані та переглянуті авторизованим користувачем віддалено в Інтернеті, використовуючи веб-сервер шлюзу для обробки даних та комунікаційних процесів у віддаленому споживачі та базі даних на місці. Користувачам також може бути дозволено взаємодіяти з додатком планувальника енергоспоживання, регулюючи кімнатну температуру для їх комфорту та зручності, хоч і в межах заздалегідь визначених верхньої та нижньої меж температури. Існує мережа речей (TTN), яка є повністю відкритим протоколом з відкритим вихідним кодом для додатків Інтернету речей[31]. TTN дозволяє встановлювати з'єднання між простими апаратними пристроями (наприклад, ті, які працюють з Arduino або Raspberry Pi як центральний контролер) і безпечними та надійними програмними пакетами. Цей стабільний програмний пакет допускає перетворення найпростіших мікроконтролерів у надійний шлюз, збирає дані датчиків безпосередньо з мікроконтролера та спрямовує отримані результати назад у мікроконтролер для активації. Використання централізованої алгоритмічної служби є основою стабільності системи IoT, оскільки базовий код записується для самого мікроконтролера. Зв'язок у цій архітектурі IoT, тобто між

контролерами та пристроями, керується через звичайну мережу Wi-Fi з використанням TCP/IP, як показано на рис. 4.14.

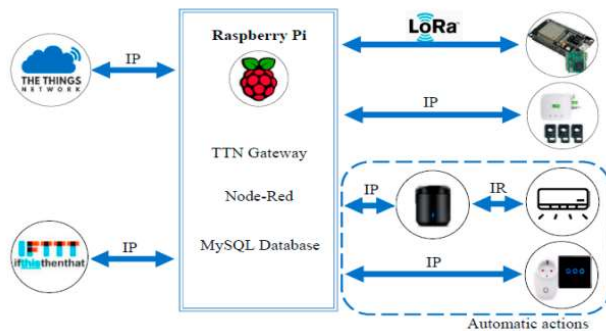


Рисунок 4.14 – Системна архітектура на основі The Things Network

Висновки до розділу 4

У цьому розділі досліджено найнеобхідніші сфери системи управління приміщеннями у закладі. Досліджено, що кожна сфера перш за все має фінансові переваги, особливо що стосується освітлення, опалення, вентиляції. Головні апаратні компоненти систем – керуючий мікроконтроллер та датчики, а також обов’язкова передача даних за допомогою бездротового зв’язку. Впровадження сучасної пожежної системи з використанням ІКТ у заклад освіти значно полегшить безпеку у приміщеннях.

ВИСНОВКИ

Основні висновки цього дослідження полягають у наступному:

Підтверджується можливість застосування ІКТ на вирішення завдання управління приміщеннями. Кожен з процесів у будівлі, такий як HVAC, освітлення, циркуляція води і т. д., може керуватися дистанційно, і показано, що такі рішення ІКТ приносять значні вигоди, що піддаються кількісній оцінці.

З огляду на безліч датчиків, які зараз розкидані по приміщеннях, очевидно, що живлення датчиків є складним завданням. Тому досліджено ряд варіантів енергопостачання від традиційнішого живлення через Ethernet до вилучення відновлюваної енергії в мікромасштабі. Через обмеження віддаленого бездротового зв'язку та низького енергоспоживання рекомендується використовувати датчики з невеликими можливостями обробки даних; складні обчислення та постобробка можуть бути перенесені на контролери з додатковим стаціонарним джерелом живлення. Для оптимізації енергоефективності може знадобитися як прогнозний, і адаптивний підхід. Методи прогнозування мають вирішальне значення отримання більш точного профілю типового споживання енергії, тоді як адаптивні методи необхідні крайових ситуацій, у яких розрахункова структура енергії неточна у межах заданої границі. _

Перевага полягає в тому, що ряд встановлених протоколів зв'язку, як і раніше, застосовується для систем керування приміщеннями за допомогою ІКТ (наприклад, Bluetooth, LoRaWAN (Long-Range Long-Power Wide Area Network), Wi-Fi, ZigBee або Z-Wave). У пізніших моделях досліджуються багаторівневі архітектури, тому кластери датчиків можуть використовувати нижчу смугу пропускання та меншу потужність для зв'язку один з одним, але підключення до центральних шлюзів матиме більш високу пропускну

здатність, звідки рішення з високою пропускнуою здатністю передають інформацію до додатків у хмарі.

Також було досліджено, що за допомогою ІКТ вирішуються активні проблеми, що перешкоджають великомасштабному розгортанню цих систем. Насамперед проблема полягає у безпеці даних, які системи збирають та зберігають. Компроміс, який необхідно зберегти в умовах приватної безпеки та ефективності системи, встановлюється на основі кожного окремого середовища. Ризик порушення правил безпеки в приміщеннях є значним. Дуже складна система безпеки та шифрування може знизити ефективність системи, оскільки обчислювальні потужності більшості невеликих та ізольованих платформ загалом обмежені. Нові технології, такі як блокчейн і машинне навчання, відкривають великі перспективи і також аналізуються (поряд з більш традиційними процедурами і додатками безпеки).

Необхідно знайти компроміс між вимогами до живлення, стабільністю підключення, керуванням розгортанням датчиків та міркуваннями безпеки/конфіденційності. Комплексні пропріетарні рішення від провідних ІТ-компаній пропонують простоту використання, швидку установку та доступ до «кращої у своєму класі» аналітики. Тим не менш, ці переваги мають свою ціну, оскільки звичайні люди втрачають право власності на свої дані та можуть зіткнутися з великими витратами на переключення у майбутньому.

Не обов'язково знайти «найкращу» систему керування приміщеннями, що особливо застосовується для зниження енергоспоживання в будинках. Це пов'язано з тим, що кожна програма адаптується до характеристик і розташування будівлі, а також до цілей програми. Тому складно порівнювати вартість і складність установки таких додатків. Однак, якщо ціна та складність системи не важливі, то кожен із перших чотирьох типів додатків можна використовувати разом, наприклад, для максимальної економії енергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lee, H.; Kim, M. The Internet of Things in a Smart Connected World; IntechOpen: London, UK, 2018; pp. 91–104.
2. Khajenasiri, I.; Estebsari, A.; Verhelst, M.; Gielen, G. A Review on Internet of Things solutions for intelligent energy control in buildings for smart city applications. *Energy Procedia* 2017, 11, 770–779.
3. Global Internet of Things (IoT) Device Market, Forecast to 2024. 2018. Available online: <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/11/06/1942391/0/en/Global-Internet-of-Things-IoT-Security-Market-Outlook-and-Forecast-to-2024-A-6-Billion-Industry-Opportunity.html> (accessed on 16 March 2021).
4. Dasgupta, A.; Gill, A.Q.; Hussain, F. Privacy of IoT-Enabled Smart Home Systems, Internet of Things (IoT) for Automated and Smart Applications. IntechOpen. 20 February 2019. Available online: <https://www.intechopen.com/books/internet-of-thingsiot-for-automated-and-smart-applications/privacy-of-iot-enabled-smart-home-systems> (accessed on 16 March 2021).
5. Mahbub, M.; Hossain, M.; Gazi, M. IoT-cognizant cloud-assisted energy efficient embedded system for indoor intelligent lighting, air quality monitoring, and ventilation. *Internet Things* 2020, 11, 1–26.
6. Ismail, Y. Introductory Chapter: Internet of Things (IoT) Importance and Its Applications; IntechOpen: London, UK, 2019; pp. 1–4.
7. Ray, P.P. A survey on Internet of Things architectures. *J. King Saud Univ. Comput. Inf. Sci.* 2018, 30, 291–319.
8. Shakerighadi, B.; Anvari-Moghaddam, A.; Vasquez, J.C.; Guerrero, J.M. Internet of Things for Modern Energy Systems: State-of-the-Art, Challenges, and Open Issues. *Energies* 2018, 11, 1252.

9. Pan, J.; Jain, R.; Paul, S.; Vu, T.; Saifullah, A.; Sha, M. An Internet of Things Framework for Smart Energy in Buildings: Designs, Prototype, and Experiments. *IEEE Internet Things J.* 2015, 2, 527–537.
10. Saleem, Y.; Crespi, N.; Rehmani, M.H.; Copeland, R. Internet of Things-Aided Smart Grid: Technologies, Architectures, Applications, Prototypes, and Future Research Directions. *IEEE Access* 2019, 7, 62962–63003.
11. Ray, P.P. A survey of IoT cloud platforms. *Futur. Comput. Inform. J.* 2016, 1, 35–46.
12. Talari, S.; Shafie-Khah, M.; Siano, P.; Loia, V.; Tommasetti, A.; Catalão, J.P.S. A Review of Smart Cities Based on the Internet of Things Concept. *Energies* 2017, 10, 421.
13. Lin, J.; Yu, W.; Zhang, N.; Yang, X.; Zhang, H.; Zhao, W. A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications. *IEEE Internet Things J.* 2017, 4, 1125–1142.
14. Srinidhi, N.; Kumar, S.D.; Venugopal, K. Network optimizations in the Internet of Things: A review. *Eng. Sci. Technol. Int. J.* 2019, 22, 1–21.
15. Dachyar, M.; Zagloel, T.Y.M.; Saragih, L.R. Knowledge growth and development: Internet of things (IoT) research, 2006–2018. *Heliyon* 2019, 5, e02264.
16. Ghasempour, A. Internet of Things in Smart Grid: Architecture, Applications, Services, Key Technologies, and Challenges. *Inventions* 2019, 4, 22.
17. Yaïci, W.; Krishnamurthy, K.; Evgueniy, E.; Longo, M. Survey of internet of things (IoT) infrastructures for building energy systems. In *Proceedings of the IEEE 2020 Global Internet of Things Summit (GIoTS)*, Dublin, Ireland, 3 June 2020.
18. Yaïci, W.; Krishnamurthy, K.; Evgueniy, E.; Longo, M. Internet of things for power and energy systems applications in buildings: An overview. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC) Conference*, Madrid, Spain, 9–12 June 2020.

19. Casini, M. Internet of Things for energy efficiency of buildings. *J. Archit. Eng.* 2015, 9, 1–5.
20. Wicaksono, H.; Aleksandrov, K.; Rogalski, S. An Intelligent System for Improving Energy Efficiency in Building Using Ontology and Building Automation Systems. *Automation* 2012, 531–549. Available online: <https://www.intechopen.com/books/automation/an-intelligent-system-for-improving-energy-efficiency-in-building-using-ontology-and-building-automa> (accessed on 16 March 2021).
21. Lork, C.; Choudhary, V.; Hassan, N.U.; Tushar, W.; Yuen, C.; Ng, B.K.K.; Wang, X.; Liu, X. An Ontology-Based Framework for Building Energy Management with IoT. *Electronics* 2019, 8, 485.
22. King, J.; Perry, C. Smart buildings: Using smart technology to save energy in existing buildings. American Council on Energy-Efficient Economy. 2017, Report A170, 1–46.
23. Png, E.; Srinivasan, S.; Bekiroglu, K.; Chaoyang, J.; Su, R.; Poolla, K. An internet of things upgrade for smart and scalable heating, ventilation and air-conditioning control in commercial buildings. *Appl. Energy* 2019, 239, 408–424.
24. Prauzek, M.; Konecny, J.; Borova, M.; Janosova, K.; Hlavica, J.; Musilek, P. Energy harvesting sources, storage devices and system topologies for environmental wireless sensor networks: A review. *Sensors* 2018, 18, 2446.
25. Gawali, S.K.; Deshmukh, M.K. Energy Autonomy in IoT Technologies. *Energy Procedia* 2019, 156, 222–226.
26. Curry, J.; Harris, N. Powering the Environmental Internet of Things. *Sensors* 2019, 19, 1940. [CrossRef]
27. Matsui, K.; Yamagata, Y.; Kawakubo, S. Real-time sensing in residential area using IoT technology for finding usage patterns to suggest action plan to conserve energy. *Energy Procedia* 2019, 158, 6438–6445.
28. Marinakis, V.; Doukas, H.; Spiliotis, E.; Papastamatiou, I. Decision support for intelligent energy management in buildings using the thermal comfort model. *Int. J. Comput. Intell. Syst.* 2017, 11, 882–893.

29. Mahdavinejad, M.S.; Rezvan, M.; Barekatain, M.; Adibi, P.; Barnaghi, P.; Sheth, A.P. Machine learning for internet of things data analysis: A survey. *Digit. Commun. Netw.* 2018, 4, 161–175.
30. Mataloto, B.; Ferreira, J.C.; Cruz, N. LoBEMS—IOT for Building and Energy.
31. Zou, H.; Zhou, Y.; Yang, J.; Spanos, C. Towards occupant activity driven smart buildings viaWiFi-enabled IoT devices and deep learning. *Energy Build.* 2018, 177, 12–22.
32. Lachhab, F.; Bakhouya, M.; Ouladsine, R.; Essaïdi, M. Towards an Intelligent Approach for Ventilation Systems Control using IoT and Big Data Technologies. *Procedia Comput. Sci.* 2018, 130, 926–931.

ДОДАТОК А.

Охорона праці та безпека при надзвичайних ситуаціях на підприємстві

А.1 Характеристика умов праці науково-дослідного відділу підприємства

Робочим приміщенням, у якому розташовано науково-дослідний відділ, є кімната розмірами 6 метрів на 3,5 метрів. У приміщенні розташовані 1 комп'ютер потужністю 0,5 кВт/год., 1 монітор потужністю 0,1 кВт/год., 1 ноутбук потужністю 0,07 кВт/год., 2 принтери потужністю 0,4 кВт/год., генератор сигналів потужністю 0,06 кВт/год., осцилограф потужністю 0,05 кВт/год., паяльна станція потужністю 0,6 кВт/год., 4 лабораторні блоки живлення потужністю 0,15 кВт/год., 1 кондиціонер потужністю 3,5 кВт/год.

Приміщення знаходиться на 6-ому поверсі адміністративного будинку цегельної будівлі та за своїх характеристик цілком відповідає вимогам СІ І і П 2.09.04 – 87 «Адміністративні і побутові будинки виробничих підприємств», а також СП 512 – 78 «Інструкція з проектування будинків і приміщень ЕОМ».

Основними шкідливими факторами, зв'язаними з роботою на ПК є:

- напруга зорових органів та пов'язане з цим стомлення, захворювання і побічні ефекти;
- значне навантаження на пальці та кисті рук, що при відсутності профілактики та медичного контролю можуть викликати професійні захворювання;
- тривале перебування в одній і тій самій позі, що викликає застійні явища в організмі, та може сприяти різним захворюванням;
- випромінювання різного виду при використанні відеомоніторів на електронно-променевих грубках (м'яке рентгенівське випромінювання, ультрафіолетове випромінювання, видиме випромінювання, інфрачервоне випромінювання, низько і високочастотне електромагнітне випромінювання,

електростатичні полючи);

– механічні шуми, що пов'язані з роботою електронно-механічного друкуючої пристрою (принтера), вентиляторів системи охолодження, приводів читання CD-дисків та вібрація; іонізація повітря;

– наявність шкідливих хімічних речовин.

Дослідження науково-дослідного інституту гігієни праці і профзахворювань вказали на зміни у функціональному стані зорового аналізатора в ході виробничої діяльності фахівців, що працюють з відеотерміналами, наприкінці 4 години роботи.

Професійні захворювання при роботі з персональним комп'ютером:

– комп'ютерний зоровий синдром. Вплив роботи з монітором зазвичай залежить від віку користувача, від стану зору, а також від інтенсивності роботи з дисплеєм та організації робочого місця. В результаті тривалої роботи дуже великий ризик появи, або прогресивності вже наявної, короткозорості.

– проблеми, що пов'язані з м'язами і суглобами. Нерухома напружена поза оператора, протягом тривалого часу прикутого до екрану монітора, призводить до втоми і виникнення болю в хребті, шиї, плечових суглобах, а також розвивається м'язова слабкість і відбувається зміна форми хребта. Інтенсивна робота з клавіатурою викликає больові відчуття в ліктьових суглобах, передпліччях, зап'ястях, в кистях і пальцях рук. Зазвичай присутні скарги на оніміння шиї, біль у плечах і попереку або поколювання в ногах. Але бувають, проте, і більш серйозні захворювання. Найбільш поширений кистьовий тунельний синдром, при якому нерви руки пошкоджуються внаслідок частой і тривалої роботи на комп'ютері. У найбільш важкій формі цей синдром проявляється у вигляді болісних відчуттів, що позбавляють людину працездатності.

– синдром комп'ютерного стресу. Постійні користувачі ПК зазвичай піддаються психологічним стресам, функціональних порушень центральної нервової системи, хвороб серцево-судинної системи.

– вплив на імунну систему. При впливі електро-магнітного випромінювання (ЕМВ) порушуються процеси імуногенезу, опромінених ЕМВ, змінюється характер інфекційного процесу – протягом інфекційного процесу обтяжується. ЕМВ можуть сприяти неспецифічному пригнічення імуногенезу, посилення утворення антитіл до тканин плоду і стимуляції аутоімунної реакції в організмі вагітної самки.

– вплив на ендокринну систему і нейрогуморальну реакцію. При дії ЕМВ, як правило, відбувається стимуляція гіпофізарно-адреналінової системи, що супроводжується збільшенням вмісту адреналіну в крові, активацією процесів згортання крові.

– вплив на статеву функцію. Порушення статевої функції зазвичай пов'язані зі зміною її регуляції з боку нервової та нейроендокринної систем.

Симптоми захворювання різноманітні і численні. Зазвичай, на відмінність єдиного симптому мало ймовірно, оскільки всі функціональні органи людини взаємопов'язані.

1. Фізичні нездужання: сонливість, непроходяча втома; головний біль після роботи; болі в нижній частині спини, в ногах, відчуття поколювання, оніміння, болі в руках; напруженість м'язів верхньої частини тулуба.

2. Захворювання очей: відчуття гострого болю, печіння, свербіння.

3. Порушення візуального сприйняття: неясність зору, яка збільшується протягом дня; виникнення подвійного зору.

4. Погіршення зосередженості і працездатності: зосередженість досягається за працюю; дратівливість під час і після роботи; повітря робочої точки на екрані; помилки при друкуванні.

A.2 Заходи щодо поліпшення умов праці

До приміщення науково-дослідного відділу й організації робочого місця з обліком шкідливих виробничих факторів пред'являється ряд вимог.

Приміщення в якому знаходиться робоче місце з ПК повинно мати природне освітлення, бажано з однобічним розміщенням світопрорізів, площа освітленості яких не повинна перевищувати 25 % від площі стіни світопрорізами. Віконні прорізи в приміщенні з ПК повинні мати регульовані жалюзі чи занавеси або інші сонцезахисні пристрої. Не допускається розташування робочих місць із ПК у підвальних і цокольних поверхах. Робочі місця з ПК рекомендується розміщати в окремих приміщеннях. Площа на одного працюючого з ПК повинна складати 6 м², об'єм – 20 м³. Неприпустиме розташування ПК, при якому працюючий звернений обличчям, або спиною до вікон чи кімнати задньої частини ПК, у яку монтуються вентилятори.

Забороняється застосовувати для обробки інтер'єра приміщень із ПК полімерні матеріали (дерев'яностружечні плити, шпалери що миються, плівкові та рулоні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик та ін.), що виділяються в повітря шкідливі хімічні речовини, що перевищують гранично допустимі концентрації, не включені в «Перелік дозволених , МЗ» 1977-1985 р.

В лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідної роботи робочі місця з ПК розташовані від стіни з вікнами на відстані 1 м, відстань між столами складає 3 м. Екрани відеомоніторів ПК знаходяться від очей користувача на відстані 700 мм відповідно до СН 512-78, приміщення ($S=21 \text{ м}^2$, $V=73,5 \text{ м}^3$) дозволяє розташовувати більше 3 робочих місця.

Робочі місця в положенні сидіння відповідають вимогам ДСТ 12.2.032 – 78 та ДСТ 12.2.029 – 77. Поверхня робочого столу знаходиться на висоті 0,75 метрів від підлоги, розміри робочої поверхні стільниці складають 1050x590 міліметрів, розміри вільного простору для ніг під столом складає висота 650, глибина 550, ширина 450 міліметрів відповідно. Робочий стілець оснащений підйомно-поворотним пристроєм, що забезпечує регуляцію висоти сидіння і спинки, пневматичним і гідравлічними амортизаторами та обладнанні підлокітниками.

Мікроклімат робочого місця. У приміщенні науково-дослідного відділу є джерела тепловиділення, тому необхідно визначити необхідні умови його вентилування. Витрату повітря в приміщенні з додатковим тепловиділенням визначаємо за формулою:

$$L = \frac{Q_{\text{НАД}}}{c \cdot p \cdot (t_B - t_H)}, \quad (\text{A.1})$$

де $Q_{\text{НАД}}$ – надлишкове виділення тепла в робочому приміщенні, ккал/год.; c – теплоємність повітря (0,237 ккал/кг); p – обсягова вага повітря (1,226 кг/м³); t_B – температура витяжного повітря (30°C); t_H – температура приточного повітря (20°C).

Розрахуємо надлишкове надходження тепла за наступною формулою:

$$Q_{\text{НАД}} = Q_{\text{УСТ}} + Q_{\text{ПЕР}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{СР}}, \quad (\text{A.2})$$

де $Q_{\text{УСТ}}$ – виділення тепла від устаткування; $Q_{\text{ПЕР}}$ – виділення тепла робітниками; $Q_{\text{ОСВ}}$ – надходження тепла від електричного освітлення; $Q_{\text{СР}}$ – надходження тепла від сонячної радіації через вікна.

Визначимо виділення тепла від устаткування за формулою:

$$Q_{\text{УСТ}} = P \cdot K_a \cdot K_o \cdot 860, \quad (\text{A.3})$$

P – сумарна потужність устаткування, кВт/год; K_a – коефіцієнт установленної потужності (0,95); K_o – коефіцієнт одночасної роботи (1,0).

$$\begin{aligned} Q_{\text{УСТ}} &= [x_1 \cdot k_1 + x_2 \cdot k_2 + x_3 \cdot k_3 + x_4 \cdot k_4 + x_5 \cdot k_5 + x_6 \cdot k_6 + x_7 \cdot k_7 + \\ &+ x_8 \cdot k_8 + x_9 \cdot k_9] \cdot K_a \cdot K_o \cdot 860 = \\ &= [1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,07 + 2 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,06 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,6 + 4 \cdot 0,15 + \\ &+ 1 \cdot 3,5] \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 860 = 5131 \text{ ккал/год.} \end{aligned}$$

Визначимо виділення тепла від обслуговуючого персоналу за допомогою наступної формули:

$$Q_{\text{ПЕР}} = n \cdot g = 2 \cdot 100 = 200 \text{ ккал/год}, \quad (\text{A.4})$$

де n – кількість працюючих; g – кількість тепла, що виділяє один працівник за годину (100 ккал/год.).

Визначимо надходження тепла від електричного освітлення за формулою:

$$Q_{\text{ОСВ}} = E_M \cdot g_1 \cdot S = 300 \cdot 0,05 \cdot 21 = 315 \text{ ккал/год}, \quad (\text{A.5})$$

де E_M – нормована освітленість для цієї зорової роботи, величина якої дорівнює 300 лк; g_1 – питоме тепловиділення на 1 м² підлоги при 1 лк освітленості (для / люмінесцентних ламп – 0,05 ккал/год.) S – площа приміщення, м².

Визначимо надходження тепла від сонячної радіації через вікна за наступною формулою:

$$Q_{\text{СР}} = F \cdot g_2 \cdot K_{\text{ОСЛ}} = 7,5 \cdot 65 \cdot 0,4 = 195 \text{ ккал/год}, \quad (\text{A.6})$$

де F – площа віконних прорізів (3х2,5=7,5 м²); g_2 – кількість тепла, що надходить через 1 м² віконного прорізу (65 ккал/год.); $K_{\text{ОСЛ}}$ – коефіцієнт ослаблення, приймаємо 0,4.

Визначимо кількість надлишкового тепла:

$$Q_{\text{НАД}} = Q_{\text{УСТ}} + Q_{\text{ПЕР}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{СР}} = 5131 + 200 + 315 + 195 = 5841 \text{ ккал/год.}$$

Визначимо витрати повітря в приміщенні:

$$L = \frac{Q_{\text{над}}}{c \cdot p \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})} = \frac{5848}{0,237 \cdot 1,226 \cdot (30 - 20)} = 2010 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Існуюча в наявності система кондиціонування і вентилявання має продуктивність 2200 куб. м./годину, що задовольняє необхідним нормативам.

Параметри мікроклімату на робочих місцях регламентуються ДНАОП 0.03.3.15 – 86 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень № 4088–86». Відповідно доданих санітарних норм температура повітря, швидкість руху повітря та відносна вологість у холодні періоди року повинна складати (22 – 24) градуса за Цельсієм, 0,1 метра в секунду та 40-60 % відповідно. При збереженні всім параметрів можливе коливання температури від 21 до 25 градусів Цельсія. У теплі періоди року температура повітря повинна складати (23 – 25) градусів Цельсія, рухливість повітря (0,1 – 0,2) метрів секунду, вологість (40 – 60) %. Температура може коливатися від 22 до 26 градусів Цельсія при збереженні всіх інших параметрів мікроклімату. Вище зазначені норми цілком відповідають фактичним даним приміщення лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідним відділом.

Розрахунок системи загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання для приміщення, в якому використовуються зорові роботи високої точності. Розміри приміщення: довжина ($a=6$ м), ширина ($b=3,5$ м), висота ($h=3,5$ м). Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття $P_{\text{стелі}} = 70 \%$, $P_{\text{стін}} = 50 \%$. Висота робочих поверхонь (столів) $h_p = 0,7$ м. Для освітлення прийнято світильники типу УПМ-15, які підвищуються до стелі, відстань від світильника до стелі $h_c = 0,4$ м.. Мінімальна освітленість за нормами $E=200$ лк.

1) Визначимо висоту підвісу світильників над підлогою

$$h_0 = H - h_c = 3,5 - 0,4 = 3,1 \text{ м.}$$

Для світильників загального освітлення з лампами розжарювання потужністю до 200 Вт мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СНІП П-4-79 повинна бути у межах (2,5 – 4,0) м, залежно від характеристики світильника. В лабораторії виміральної техніки та науково-дослідному відділу відповідає цій вимозі.

2) Визначимо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p = 3,5 - 0,4 = 2,8 \text{ м.}$$

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками (L) та висоти їх підвісу (h).

3) Визначимо рекомендовану відстань між світильниками

$$L = 0,7 \cdot h = 0,7 \cdot 2,8 = 2,0 \text{ м.}$$

4) Розрахуємо необхідну кількість світильників

$$N = \frac{a \cdot b}{L^2} = \frac{6 \cdot 3,5}{2^2} = 6.$$

Приймаємо 6 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо їх у два ряди по 3 штуки.

5) Світловий потік лампи світильника ($\Phi_{\text{л}}$) визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (\text{A.7})$$

де E – нормативна освітленість, лк; K_3 – коефіцієнт запасу, який

враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп; S – площа приміщення, що освітлюється, м^2 ; Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення для ламп розширювання (1,15); N – кількість світильників; n – кількість ламп у світильнику; η – коефіцієнт використання світлового потоку, який визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення (i) та коефіцієнтів відбиття стін та стелі.

6) Визначимо показник приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{6 \cdot 3,5}{3,5 \cdot (6 + 3,5)} = 2,21.$$

Коефіцієнт використання $\eta = 0,48$ для світильника УПМ-15 (при $i = 2,5$, $P_{\text{стелі}} = 70\%$, $P_{\text{стін}} = 50\%$)

Світловий потік одного світильника, а значить і лампи, оскільки за конструктивним виконанням у світильнику цього типу встановлена лише одна лампа, дорівнює:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 21 \cdot 1,15}{6 \cdot 1 \cdot 0,48} = 1677 \text{ лм.}$$

9) обираємо лампу Б-150 потужністю 150 Вт, світловий потік якої становить 2100 лм. Хоча це значення на 18% більше розрахованого, однак не перевищує встановлену норму ($-0\% < \Phi_{\text{л}} < +20\%$). Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні становить:

$$P_{\text{св}} = P \cdot N = 150 \cdot 6 = 900 \text{ Вт.}$$

А.3 Пожежна безпека

Найважливішою умовою роботи будь-якого підприємства є дотримання правил пожежної охорони. У приміщені лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідному відділу основні міри для забезпечення пожежної безпеки визначає «Інструкція про заходи пожежної безпеки для службових приміщень (офісів)». Вона є обов'язковою для використання всіма співробітниками відділу. У згідності з цією інструкцією, у кожному приміщенні повинний бути призначений відповідальний за пожежну безпеку, вивішена на видному місці табличка з указівкою його посади та прізвища.

Меблі й устаткування повинні розміщатися таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційний прохід до дверей виходу з приміщення (шириною не менше 1 м). Евакуаційні шляхи та виходи необхідно постійно держати вільними, нічим не захащувати. По мірі нагромадження та закінчення роботи пальні відходи варто збирати в спеціально відведених сміттєзбиральників.

Електромережі, електроприлади й апаратура повинна експлуатуватися тільки в справному стані, з урахуванням рекомендацій підприємства-виготовлювачів. У випадку виявлення ушкоджень електромереж, вимикачів, розеток та інших електровиробів варто негайно відключи їх та вжити необхідних заходів до приведення в пожежобезпечний стан. Документи папір та інші горючі матеріали варто зберігати на відстані не менш 1 м від електрощитів, електрозбірок та електрокабелів, 0,5 м від світильників та 0,25 м від приладів опалення.

Засоби протипожежного захисту (пожежні крани, пожежна й охоронно-пожежна сигналізація, первинні засоби пожежогасіння і т.п.), що мають у приміщеннях, варто тримати в справному стані.

Усі працівники повинні пройти протипожежний інструктаж, уміти користатися наявними вогнегасниками, іншими первинними засобами пожежогасіння та знати місце їхнього перебування. Відстань від найбільш

віддаленого місця приміщення до місця розміщення вогнегасника не повинне перевищувати 20 м.

А.4 Безпека при надзвичайних ситуаціях на підприємстві

Об'єктом розгляду на предмет визначення надзвичайних небезпек та їх наслідків є науково-дослідний відділ. Однією із вірогідних загроз може бути раптове виникнення пожежу внаслідок короткого замикання в електромережах або розрядів статистичної електрики, що може привести до пошкодження і руйнування будівлі, устаткування, комунікацій, виділення токсичних продуктів горіння.

Тому в науково-дослідному відділі розроблено оперативний план гасіння пожежі, який визначає порядок дії персоналу при пожежі, порядок її гасіння в електроустановках, взаємодію з власним складом пожежних підрозділів, а також застосування схем и засобів пожежогасіння з урахуванням заходів безпеки.

Будівля повинна бути обладнана мережею протипожежного водозабезпечення, установками виявлення та гасіння пожеж відповідно вимогам нормативно-технічних документів. Кожний працівник повинен чітко знати та виконувати вимоги ППБ та протипожежний режим на об'єкті, уміти користуватися наявними вогнегасниками, іншими первинними засобами пожежогасіння і знати місце їхнього перебування.

Меблі й устаткування повинні розміщатися таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційний прохід до дверей виходу з приміщення (шириною не менше 1 м). Евакуаційні шляхи і виходи необхідно постійно держати вільними, нічим не захащувати. Засоби протипожежного захисту в приміщеннях потрібні триматися у справному стані.

У випадку виявлення пожежі слід: негайно повідомити державну пожежну охорону за телефоном «101», вказати при цьому адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, своє прізвище;

повідомити про пожежу керівництву, а в нічний час черговому охоронцю; у разі можливості почати гасіння пожежі наявними засобами, організувати зустріч пожежних підрозділів.

При виникненні пожежі у початковій стадії його розвитку випромінюється тепло, накопичуються токсичні продукти згоряння, імовірні руйнування будівельних споруд. Тому слід як можна швидше провести евакуацію людей із палаючої будівлі. Показником ефективності евакуації є час, протягом якого працівники можуть при необхідності залишити окремі приміщення і будівлю в цілому. Безпека евакуації досягається тоді, коли час евакуації не перевищує час настання критичної фази розвитку пожежі, тобто часу від початку пожежі до досягнення граничних для людини впливів факторі пожежі (критичних температур, ступені задимлення, зниження концентрації кисню і т.п.). Число евакуаційних виходів повинно бути не менш двох. Вони повинні розташовуватися розосереджено. Мінімальна відстань між найбільш віддаленими один від одного евакуаційними виходами із приміщення визначається за формулою:

$$l = 1,5 \cdot \sqrt{P} = 1,5 \cdot \sqrt{19} = 6,5 \text{ м}, \quad (\text{A.8})$$

де P – периметр приміщення, м.

Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися у напрямку виходу із будівлі. У кожному приміщенні на видному місці повинен бути вивішений план евакуації при пожежі.

При пожежі обов'язково необхідно враховувати небезпечні чинники і механізм їх дії на людину. При виникненні пожежі, після виклику пожежної охорони, необхідно попередити про це усіх, хто знаходиться поруч, після чого евакуюватися самому і по можливості допомогти евакуюватися іншим, особливо особам літнього віку і дітям, попереджаючи при цьому виникнення паніки. З метою обмеження циркуляції повітря, яке здатне збільшувати швидкість горіння, покидаючи приміщення, закрийте за собою усі двері,

якщо це можливо. Якщо пожежа виникла в приміщенні над вами і безпосередньої загрози для вас не спостерігається, то бажано виконати заходи по зниженню можливих втрат від води яку проливають при гасінні пожежі. Для цього необхідно відключити всі електроприводи та прикрити їх поліетиленовою плівкою. Значно гірше, якщо пожежа виникла в приміщенні під вами – потрібно оцінити обстановку и якщо є впевненість, що ще не має сильної задимленості з високою температурою, потрібно негайно покинути приміщення, рухаючись до виходу по коридорам і сходовим кліткам. Користуватися ліфтом категорично забороняється, за винятком ліфтів, які спеціально призначені для транспортування пожежної охорони. Шахта ліфта є шляхом для поширення диму і отруйних продуктів горіння, до того ж при пожежі ліфт часто відключають і можна опинитися в пастці при пожежі.

Якщо ви знаходитесь в приміщенні де немає пожежі, але відрізани вогнем, димом, високою температурою від головних шляхів евакуації, то в першу чергу необхідно заважити доступу диму и продуктів горіння в це приміщення. Для чого необхідно негайно закрити усі щілини у дверях та під ними змоченими водою ганчірками, рушниками, робочими халатами та ін. Якщо приміщення все ж заповнено димом, необхідно підповзти до вікна, закрити при цьому рот та ніс змоченою тканиною, яка грає роль фільтру та в певної мірі захищає від продуктів горіння.