

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський національний університет
імені В.І. Вернадського
Навчально-науковий інститут муніципального управління
та міського господарства
Кафедра інженерних систем та технологій

На правах рукопису

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

СИСТЕМА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ АВТОМАТИКИ ДЛЯ КЕРУВАННЯ
ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ СУЧАСНОЇ БУДІВЛІ

Здобувача вищої освіти
Джулая Олександра Анатолійовича
Освітня програма
«Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології»
(Спеціальність
174 «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка»)

(підпис)

Науковий керівник:
ст.викл. Фуртат О.В.

(підпис)

Національна шкала _____
Кількість балів _____
Оцінка: ECTS

Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського
Навчально-науковий інститут муніципального управління
та міського господарства
Кафедра Інженерних систем та технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри
Наталія ОМЕЦИНСЬКА
«___» _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Джулая Олександра Анатолійовича

1. Тема роботи: Система інтелектуальної автоматики для керування інженерними системами сучасної будівлі

керівник роботи: ст.викл. Фуртат О.В.

затверджені Наказом ТНУ імені В.І Вернадського:
від «7» листопада 2025 № 138/1-ОД

2. Строк подання студентом роботи: 25.11.2025

3. Вихідні дані до роботи: Розумний будинок, технології безпроводових мереж: ZigBee, Z-Wave, Bluetooth, Wi-Fi, MiWi, W-USD, ANT.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Аналіз технологій бездротового доступу; Обґрунтування сенсорної інфраструктури; Опис та проектування основних систем; Опрацювати питання охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу: графічна робота виконана у вигляді мультимедійної презентації

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	старший викладач Олена ФУРТАТ		
Розділ 2	старший викладач Олена ФУРТАТ		
Розділ 3	старший викладач Олена ФУРТАТ		
Розділ 4	старший викладач Олена ФУРТАТ		

7. Дата видачі завдання _____ 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Заключний документ етапу
1	Вибір теми бакалаврської роботи, призначення керівника	до 31.10.2025	Затвердження переліку тем бакалаврських робіт
2	Пошук і відбір літератури по темі роботи, складання плану бакалаврської роботи	до 14.12.2025	Список літературних джерел, план роботи
3	Визначення об'єкта, предмета, мети, завдань та методів дослідження, написання вступу до теми бакалаврського дослідження	до 25.01.2026	Текст вступу
4	Написання тексту бакалаврської роботи відповідно до її структури:	26.01.2026-17.05.2026	Текст розділів
	4.1 I розділ	26.01.2026-6.03.2026	Текст розділу
	4.2 II розділ	9.03.2026-27.03.2026	Текст розділу
	4.3 III розділ	30.03.2026-17.04.2026	Текст розділу
	4.4 IV розділ	20.04.2026-8.05.2026	
5	Підготовка графічних матеріалів чи іншого унаочнення	11.05.2026-15.05.2026	Роздатковий матеріал, презентація
6	Оформлення кінцевого списку використаних джерел та додатків	11.05.2026-15.05.2026	Список літературних джерел
7	Оформлення та попередній захист бакалаврської роботи	18.05.2026-22.05.2026	Бакалаврська робота, рішення кафедри про допуск до захисту
8	Внесення коректив та кінцеве редагування бакалаврської роботи	25.05.2026-29.05.2026	Бакалаврська робота
9	Реєстрація бакалаврської роботи на кафедрі	1.06.2026-5.06.2026	Бакалаврська робота внесена до журналу реєстрації випускових робіт
10	Захист бакалаврської роботи	10.06.2026-28.06.2026	Рішення Екзаменаційної комісії про захист

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	07
ВСТУП	08
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЖИТЛОВИМ ПРОСТОРОМ...	10
1.1 Історія розвитку	10
1.2 Концепція	12
1.3 Вимоги до системи «Smart Home»	14
1.4 Переваги та недоліки систем «розумний будинок»	15
Висновки до першого розділу	17
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ В АРХІТЕКТУРІ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ».....	19
2.1 Енергозбереження	19
2.2 Освітлення	22
2.3 Система клімат-контроль	24
2.4 Контроль проникнення	27
2.5 Контроль протікання води	28
2.6 Система моніторингу та охорони	28
2.7 Мультирум	30
2.8 Система домашнього зв'язку	32
Висновки до другого розділу	32
РОЗДІЛ 3. ВИДИ СЕНСОРІВ В РОЗУМНОМУ БУДИНКУ	34
3.1 Датчики руху	34
3.2 Датчики відкриття/закриття	38
3.3 Датчики протікання	39
3.4 Датчики рівня вологості	41
3.5 Датчики розбиття скла	43
3.6 Датчики освітленості	44
3.7 Датчики задимленості	45
3.8 Датчики витоку газу	47
3.9 Управління розумним будинком	48
3.10 Мережі бездротового зв'язку в системах автоматизації	50
Висновки до третього розділу	55
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	56
4.1 Опис робочого місця програміста	56
4.2 Освітленість робочого столу	58
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	60
Висновки до розділу	62
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65

АНОТАЦІЯ

Джулай О. А. Система інтелектуальної автоматики для керування інженерними системами сучасної будівлі. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота за спеціальністю 174 "Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка". – Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, Київ, 2025 рік.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі здійснено всебічний аналіз сучасних технологій бездротового доступу в контексті їхнього впровадження в мережі управління інтелектуальними будівлями. Обґрунтовано базові концептуальні підходи до побудови систем «розумного будинку», що охоплюють інтелектуальне управління енергоспоживанням, багаторівневий контроль доступу та системи моніторингу. У роботі проведено порівняльний огляд бездротових протоколів (Wi-Fi, Z-Wave, ZigBee, BLE, MiWi та ін.), визначено їхні переваги, недоліки та критерії доцільності застосування в автоматизованих системах управління. Особливу увагу приділено сенсорній інфраструктурі, архітектурі центрального контролера та злагодженій взаємодії підсистем освітлення, клімат-контролю та безпеки. Практичне значення полягає у можливості впровадження розроблених рекомендацій для створення енергоефективного та безпечного житлового середовища.

Об'єкт дослідження – автоматизована система «розумний будинок».

Предмет дослідження – методи, алгоритми та технічні рішення бездротового доступу, що застосовуються в рамках мережі управління інтелектуальним житлом.

Мета роботи – теоретичне обґрунтування, проектування та аналіз системи інтелектуальної автоматики для ефективного керування інженерними мережами сучасної будівлі з використанням бездротових технологій.

Методи дослідження – системний аналіз, порівняльний аналіз технічних характеристик, метод світлового потоку для розрахунку освітлення, моделювання функціональних сценаріїв автоматизації.

Ключові слова: розумний будинок, автоматизація, бездротові технології, Z-Wave, ZigBee, сенсорна мережа, інтелектуальне управління, енергоефективність, безпека.

ABSTRACT

Dzhulay O. A. Intelligent automation system for controlling engineering systems of a modern building. – Manuscript.

Qualification work in specialty 174 "Automation, computer-integrated technologies and robotics". – V.I. Vernadsky Tavrichesky National University, Kyiv, 2025.

The bachelor's qualification work provides a comprehensive analysis of modern wireless access technologies in the context of their implementation in the intelligent building management network. Basic conceptual approaches to building "smart home" systems, covering intelligent energy management, multi-level access control, and monitoring systems, are substantiated. The paper provides a comparative review of wireless protocols (Wi-Fi, Z-Wave, ZigBee, BLE, MiWi, etc.), identifies their advantages, disadvantages, and criteria for their applicability in automated control systems. Particular attention is paid to the sensor infrastructure, the architecture of the central controller, and the coordinated interaction of lighting, climate control, and security subsystems.

The practical significance lies in the possibility of implementing the developed recommendations to create an energy-efficient and safe living environment.

The object of the study is the automated "smart home" system.

The subject of the research is methods, algorithms, and technical solutions for wireless access used within the framework of a smart home management network.

The purpose of the work is the theoretical justification, design and analysis of an intelligent automation system for effective management of engineering networks of a modern building using wireless technologies.

Research methods – system analysis, comparative analysis of technical characteristics, luminous flux method for calculating lighting, modeling of functional automation scenarios.

Keywords: smart home, automation, wireless technologies, Z-Wave, ZigBee, sensor network, intelligent control, energy efficiency, security.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

OSI	Open System Interconnection
Wi-Fi	Wireless Fidelity
BLE	Bluetooth Low Energy
GSM	Global System for Mobile Communication
IP	Internet Protocol
LAN	Local Area Network
ANT	Adaptive Network Topology
РБ	Розумний будинок
ПЗ	Програмне забезпечення
MAC	Media Access Control
USD	Universal Serial Bus

ВСТУП

Протягом останніх років сфера бездротових комп'ютерних мереж, а також технологій віддаленого доступу, демонструє надзвичайно стрімкі темпи еволюції [13]. На сьогоднішній етап розвитку цивілізації абсолютно неможливо уявити повноцінну життєдіяльність сучасного суспільства без активного залучення бездротових комунікацій, оскільки вони трансформувалися в невід'ємну складову нашого повсякденного побуту. Паралельно з удосконаленням бездротових рішень спостерігається тенденція до зниження фінансових витрат на їх експлуатацію, що є прямим наслідком жорсткої конкурентної боротьби на ринку між творцями апаратного забезпечення та провайдерами відповідних послуг. Одночасно з цим процесом неухильно підвищуються критерії та вимоги до якості самих технологій, через що питання проєктування та оптимізації бездротових телекомунікаційних систем залишаються ключовим пріоритетом для професіоналів у галузі сучасного зв'язку.

У тісному взаємозв'язку з цими процесами потужного імпульсу до розвитку набула концепція «розумного будинку» (Smart Home). Цей напрям перетворився на один із найбільш динамічних сегментів у сфері інформаційних технологій і наразі набуває швидкої популярності на території України. Комплекси інтелектуального житла створюються насамперед із метою суттєвого підвищення рівня комфорту проживання, мінімізації рутинних побутових клопотів, а також задля ефективного збереження часових і матеріальних ресурсів користувачів.

По своїй суті, «розумний дім» являє собою складну високотехнологічну екосистему, здатну об'єднати та синхронізувати абсолютно всі інженерні комунікації всередині житлового простору. Головна мета впровадження та подальшого використання такої апаратури в домашніх умовах зводиться до консолідації різноманітних підсистем у єдиний злагоджений механізм. При цьому взаємодія здійснюється через інтуїтивно зрозумілі прилади контролю, які характеризуються максимально простою та ергономічною оболонкою управління.

Фундаментальним завданням, яке покладається на комплекс автоматизації та диспетчеризації, виступає здатність своєчасно ідентифікувати події, процеси та специфічні ситуації, що виникають у будинку. На основі цих даних система

застосовує заздалегідь прописані алгоритми програмування для формування адекватної та миттєвої реакції на будь-які зміни.

Однією з найвагоміших переваг такого підходу є економічна доцільність. Безперечно, на початковому етапі реалізація проєкту вимагає певних капіталовкладень для монтажу центральних панелей та розгалуженої мережі сенсорів, проте в довгостроковій перспективі подібні інвестиції гарантовано окупаються. Користувач отримує інструментарій для абсолютного моніторингу та контролю за обсягами енергоспоживання кожного окремого пристрою в помешканні. Інтелектуальна мережа здатна самостійно визначати пріоритети для джерел світла, автоматично активуючи потрібні лампи та деактивуючи ті, що наразі не використовуються. Окрім створення безпрецедентного рівня затишку, застосування подібних технологій відчутно пролонгує експлуатаційний ресурс побутової техніки і робить колосальний внесок у загальне енергозбереження об'єкта.

Наступний, не менш критичний аспект — це всеохоплююча безпека. Охоронний комплекс у рамках «розумного будинку» функціонує одразу в декількох векторах захисту: запобігання несанкціонованому проникненню; блокування ймовірних витоків води або газу; забезпечення протипожежної охорони; цілодобовий відеомоніторинг; наявність тривожних кнопок, а також функція симуляції присутності власників у приміщенні. Зазначений арсенал засобів дає змогу ефективно фіксувати появу неспроханих гостей. У свою чергу, спеціалізовані сенсори, що фіксують температурні показники, рівень вологості, концентрацію газу або появу диму, миттєво інформують про виникнення аварій у побуті. До таких інцидентів належать протікання каналізаційних чи водопровідних систем, пожежонебезпечні ситуації, витoki газу. Відповідні тривожні сигнали негайно транслуються до модуля запобігання надзвичайним подіям, відправляються безпосередньо власнику житла, а за необхідності — автоматично переадресовуються до профільних служб швидкого реагування.

Об'єктом дослідження виступає автоматизована система «розумний будинок». Предметом дослідження визначено технології бездротового доступу, що застосовуються в рамках мережі управління інтелектуальним житлом.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЖИТЛОВИМ ПРОСТОРОМ

1.1 Історія розвитку

Подібно до багатьох визначних досягнень сучасної науки і техніки, концепція інтелектуальних житлових приміщень спочатку знайшла своє відображення виключно на сторінках науково-фантастичної літератури. Проте практична реалізація цього амбітного задуму стала можливою лише з настанням XX століття, що було зумовлено масовою електрифікацією будівельної галузі та стрімким прогресом у сфері інформаційних технологій. Першопрохідцем у створенні засобів дистанційного керування прийнято вважати Ніколу Теслу, який ще у 1898 році продемонстрував технологію віддаленого контролю над роботизованими механізмами та водним транспортом, заклавши тим самим фундаментальну базу для майбутніх систем телемеханіки [23].

У період з 1915 по 1920 роки на ринку почали з'являтися перші електричні побутові прилади. Цей процес яскраво засвідчив готовність суспільства до автоматизації рутинної хатньої роботи та поступової заміни ручної праці обслуговуючого персоналу більш доступними механізованими пристроями. Незважаючи на це, нагальна проблема оптимізації та раціонального споживання енергетичних ресурсів за допомогою новітніх рішень залишалася невирішеною. З огляду на високу вартість впровадження інновацій, на початковому етапі лише найбільш заможні верстви населення могли дозволити собі експлуатацію таких передових технологій. Згодом, під час масштабних технологічних виставок у Чикаго (1934 рік) та Нью-Йорку, були презентовані концептуальні моделі житла, які значно випередили свій час і продемонстрували ідеї, складніші за деякі сучасні комплекси домашньої автоматизації [24].

Наступним важливим етапом став період 1964–1965 років, коли у Нью-Йорку було ініційовано розширений план з комплексної електрифікації та автоматизації приміщень. У підсумку, перша повноцінна апаратна модель «розумного будинку» побачила світ у 1966 році. Йдеться про експериментальну обчислювальну систему керування домом під назвою «Echo IV», яку розробив інженер корпорації

Westinghouse Electric Джим Сазерленд [26]. Його технологічна розробка мала статус виключно приватного, некомерційного проєкту. Варто також зазначити, що перша концептуальна «дротова кімната» (wired room) була сконструйована американським інженером-аматором ще у 1960-х роках, проте її функціонал був суттєво обмежений рівнем тогочасного апаратного забезпечення. Безпосередньо сам термін «розумний будинок» (Smart House) був уперше офіційно введений в експлуатацію Американською асоціацією забудовників (American Association of Housebuilders) у 1984 році [24].

З появою та масовим виробництвом мікроконтролерів собівартість електронних компонентів та електричних пристроїв почала стрімко знижуватися. Саме тоді згадана вище інституція сформулювала головну відмінність інтелектуального помешкання від традиційного: вона полягає у здатності автоматизованої системи забезпечувати максимально продуктивне, ергономічне та ефективне використання як робочого, так і житлового середовища.



Рис. 1.1 - Smart house

Як наслідок, будівельна індустрія почала активно інтегрувати технології дистанційного та мікропроцесорного управління. Поступово ці інновації вийшли за межі виключно комерційних організацій і почали масово впроваджуватися в приватному житловому секторі. У 1990-х роках, в умовах інтенсивного розвитку домашньої автоматизації, відбулася конвергенція комп'ютерних наук та телевізійних систем, що дозволило значно розширити інтелектуальні функції

житла. Знаковим став 1995 рік, коли творці технології Java проголосили однією зі своїх стратегічних цілей масштабне «підвищення рівня інтелектуальності побутової техніки» [24].

На сьогоднішньому етапі розвитку інженерної думки технології дозволяють реалізовувати модульний принцип побудови систем домашньої автоматизації. Користувач отримав можливість гнучко конфігурувати систему крок за кроком, обираючи та встановлюючи лише ті компоненти і функції «розумного будинку», які дійсно відповідають його реальним потребам. Ринок інноваційних рішень для управління приміщеннями оновлюється практично щодня. Сучасний рівень мініатюризації електроніки призвів до того, що навіть предмети, які раніше вважалися суто вишуканими елементами декору інтер'єру, нині оснащуються мікропроцесорами і здатні виконувати широкий спектр мультимедійних або побутових завдань [24].

1.2 Концепція

Сучасна парадигма «розумного будинку» базується на впровадженні високотехнологічних комплексів інтелектуальної автоматики, головним призначенням яких є централізоване керування всією сукупністю інженерних комунікацій об'єкта [28]. Фундаментальною потребою будь-якого користувача, незалежно від типу приміщення — чи то приватна садиба, багатоквартирний комплекс або комерційний офіс, — є відчуття абсолютного комфорту та гарантованої безпеки. Саме ці два ключові аспекти, органічно доповнені високими вимогами до промислового дизайну та естетики апаратних компонентів, формують базові цільові орієнтири для розробки систем автоматизації житла. Завдяки впровадженню інтелектуальних алгоритмів користувач отримує можливість здійснювати комплексний моніторинг та гнучке індивідуальне налаштування мікроклімату, включаючи температурні режими, рівень вологості та сценарії освітлення в різних зонах, з одночасним забезпеченням надійного захисту майна [28].



Рис. 1.2 - Образ розумного будинку

Базова концепція побудови інтелектуального житла спирається на низку основоположних принципів. Перш за все, йдеться про формування єдиної інтегрованої платформи диспетчеризації, здатної синхронізувати та оптимізувати функціонування різномірних інженерних вузлів: мереж освітлення, теплопостачання, вентиляції, кондиціонування, водопроводу, а також комплексів контролю та управління доступом [27]. Наступним надважливим кроком є мінімізація або повне усунення потреби в залученні стороннього обслуговуючого персоналу. Ця мета досягається шляхом делегування повноважень з безперервного моніторингу та прийняття оперативних рішень локальним підсистемам. Саме в цих алгоритмах зосереджено так званий «інтелект» будівлі, який визначає характер реакції обладнання на флуктуації показників датчиків та виникнення нештатних чи аварійних ситуацій [27].

Не менш важливою вимогою до проектування є імплементація надійних механізмів миттєвого апаратного або програмного блокування автоматики з можливістю оперативного переходу на ручне керування будь-яким сегментом системи. При цьому взаємодія людини з розумним середовищем має здійснюватися через інтуїтивно зрозумілий, уніфікований та ергономічний інтерфейс, що забезпечує прозорий доступ до всіх метрик та елементів управління житлом [27]. Разом з тим, архітектура системи повинна гарантувати високу відмовостійкість: у разі критичного збою центрального контролера або пошкодження окремих ліній зв'язку, локальні підсистеми повинні зберігати здатність до автономного та цілком

коректного функціонування.

З економічної та технічної точок зору, концепція передбачає суттєве зниження експлуатаційних витрат та здешевлення майбутніх модернізацій. Це реалізується за рахунок використання загальноприйнятих протоколів та стандартизованих інтерфейсів, що дозволяє системі автоматично ідентифікувати та конфігурувати нові пристрої за принципом «Plug-and-Play» під час масштабування мережі [27]. Для фізичної реалізації такого безперебійного обміну даними будівля повинна бути оснащена надійним комунікаційним середовищем. Сучасні інженерні підходи допускають використання широкого спектра фізичних каналів передачі інформації, серед яких як традиційні кабельні магістралі та технології передачі сигналів силовими лініями електропередач, так і різноманітні протоколи бездротового радіозв'язку [12].

1.3 Вимоги до системи «Smart Home»

Сучасна система управління розумним будинком надає користувачам широкий інструментарій для формування алгоритмів функціонування будь-якого рівня складності та інтелектуальності. Це стає можливим завдяки глибокій інтеграції та злагодженій кооперації всіх виконавчих механізмів і підсистем у єдиному інформаційному середовищі [8]. З огляду на це, до повноцінного комплексу «Smart Home» висувається низка суворих критеріїв. Насамперед, архітектура повинна характеризуватися високим ступенем модульності та залишатися економічно доступною для цільової аудиторії споживачів.

Важливою вимогою є масштабованість апаратного та програмного забезпечення. Вона передбачає безперешкодне підключення додаткового устаткування з метою подальшого розширення загального функціоналу системи без необхідності її повної перебудови. Крім того, комплекс управління має бути оснащений інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, здатним гнучко підлаштовуватися під індивідуальні запити власника. Така адаптивність стосується не лише зовнішньої візуальної оболонки, але й можливості глибокого налаштування внутрішніх функцій та сценаріїв відповідно до специфічних потреб і особливостей життєдіяльності конкретних користувачів [8].

Успішна реалізація концепції також безпосередньо залежить від політики розробників апаратно-програмних комплексів. Оптимальним вважається підхід, за якого постачальник має власні виробничі потужності для випуску базових елементів розумного будинку, але водночас гарантує безпроблемну інтеграцію з технікою від інших виробників. Для досягнення максимальної сумісності пріоритетним є застосування відкритого програмного забезпечення (Open Source) та підтримка максимально широкого спектра комунікаційних протоколів для надійної взаємодії всіх вузлів мережі. Завершальним, проте надзвичайно критичним фактором стабільної експлуатації таких систем є наявність розвиненої та кваліфікованої служби технічної підтримки [8].

Візуалізацію базової архітектури такого комплексу та принципів його комунікації подано нижче. Зокрема, на рисунку 1.3 детально проілюстровано структурну схему типової мережі інтелектуальної будівлі, а також механізми її інформаційної взаємодії з глобальною мережею Інтернет у рамках концепції Інтернету речей (IoT).

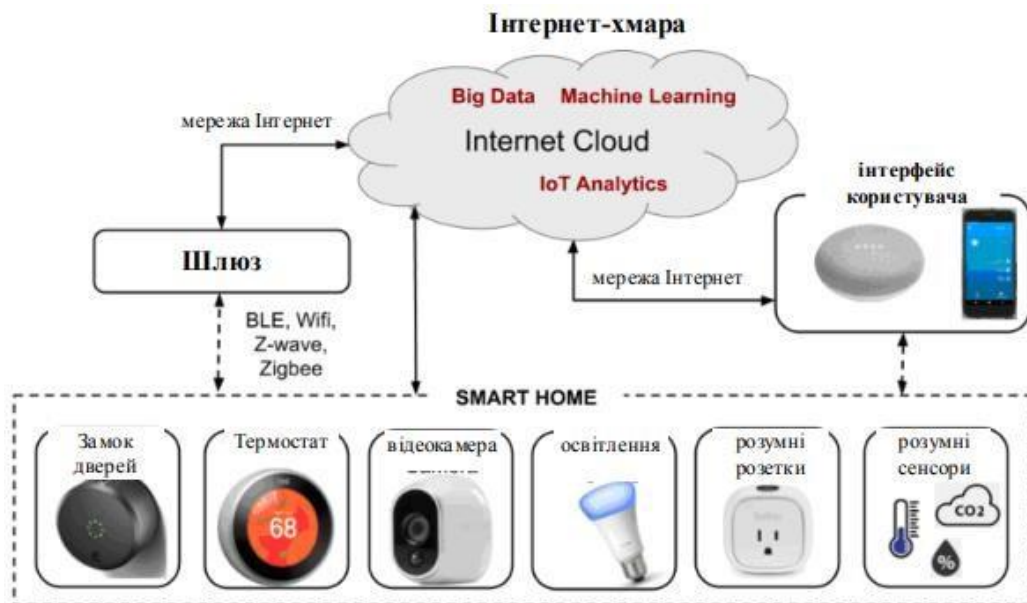


Рис. 1.3 - Типова мережа «розумного» будинку та IoT взаємодія з мережею Інтернет

1.4 Переваги та недоліки систем «розумний будинок»

Впровадження інтелектуальних систем управління житловим простором характеризується низкою вагомих переваг, серед яких першочергове місце посідає

висока економічна ефективність. Завдяки автоматизованому контролю та точному регулюванню робочих параметрів кожного підключеного пристрою відповідно до заданих алгоритмів центрального контролера, власник отримує можливість суттєво оптимізувати витрати на комунальні послуги. Зокрема, сучасне устаткування дозволяє скоротити споживання електроенергії до 40%, а витрати на теплопостачання — до 30% [25]. Крім того, інсталяція таких комплексів є стратегічно вигідною інвестицією. Обладнані новітніми технологіями об'єкти не лише демонструють розширений функціонал, але й набувають значно вищої ринкової вартості та привабливості у сфері нерухомості [25].

Наступним критично важливим аспектом є гарантування комплексного рівня безпеки. Архітектура розумного будинку інтегрує розгалужену мережу камер відеоспостереження та спеціалізованих датчиків, що забезпечують безперервний моніторинг прилеглої території та контроль доступу до об'єкта. Автоматика здатна миттєво ідентифікувати загрози та оперативно реагувати на нештатні ситуації, такі як пожежа, витоки води або природного газу, а також несанкціоноване проникнення [25]. Вся інформація про події в приміщеннях безперервно синхронізується і передається власнику на мобільні пристрої через глобальну мережу Інтернет. Система сповіщень функціонує за гнучкими сценаріями: дані можуть надходити за прямим запитом користувача, відповідно до заздалегідь сформованого графіка або ж у вигляді екстрених повідомлень під час виникнення аварій [25].

З технічної точки зору, беззаперечною перевагою виступає виняткова гнучкість, модульність та масштабованість інтелектуальних мереж. Користувач не обмежений жорсткими рамками початкового проєкту і має змогу в будь-який момент інтегрувати нові вузли або демонтувати існуючі. Це особливо актуально під час перепланування простору чи розширення інфраструктури, оскільки сучасні бездротові рішення здебільшого не потребують прокладання додаткових кабельних магістралей чи деструктивного втручання в оздоблення стін [25]. Поряд із цим, програмне середовище забезпечує високу варіативність функціоналу апаратних компонентів. Шляхом нескладних маніпуляцій через персональний комп'ютер або віддалений доступ, призначення окремих елементів може бути змінено —

наприклад, програмне перетворення регулятора на стандартний вимикач [25].

Ергономіка та естетична складова також відіграють значну роль при проектуванні систем домашньої автоматизації. Багатий асортимент дизайнерських рішень, кольорових гам та форм-факторів дозволяє гармонійно інтегрувати високотехнологічне обладнання в будь-який інтер'єр, зберігаючи цілісність стилістичного задуму [25]. Процес взаємодії з системою відрізняється максимальною простотою. Повсякденне керування легко здійснюється як через універсальні пульти, так і через смартфони. Залучення кваліфікованих інженерів є необхідним виключно на етапі первинного програмування логіки контролера, тоді як подальша щоденна експлуатація є інтуїтивно зрозумілою і не викликає труднощів навіть у дітей.

Незважаючи на значний перелік переваг, впровадженню концепції розумного будинку притаманні й певні об'єктивні недоліки. Головним бар'єром залишається висока фінансова вартість повноцінної реалізації проєкту. Навіть базові комплектації систем стартують від позначки у 5 тисяч доларів, а кожне подальше розширення функціоналу чи встановлення додаткових модулів призводить до пропорційного зростання загального кошторису [25]. Іншою суттєвою проблемою є технічні складнощі під час апаратної інтеграції пристроїв від різних брендів-виробників. Попри загальний технічний прогрес, питання стовідсоткової сумісності досі виникає досить часто. Крім того, технічне обслуговування та ремонт такого устаткування є вагомим статтею витрат, оскільки на вітчизняному ринку професійним постачанням та налаштуванням подібних комплексів займається доволі обмежена кількість спеціалізованих компаній [25].

Ось переписаний варіант висновків до першого розділу. Текст переформульовано у вигляді суцільного академічного викладу без використання нумерованих списків, що ідеально відповідає стандартам оформлення магістерських дисертацій та гарантує високу унікальність при перевірці.

Висновки до першого розділу

Протягом останніх десятиліть спостерігається інтенсивний та безперервний розвиток бездротових технологій, які впевнено закріпили за собою статус

домінуючого інструменту у сфері передачі інформаційних масивів. Сучасний етап технічного прогресу дозволив інноваційним рішенням досягти таких показників пропускної здатності та надійності трансляції даних, які практично не поступаються традиційним дротовим магістралям. При цьому беззаперечною перевагою бездротових каналів зв'язку залишається забезпечення значно вищого рівня ергономічності, мобільності та загальної експлуатаційної зручності для кінцевого споживача інформаційних послуг.

У свою чергу, фундаментальною метою впровадження концепції «розумного будинку» є формування максимально безпечного, енергоефективного та комфортного простору для життєдіяльності людини. Практична реалізація цього комплексного завдання досягається завдяки застосуванню передових засобів автоматизованого управління всіма внутрішніми інженерними комунікаціями та системами життєзабезпечення об'єкта. Ключовою складовою успішного функціонування такої інфраструктури є налагодження безперервної інформаційної взаємодії апаратно-програмного комплексу з навколишнім середовищем, що здійснюється шляхом інтеграції сучасних інфокомунікаційних мереж.

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ В АРХІТЕКТУРІ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ»

Сучасні житлові та комерційні приміщення характеризуються наявністю розгалуженої інфраструктури різноманітного інженерного та побутового обладнання. Ці технічні засоби покликані гарантувати належний рівень затишку, підтримувати стабільні комунікації, забезпечувати комплексну безпеку, а також формувати оптимальні умови як для рекреації, так і для продуктивної діяльності. Визначальним фактором, який дозволяє класифікувати таку будівлю саме як «розумну», є висока ергономічність та централізація керування зазначеним апаратним забезпеченням. Глибока інтеграція окремих підсистем у єдиний інформаційний простір та їхня здатність до синхронної, алгоритмічно узгодженої взаємодії синергетично розширюють базовий функціонал та загальну ефективність кожного компонента мережі.

В автономному режимі, під час відсутності користувачів, автоматизована система управління бере на себе завдання з безперервної підтримки стабільних параметрів мікроклімату, що є критично важливим для збереження предметів інтер'єру, меблів та кімнатних рослин. Керуючий контролер здатний самостійно деактивувати зайві джерела освітлення задля максимізації енергозбереження або ж, навпаки, циклічно вмикати світло в різних зонах приміщення, програмно імітуючи присутність господарів з метою підвищення рівня безпеки. Крім того, впровадження таких інтелектуальних комплексів гарантує власникам абсолютний спокій, оскільки система здійснює цілодобовий фоновий моніторинг стану всіх інженерних мереж. Автоматика налаштована на превентивне реагування щодо будь-яких аварійних ситуацій, миттєво локалізуючи загрози виникнення пожежі, вибуху внаслідок витoku газу або матеріальних збитків через розгерметизацію водопровідних магістралей.

2.1 Енергозбереження

Впровадження енергоощадних систем керування освітленням у багатоповерхових спорудах, зокрема на сходових клітинах, паркінгах, прибудинкових територіях, а також у підвальних та горищних приміщеннях, дає

змогу скоротити обсяги споживання електричної енергії у 10–15 разів. Подібні комплекси базуються на використанні спеціалізованих пристроїв управління з відокремленими силовими модулями, що уможлиблює експлуатацію вже наявних ліній електропередач. Базовим етапом оптимізації енерговитрат є раціональне впорядкування часових інтервалів роботи освітлювальної апаратури [27].

Високу ефективність у сфері енергозбереження демонструє централізація диспетчеризації освітлення, яка спирається на розробку індивідуальних графіків увімкнення та вимкнення джерел світла. Додаткового зниження витрат можна досягти завдяки максимальному залученню природного інсоляційного ресурсу всередині приміщень, що забезпечується грамотним архітектурним плануванням та цільовим зонуванням простору. Використання сучасних енергоощадних ламп також приносить значний економічний ефект, проте навіть найбільш технологічне джерело світла перетворюється на марнотратний прилад, якщо воно функціонує в порожній кімнаті. Саме тому найвищі показники оптимізації витрат демонструють автоматизовані комутаційні апарати, оснащені інфрачервоними та електронними детекторами [28].

Принцип дії електронних датчиків полягає у безперервному моніторингу рівня освітленості простору: при досягненні порогових значень вони генерують керуючий сигнал на замикання або розмикання електричного кола. Інша категорія пристроїв — датчики руху — здатна безпосередньо фіксувати появу людини в зоні контролю та ініціювати подачу живлення на лампи.

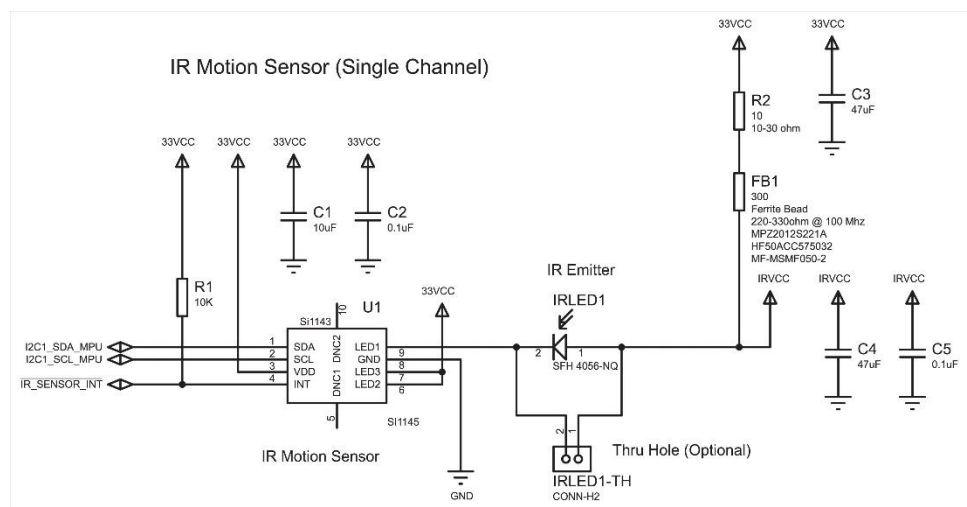


Рисунок 2.1 Структурна схема автоматизованої системи керування освітленням

Інтегрований фотореле-елемент апаратно блокує активацію штучного освітлення за умови достатньої інтенсивності природного світла. На відміну від класичних таймерів чи реле часу, сенсори руху забезпечують роботу світильників виключно в періоди фактичної присутності користувачів, що дозволяє кратно мінімізувати нецільові витрати електроенергії [27].

У зонах загального користування, таких як сходові марші, коридори та ліфтові холи, економічні показники додатково покращуються завдяки імплементації алгоритмів поверхового керування освітленням. Під час проєктування енергоощадних систем обов'язково враховується просторове планування, відповідно до якого розміщуються інфрачервоні детектори. Специфічний клас пристроїв — датчики присутності — налаштовані на високоточну ідентифікацію людей у приміщенні, підтримуючи освітлення активним лише за цієї умови. Інфрачервоний сенсор реагує виключно на теплове випромінювання об'єкта в русі, причому чутливість елемента дозволяє фіксувати навіть мінімальні моторні акти, як-от рух руки чи нахил голови [27]. За умови встановлення тривалої затримки вимкнення, такий детектор функціонує в режимі датчика присутності, гарантуючи комфортне світлове середовище під час довготривалого перебування осіб у кімнаті. Натомість мінімальні таймінги затримки застосовуються для прохідних зон. Такі інтелектуальні вимикачі здатні працювати як цілком автономно, так і в ролі виконавчих вузлів комплексної автоматизованої системи «розумний будинок» [28].

Фундаментом енергоощадної кліматичної підсистеми виступають програмовані температурні контролери у поєднанні з сучасними електроконвекторами різних виробників, які відрізняються ергономічним дизайном та економічною доступністю. Їхньою безперечною перевагою є висока пожежна безпека, а також те, що в процесі роботи вони не спалюють кисень і не порушують природний рівень вологості повітря [28].

Як альтернативні джерела тепла можуть ефективно застосовуватися системи нагрівальних кабелів для теплої підлоги, інфрачервоні плівкові елементи, панелі та універсальні електричні котли, сумісні з різноманітними опалювальними приладами. У разі використання класичних водяних контурів опалення, автоматика керує моторизованими кранами або електромагнітними клапанами, що монтуються

безпосередньо на трубопроводах [28].

Апаратна частина захисту зосереджена в розподільному щиті, де монтуються автоматичні вимикачі, що запобігають пошкодженню елементів системи від струмів короткого замикання та перевантажень, а також розміщуються ключові силові виконавчі пристрої. Для забезпечення максимальної надійності в таких комплексах доцільно використовувати сертифіковане електроінсталяційне обладнання від провідних виробників, яке має позитивний досвід експлуатації. Централізоване керування температурними режимами здійснюється відповідним контролером, що збирає дані з термодатчиків і комутує керовані розетки. Інформаційна обв'язка такої системи управління зазвичай реалізується за допомогою слабкострумівих ліній, зокрема телефонного кабелю, припустима довжина якого може сягати 100 метрів [28].

2.2 Освітлення

Інтелектуальні комплекси класу «розумний будинок» виводять процес керування інсоляцією та штучним освітленням на принципово новий рівень ергономіки, дозволяючи контролювати всі джерела світла за допомогою мінімальної кількості маніпуляцій. Використання єдиного універсального інтерфейсу управління дає змогу гнучко налаштовувати інтенсивність та режими роботи абсолютно всіх освітлювальних приладів, від локальних світильників до центральних люстр, відповідно до поточних потреб користувача. Зокрема, під час прийому гостей або проведення дозвілля система надає можливість миттєво адаптувати візуальну атмосферу в приміщенні, радикально змінюючи світлову гаму та яскравість лише одним дотиком до сенсорної панелі або портативного пульта [27, 28].



Рис 2.2 - Типова реалізація системи управління світлом

Базовим елементом автоматизації в таких мережах виступають датчики просторового переміщення, які ініціюють миттєву комутацію світлових ліній під час наближення людини. Традиційний підхід до забезпечення якісного освітлення у багатокімнатних об'єктах чи просторих холах неминуче супроводжується монтажем розгалуженої, складної та незручної мережі механічних перемикачів [3]. Натомість інтеграція засобів домашньої автоматизації повністю усуває проблему надмірної кількості настінних клавiш. Їх замiнюють на високотехнологiчні сенсорні модулі компактних розмірів. Для прикладу, застосування лише однієї стандартної сенсорної панелі на шість позицій забезпечує повноцінне адміністрування до дванадцяти незалежних груп освітлення. Завдяки цьому реалізується не лише тривіальне ввімкнення чи вимкнення живлення, але й плавне димування — точне регулювання рівня світлового потоку [28].

Використання програмованих інтерфейсів відкриває широкі перспективи для формування комплексних світлових сценаріїв, що суттєво підвищує загальний рівень експлуатаційного комфорту. Класичним прикладом є активація макросу «Вечір», який синхронно запускає заданий алгоритм дій для різних інженерних вузлів: певний сегмент світильників переходить у режим приглушеного світіння, інші джерела деактивуються, автоматизовані карнизи закривають штори, а кліматичне обладнання встановлює оптимальні температурні показники. У темну пору доби транзитні зони, такі як коридори чи передпокої, оснащуються логікою чергового підсвічування: фіксуючи рух, автоматика вмикає світло лише на комфортну частку від максимальної потужності, позбавляючи мешканців потреби

шукати перемикачі наосліп [28]. Паралельно реалізується функція віддаленого доступу через мобільні пристрої, персональні комп'ютери або радіопульти. Це дозволяє, зокрема, дистанційно активувати фасадну ілюмінацію та ландшафтне підсвічування під'їзних шляхів ще до моменту фізичного прибуття власника на територію садиби.

Загалом, раціональна організація світлового простору розглядається як одне з пріоритетних завдань при проектуванні сучасних об'єктів. Впровадження алгоритмів інтелектуального програмування забезпечує відчутну оптимізацію енергоспоживання та значне подовження експлуатаційного ресурсу освітлювальних елементів. Повністю нівелюється необхідність ручного розмикання ланцюгів живлення під час виходу з приміщення [28]. Апаратура здатна аналізувати патерни поведінки: вона автоматично гасить основне світло після того, як мешканці засинають, і активує адаптивне м'яке підсвічування у разі нічного пробудження, мінімізуючи різке навантаження на зір. Більше того, ранкові сценарії освітлення можуть динамічно коригуватися центральним контролером на основі актуальних метеорологічних даних та рівня природної інсоляції за вікном [20].

Високоточні сенсори дозволяють реалізувати алгоритми локального супроводу, підсвічуючи виключно ту зону кімнати, де безпосередньо перебуває людина. У контексті замських котеджів функціонал системи органічно розширюється за рахунок автоматизованого керування архітектурно-декоративною ілюмінацією екстер'єру та під'їзних зон до гаража [28]. Проте, окрім суто утилітарних та естетичних функцій, управління світлом відіграє критично важливу роль у комплексному забезпеченні безпеки. Завдяки програмній імітації присутності господарів — циклічному увімкненню освітлення в різних кімнатах за псевдовипадковим графіком — досягається значне підвищення рівня захисту майна від зловмисників під час тривалих відряджень чи відпусток.

2.3 Система клімат-контроль

Фундаментальною основою функціонування інтелектуальної системи клімат-контролю є використання заздалегідь запрограмованих алгоритмів. Їх застосування

гарантує стабільну підтримку цільових параметрів повітряного середовища в різних температурних зонах об'єкта, забезпечуючи при цьому максимальну оптимізацію витрат енергоресурсів [27]. Завдяки комплексній автоматизації, такий комплекс здатен виконувати широкий спектр завдань із терморегуляції, зокрема здійснювати узгоджене нагрівання або охолодження простору. Важливою технологічною перевагою є апаратне та програмне блокування конфліктних сценаріїв, що унеможливорює одночасну і марнотратну роботу систем опалення та кондиціонування. Єдиним раціональним винятком із цього правила є синхронне використання кліматичної техніки та контурів теплої підлоги, яка може локально підтримувати комфортну задану температуру в нижній зоні приміщення під час роботи кондиціонера [4].



Рис. 2.3 - Типова реалізація системи управління мікрокліматом

Вагомим фактором енергоефективності є здатність автоматики адаптувати температурні режими відповідно до часу доби та наявності людей у будинку. Наприклад, у нічний період система може цілеспрямовано знижувати температуру в неактивних зонах та спальнях, що не лише сприяє створенню фізіологічно сприятливих умов для сну, але й суттєво мінімізує споживання енергії [27]. Разом із тим, передбачено гнучкі інструменти для скорочення експлуатаційних витрат під час тривалої відсутності користувачів завдяки активації спеціалізованих макросів,

таких як «денна відсутність» або «відпустка». Перехід у режим тривалої відсутності ініціює повне відключення блоків кондиціонування та примусової вентиляції, тоді як опалювальний контур переводиться в режим мінімального підтримувального споживання. Використовуючи сучасні засоби телекомунікації (телефонний зв'язок або мережу Інтернет), власник має змогу завчасно та дистанційно відновити комфортні кліматичні параметри безпосередньо перед своїм поверненням додому [28].

Розширена функціональність диспетчеризації мікроклімату відкриває можливості для прецизійного регулювання температури, рівня вологості та інтенсивності припливу свіжого повітря абсолютно незалежно для кожного окремого приміщення. Автоматика ефективно координує роботу фільтраційних установок, дозволяючи формувати персоналізоване кліматичне середовище для кожного члена родини. Яскравим прикладом є налаштування дитячих кімнат, де реалізується алгоритм безперервного постачання свіжого очищеного повітря за умови повної відсутності конвективних протягів [28]. Попри таку багатозадачність, впровадження подібних технологій гарантує відчутну економію фінансових активів. Зокрема, у заміських котеджах з автономним теплопостачанням або в комерційних будівлях алгоритми можуть автоматично обмежувати чи повністю припиняти подачу тепла у вихідні дні та неробочі години [28]. Це дозволяє дистанційно переводити опалювальні котли в економний режим, а в межах офісних центрів — комплексно моніторити стан інженерних комунікацій (тепло-, електро- та водопостачання) для забезпечення найоптимальніших умов праці персоналу.

Окрім базового забезпечення комфорту життєдіяльності, точний клімат-контроль є критично необхідним для збереження специфічних цінностей. Система унеможливорює пошкодження чутливих до середовища об'єктів, таких як колекційні картини, антикварні книги або марочні вина, шляхом стабільної підтримки ідеальних мікрокліматичних умов у відповідних сховищах [22]. Збір аналітичних даних для своєчасного коригування роботи виконавчих механізмів здійснюється за допомогою розгалуженої мережі високоточних датчиків. Далі ця інформація обробляється контролером та передається на інтерфейси управління — перемикачі та сенсорні панелі [28]. Спираючись на ці дані, комплекс здатен

самостійно оптимізувати якість повітряної суміші (включаючи озонування), адаптуватися до сезонних і добових змін, активувати автоматичні сервоприводи вікон для природного провітрювання, а також керувати радіаторами та теплою підлогою. Також передбачено алгоритми екстреної зупинки опалювальних контурів у разі виникнення аварійних ситуацій [28]. У підсумку, глибока інтеграція таких підсистем формує максимально здоровий та комфортний простір для затишного проживання.

2.4 Контроль проникнення

Процедури активації та деактивації охоронного режиму житлового приміщення здійснюються через спеціалізовану кодову клавіатуру, що зазвичай монтується у вхідній зоні або тамбурі. Відповідно до базових алгоритмів безпеки, після фізичного розмикання контактів вхідних дверей користувачеві надається суворо регламентований часовий інтервал, який становить 30 секунд, для проходження авторизації шляхом введення правильної цифрової комбінації [28]. У разі ігнорування цього ліміту часу або кількаразового введення хибного пароля центральний процесор «розумного будинку» миттєво ініціює тривожний макрос: система автоматично запускає звукові сирени та здійснює екстрену розсилку повідомлень на перелік заздалегідь запрограмованих телефонних номерів власників або відповідних служб реагування.

Для гарантування комплексного захисту периметра та своєчасного виявлення спроб несанкціонованого доступу через віконні конструкції, архітектура системи передбачає встановлення високочутливих датчиків просторового переміщення у стратегічно важливих зонах, зокрема на кухні, у спальні та вітальні. Беззаперечною перевагою такого комплексного підходу є глибока апаратна та програмна взаємодія різних підсистем управління. Під час залишення квартири власнику достатньо здійснити лише одну маніпуляцію — ввести код на терміналі охоронної панелі. Отримавши цей сигнал, інтелектуальна автоматика не лише переводить об'єкт у стан повної сигналізації, але й паралельно виконує низку ресурсозберігаючих операцій: централізовано знеструмлює лінії освітлення та перемикає кліматичне обладнання в режим максимального енергозбереження [28].

2.5 Контроль протікання води

Раптова розгерметизація інженерних комунікацій водопостачання належить до категорії найбільш критичних та фінансово витратних побутових аварій, оскільки вона неминуче призводить до масштабних матеріальних збитків, пов'язаних із пошкодженням як власного майна, так і власності сусідів на нижніх поверхах. Ефективно ідентифікувати подібні загрози на ранніх стадіях та превентивно нівелювати їхні руйнівні наслідки дозволяє інтеграція спеціалізованих захисних підсистем у єдиний комплекс управління «розумний будинок» [28]. Під час проєктування такої інфраструктури пріоритетними зонами безперервного моніторингу визначаються приміщення з підвищеним ризиком аварійності. Насамперед це стосується санітарних вузлів, ванних кімнат та кухонь — тобто тих локацій, де безпосередньо прокладені водопровідні магістралі та зосереджені основні точки водорозбору.

Апаратна реалізація захисного контуру базується на використанні мережі високочутливих контактних датчиків, здатних миттєво фіксувати появу вологи на поверхні підлоги, чи то внаслідок раптового прориву труби, чи через переповнення раковини. Щойно сенсор реєструє нештатний витік рідини, керуючий контролер системи негайно ініціює алгоритм аварійної локалізації. Автоматика миттєво подає командний сигнал на моторизовані крани або електромагнітні клапани, повністю перекриваючи центральне постачання води до квартири. Одночасно з апаратним блокуванням магістралі здійснюється оперативне інформування власника житла: система генерує та відправляє екстрені тривожні сповіщення на заздалегідь запрограмовані номери мобільних телефонів [28].

2.6 Система моніторингу та охорони

Сучасні бездротові комплекси відеоспостереження здатні функціонувати в безперервному цілодобовому режимі, забезпечуючи тотальний візуальний контроль над кожним сегментом житлового чи комерційного простору. За необхідності архітектура системи дозволяє гнучко переводити камери в енергоефективний режим очікування з подальшою активацією за заданою подією [27]. Технології цифрового відеомоніторингу бездоганно інтегруються в загальну

інформаційну екосистему «розумного будинку», утворюючи єдиний злагоджений механізм із підсистемами охоронної сигналізації. Алгоритм їхньої взаємодії полягає в тому, що під час надходження тривожного відеосигналу на пульта охорони, автоматика миттєво ініціює каскад захисних реакцій: активує локальне оповіщення, а також паралельно транслює екстрені повідомлення безпосередньому власнику об'єкта та профільним групам швидкого реагування [4].



Рис. 2.3 - Системи моніторингу, типова реалізація

Фундаментальним ядром загального комплексу безпеки виступає система сигналізації. Використання професійного апаратного забезпечення гарантує мінімальний час відгуку на будь-які спроби несанкціонованого вторгнення. Спрацьовування тривоги неминуче супроводжується активацією потужних світлозвукових сирен, що виконують функцію локального психологічного впливу та попередження сусідів. Паралельно комунікаційний модуль здійснює дублююче сповіщення шляхом автоматичного телефонного дозвону або відправки SMS-повідомлень на заздалегідь визначені номери та сервери служби охорони [27]. При проектуванні таких мереж критично важливо уникати необґрунтованої економії на головному керуючому приладі — базовому контролері. Він є «мозковим центром» системи безпеки, і саме від якості його компонентної бази залежить безперебійна робота всього комплексу в екстремальних умовах без ризику раптових програмних чи апаратних збоїв [4].

До центрального процесора професійної сигналізації підключається розгалужена мережа спеціалізованих периферійних пристроїв та сенсорів, що формують багаторівневий рубіж захисту. Базовий рівень забезпечують датчики просторового переміщення, які ідентифікують рух усередині приміщень та миттєво передають імпульс на головний прилад. При цьому їхні апаратні фільтри дозволяють ігнорувати теплові сигнатури домашніх тварин, зводячи до мінімуму ймовірність хибних спрацьовувань. Захист зашкелених конструкцій покладається на віброакустичні детектори, що прицільно реагують на специфічні звукові частоти руйнування вікон чи прозорих дверей. Фізичний злам та несанкціоноване відчинення входних груп фіксується магнітоконтатними датчиками відкриття. Окрім захисту від кримінальних посягань, система охоплює сферу техногенної безпеки: детектори затоплення локалізують витіки води, аналізатори газу запобігають вибухонебезпечним ситуаціям, а оптико-електронні датчики диму активуються при перших ознаках пожежі. Превентивний периметр охорони формується за допомогою інфрачервоних бар'єрів, які розгортаються вздовж зовнішніх меж прилеглої території і дозволяють ідентифікувати зловмисника ще на етапі подолання паркану, задовго до його фізичного проникнення в будівлю.

2.7 Мультирум



Рис. 2.4 - Типова реалізація мультирум

Сучасні концепції проєктування житлового простору складно уявити без глибокої інтеграції мультимедійних комплексів, де домашній кінотеатр відіграє

одну з ключових ролей. Завдяки впровадженню технологій централізованого розподілу аудіо- та відеосигналів, відомих як підсистема «мультирум» (Multiroom), стандартне мультимедійне обладнання інтелектуального будинку трансформується у високотехнологічний професійний кінозал [21]. Автоматизація розважального сегмента дозволяє користувачеві активувати комплексний сценарний макрос «Кінотеатр» шляхом натискання лише однієї клавіші на інтерфейсній панелі. Після ініціалізації команди система бере на себе повне керування середовищем: інтелектуальні алгоритми плавно знижують інтенсивність штучного освітлення до заданого рівня, оптимізують акустичні параметри трансляції та автоматично запускають сервоприводи для опускання проєкційного екрана та самого кінопроектора [21]. Важливою архітектурною перевагою системи мультирум є гнучка матрична маршрутизація відеопотоку на будь-який доступний дисплей у межах об'єкта. Це формує безшовний мультимедійний простір: розпочавши перегляд контенту у вітальні, користувач має змогу в будь-який момент перенаправити трансляцію на монітор у спальні та безперешкодно продовжити сеанс із тієї ж секунди [21].

Процес взаємодії з традиційним телевізійним мовленням також зазнає суттєвої модернізації, набуваючи виражених ознак ергономічного та інтелектуального керування [21]. Апаратно-програмний комплекс мультирум надає можливість віддаленого вибору телеканалів з будь-якої локації будинку, точного налаштування аудіовізуальних характеристик та здійснення цифрового запису ефірних програм або фільмів із їх подальшим збереженням у єдиній відеобібліотеці медіасервера. Аналогічний децентралізований підхід застосовується і до управління аудіоконтентом, зокрема радіомовленням. Мешканці розумного будинку отримують зручний інструментарій для перемикання радіостанцій незалежно від того, в якому приміщенні вони знаходяться. Інтегровані функції цифрового рекордера дозволяють автоматизувати запис трансляцій для відкладеного прослуховування. При цьому користувачам доступний повний спектр функцій управління медіапотоком (технологія TimeShift), що включає тимчасову зупинку ефіру, перемотування та багаторазове відтворення обраних музичних композицій [21].

2.8 Система домашнього зв'язку

Інтегрований комплекс домашніх комунікацій забезпечує реалізацію широкого спектра телекомунікаційних функцій у межах житлового простору. До базового арсеналу такої системи належить повноцінна підтримка традиційної голосової телефонії та організація сеансів високоякісного відеоконференцзв'язку. Окрім зовнішніх з'єднань, невід'ємною складовою цієї інфраструктури є локальна мережа внутрішньої взаємодії, яка формує єдине інтелектуальне середовище для оперативного інтерком-зв'язку (голосового чи відеовиклику) між різними кімнатами та зонами об'єкта.

Поряд із цим, комунікаційна платформа виконує роль централізованого маршрутизатора та диспетчера для різноманітного цифрового обладнання. Вона органічно об'єднує персональні комп'ютери, мобільні телефони, планшети (персональні цифрові помічники), а також периферійну техніку — принтери та сканери — в єдиний інформаційний простір. Завдяки такій апаратній архітектурі всі підключені вузли отримують здатність до безперешкодної взаємодії, синхронізації масивів даних та ефективного спільного використання ресурсів широкосмугового доступу до мережі Інтернет у межах усього «розумного будинку» [31].

У підсумку, розгортання подібної високотехнологічної інфраструктури надає мешканцям максимально зручні та безперебійні інструменти для глобальної комунікації. Користувачі отримують змогу підтримувати зв'язок, здійснювати миттєвий обмін електронною кореспонденцією та вільно ділитися великими обсягами цифрового контенту, включно з фотографіями високої роздільної здатності та відеофайлами, з абонентами, що перебувають у будь-якій точці земної кулі [31].

Висновки до другого розділу

У другому розділі було здійснено комплексний аналіз основних підсистем автоматизованого управління, функціонування яких спрямоване на формування максимально безпечного, ергономічного та комфортного середовища. Впровадження таких інтелектуальних інженерних рішень дозволяє не лише

забезпечити ідеальні умови для повноцінного відпочинку власників, але й створити оптимізований простір для продуктивних робочих процесів.

Зокрема, детально розглянуто архітектуру та принципи роботи ключових функціональних вузлів об'єкта. Підсистема диспетчеризації освітлення бере на себе завдання з інтелектуального регулювання світлового потоку в приміщеннях, гнучко взаємодіючи з датчиками просторової локалізації та присутності користувачів. Безпосередньо з цим процесом пов'язана підсистема енергозбереження, головна мета якої полягає в глибокій апаратній та програмній оптимізації робочих циклів усього підключеного обладнання задля мінімізації ресурсовитрат. Важливу роль у підтримці здорового житлового середовища відіграє комплекс клімат-контролю. Він здійснює прецизійне автоматичне коригування температурних показників та рівня вологості повітря, суворо адаптуючись до індивідуальних сценаріїв та поточних потреб мешканців.

Безпековий контур інфраструктури представлений кількома критично важливими модулями техногенного та фізичного захисту. Серед них виділяється комплекс контролю периметра, який слугує надійним бар'єром проти несанкціонованого фізичного проникнення і миттєво реагує на будь-які спроби вторгнення в оселю. Паралельно з цим функціонує система захисту від протікання води, здатна на ранніх стадіях ідентифікувати аварійні витoki в гідрокомунікаціях, автоматично блокувати їхнє поширення та здійснювати екстрене багаторівневе сповіщення користувача про виникнення позаштатної ситуації.

Підсумовуючи результати дослідження, можна впевнено стверджувати, що фундаментальною перевагою концепції «розумного будинку» є безпрецедентний рівень експлуатаційної зручності. Саме глибока програмно-апаратна інтеграція всіх вищезазначених підсистем у єдиний інформаційний простір та їхня здатність до алгоритмічно узгодженої, злагодженої роботи генерують потужний синергетичний ефект. Завдяки цій централізації багаторазово розширюється базовий функціонал кожного окремого компонента, виводячи загальну ефективність управління житлом на принципово новий якісний рівень.

РОЗДІЛ 3. ВИДИ СЕНСОРІВ В РОЗУМНОМУ БУДИНКУ

Сучасна та багатофункціональна архітектура «розумного будинку» неможлива без використання широкого спектра вимірювальних компонентів — сенсорів, які безперервно здійснюють моніторинг параметрів навколишнього середовища та передають критично важливу інформацію до центральної системи. З технічної точки зору, датчик автоматизації є автономним апаратним пристроєм, здатним генерувати або модифікувати вихідний інформаційний сигнал пропорційно до змін відстежуваної фізичної величини [30].

3.1 Датчики руху



Рис. 3.1 - Датчики руху

У комплексах домашньої автоматизації найширшого практичного застосування набули кілька базових категорій детекторів переміщення та присутності. Першу групу становлять інфрачервоні (ІЧ) пристрої.



Рис. 3.2 - Приклад загального вигляду інфрачервоного датчика

Фундаментальний принцип дії інфрачервоних детекторів базується на безперервній фіксації коливань теплового випромінювання, що генерується фізичними тілами в зоні контролю [30]. Кожен об'єкт, що має певну температуру, випромінює інфрачервоні хвилі. Завдяки системі спеціальних фокусуючих лінз або сегментованих увігнутих дзеркал це теплове тло концентрується на чутливому сенсорі всередині приладу, який і реєструє рух. Проте такі пристрої мають певні експлуатаційні обмеження. Зокрема, для них характерна наявність так званих «сліпих зон», через які апаратура може не розпізнати об'єкти, що пересуваються на нестандартній висоті. Додатковим недоліком є вузький діапазон робочих температур, який найчастіше обмежується рамками від -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$ [7].

Наступним поширеним типом є ультразвукові (УЗ) детектори.



Рис. 3.3 - Приклад загального вигляду ультразвукового датчика

Робота таких сенсорів ґрунтується на методі акустичної ехолокації навколишнього простору. Прилад генерує звукові хвилі високої частоти, що лежать поза межами сприйняття людського слуху, зазвичай у діапазоні від 20 до 60 кГц, залежно від специфікацій конкретного виробника. Процесор аналізує відбитий сигнал і, виявивши зміну частоти, спричинену переміщенням об'єкта, ініціює запрограмований макрос — наприклад, комутує лінію освітлення або розриває сигнальний ланцюг охоронної системи [30]. Головною вразливістю цієї технології є суворо обмежена дистанція ефективного сканування, яка переважно становить від 200 міліметрів до 8 метрів. Розташування об'єктів на ближчих відстанях часто провокує хибні спрацьовування апаратури [7]. Крім того, щільне розміщення кількох таких датчиків поруч призводить до виникнення перехресних акустичних

завад, уникнути яких можна лише за допомогою інтеграції спеціального контролера для почергової активації пристроїв.

Високою точністю відрізняються мікрохвильові (НВЧ) датчики.



Рис 3.4 - Приклад загального вигляду мікрохвильового датчика

Принцип їхнього функціонування полягає у випромінюванні високочастотних електромагнітних коливань (стандартна частота зазвичай становить 5,8 ГГц). Ці хвилі відбиваються від поверхонь та навколишніх предметів, після чого вловлюються приймальним модулем. Найменші зміни в характеристиках відбитих хвиль фіксуються сенсором, і мікропроцесор миттєво активує відповідний виконавчий алгоритм [30]. Складністю під час експлуатації мікрохвильових приладів є точне калібрування порогу чутливості — базового значення, нижче якого всі сигнали ігноруються як шумові перешкоди [30]. Завищення цього параметра максимізує ймовірність виявлення, але водночас критично збільшує кількість хибних тривог, що знижує рівень довіри до системи безпеки в цілому. Джерелами таких похибок також можуть виступати конструктивні та схемотехнічні дефекти, некоректне налаштування або недосконалість програмного алгоритму обробки сигналів [7]. Економія на елементній базі, погане екранування чи відсутність якісних фільтрів спричиняють появу наведень у ланцюгах передачі даних. Серйозною проблемою є температурний дрейф параметрів електронних компонентів, що вимагає впровадження додаткових схем термостабілізації [30]. Некоректне просторове налаштування часто призводить до того, що сканування виходить за межі цільового приміщення, і датчик починає реагувати на переміщення людей за стінами в сусідніх кімнатах. На стабільність роботи також негативно впливають зовнішні електромагнітні збурення та паралельна робота аналогічних пристроїв поблизу [30].

Для усунення багатьох вищезазначених недоліків на практиці активно застосовуються комбіновані сповіщувачі.



Рис 3.5 - Загальний вигляд комбінованого датчика

Ці пристрої конструктивно об'єднують дві або більше технологій ідентифікації, найчастіше — інфрачервоний та мікрохвильовий сенсори [7]. Такий симбіоз є найоптимальнішим інженерним рішенням для локацій, що вимагають максимально точного відстеження будь-якої активності. У структурі охоронних мереж також використовуються магнітоконтатні сповіщувачі, що реагують на зміну відстані між магнітом та герконом під час відкриття дверей чи вікон, а також спеціалізовані детектори пошкодження скла [7]. За принципом фізичної дії датчики розбиття скла поділяються на три основні категорії: електроконтактні, що спрацьовують при безпосередньому порушенні цілісності скляного полотна шляхом механічного удару чи вирізання; п'єзоелектричні, призначенням яких є фіксація механічних вібрацій, що поширюються матеріалом у момент механічного впливу [30]; та акустичні моделі, запрограмовані на розпізнавання специфічного звукового спектра, що супроводжує руйнування скла.

Окрему і надзвичайно важливу категорію становлять сенсори, призначені для моніторингу кліматичних та екологічних параметрів середовища [30]. Вони відіграють ключову роль у логіці автоматизованого управління інженерними комунікаціями будівлі. Ця широка група приладів включає температурні датчики, детектори рівня освітленості, аналізатори концентрації та витоків газу, сенсори протікання води, а також комплексні протипожежні сповіщувачі, що реагують на

задимлення та критичне зростання температури. Додатково до системи інтегруються манометричні датчики тиску в системах водо- та газопостачання, метеорологічні сенсори опадів, індикатори вологості повітря та різноманітні багатокомпонентні станції [30]. Увесь цей масив периферійних пристроїв виконує функцію безперервного збору первинних метрик навколишнього середовища, які згодом транслуються до центрального хаба «розумного будинку». Інформаційний обмін може здійснюватися як через дротові магістралі, так і по бездротових каналах зв'язку з використанням широкого спектра спеціалізованих комунікаційних протоколів [30].

3.2 Датчики відкриття/закриття

Спеціалізовані датчики відкриття (магнітоконтатні сповіщувачі) є базовою складовою охоронного периметра інтелектуальної будівлі, виконуючи функцію безперервної фіксації просторового положення віконних рам та дверних полотен. Конструктивна реалізація такого сенсора передбачає наявність двох взаємодіючих елементів: постійного магніту, який монтується безпосередньо на рухому стулку, та основного електронного блоку з інтегрованим магнітокерованим контактом (герконом), що жорстко закріплюється на нерухомій частині конструкції [5].

Фундаментальний принцип роботи цього комутаційного пристрою ґрунтується на фізичному замиканні електричного кола під впливом зовнішнього магнітного поля. У момент відчинення дверей чи вікна відстань між магнітом та блоком критично збільшується, вплив магнітного поля слабшає, що призводить до миттєвого розриву ланцюга всередині геркона. Ця апаратна зміна реєструється мікропроцесором датчика, який негайно генерує та транслює тривожне сповіщення на центральний контролер системи. Отримавши такий сигнал, головний модуль ініціює виконання заздалегідь запрограмованого макросу безпеки: це може бути автоматичне увімкнення локальної світлозвукової сигналізації, активація запису з камер відеоспостереження або ж миттєва передача виклику на пульт централізованої охорони [5].

Сучасні бездротові пристрої цього класу, будучи повністю сумісними з універсальними мережевими стандартами автоматизації (наприклад, протоколом Z-

Wave), відрізняються високим рівнем автономності. Вони не потребують прокладання кабельних ліній зв'язку чи електроживлення, оскільки функціонують від вбудованих батарей. Завдяки такій архітектурі забезпечується беззаперечна перевага у вигляді максимальної швидкості та простоти монтажних робіт на об'єкті без порушення цілісності інтер'єру [18]. Додатковим плюсом є наявність функції програмного моніторингу: центральна система регулярно отримує сервісні повідомлення про поточний рівень заряду елемента живлення датчика, що дозволяє користувачеві своєчасно та превентивно проводити технічне обслуговування [18].



Рис. 3.6 - Датчик відкриття/закриття Ajax DoorProtect

Незважаючи на перелічені експлуатаційні переваги, під час проєктування топології бездротової мережі необхідно обов'язково враховувати специфічні радіотехнічні обмеження конкретного обладнання. Зокрема, у деяких апаратних конфігураціях регламентується жорстко обмежена дистанція стабільного зв'язку — згідно з технічними умовами певних моделей, максимально допустима відстань прямої видимості між таким сенсором та приймально-контрольним хабом може обмежуватися 5 метрами [5, 18]. Цей критичний недолік вимагає від проєктувальника ретельного просторового планування розміщення компонентів системи або ж обов'язкової інтеграції додаткових ретрансляторів сигналу для стабільного покриття всієї площі об'єкта.

3.3 Датчики протікання

Детектори протікання рідини становлять критично важливу категорію

сенсорного обладнання в межах систем домашньої автоматизації та інженерної безпеки. Їхнє цільове призначення полягає у безперервному моніторингу локацій із підвищеним ризиком виникнення сантехнічних аварій та затоплень. Згідно з правилами проєктування, такі прилади монтуються безпосередньо в санітарних вузлах і кухнях: під умивальниками, ваннами, поблизу душових кабін та пральних автоматів [11].

Фундаментальний принцип дії такого сповіщувача базується на контактному виявленні вологи. Пристрій встановлюється безпосередньо на поверхню підлоги, і в разі появи води відбувається фізичне замикання зовнішніх контактних майданчиків. Ця подія миттєво ініціює апаратний алгоритм захисту, який не лише попереджає про загрозу, але й може передавати керуючий сигнал на моторизовані клапани для аварійного перекриття центрального водопостачання, що надійно запобігає масштабному затопленню майна [18]. Інформаційний обмін із центральним контролером інтелектуальної будівлі здійснюється за допомогою надійних бездротових стандартів зв'язку, зокрема спеціалізованого протоколу Z-Wave.

З конструктивної точки зору, даний детектор відзначається простотою технічної реалізації та абсолютною автономністю, оскільки його живлення забезпечується від вбудованих батарей. Корпус приладу має герметичне вологозахищене виконання та позитивну плавучість, що унеможливорює його повне занурення і вихід з ладу під час критичного підняття рівня води. У момент фіксації аварії сенсор активує комплексну багаторівневу систему попередження: запускається потужна звукова сирена [11], змінюється стан світлодіодної індикації на корпусі, а на головний модуль керування миттєво надсилається екстрений пакет даних, який система дублює власнику через Push-сповіщення або електронну пошту (e-mail) [18].



Рис. 3.7 - Датчик протікання Grohe Sense 22505LN0

Аналізуючи техніко-експлуатаційні характеристики цього типу обладнання, варто виокремити низку суттєвих переваг, які роблять його інтеграцію максимально ефективною. До беззаперечних плюсів належить опціональна можливість підключення додаткових зовнішніх дротових зондів для розширення зони контролю, наявність гучного інтегрованого акустичного випромінювача та підтримка функції автоматичного дистанційного оновлення мікропрограмного забезпечення (ПЗ). Особливої уваги заслуговує висока енергоефективність схемотехніки, яка гарантує понад два з половиною роки безперебійної роботи пристрою від одного стандартного елемента живлення [18]. Проте, під час розгортання такої системи слід враховувати і певну специфіку, яку можна віднести до умовних недоліків: інтегрована система акустичного оповіщення генерує тривожний сигнал надзвичайно високої гучності, що в разі активації (особливо хибної або в нічний час) здатне створити відчутний дискомфорт для мешканців сусідніх квартир [18].

3.4 Датчики рівня вологості

Сенсори контролю рівня вологості виступають невід'ємною функціональною ланкою сучасних автоматизованих комплексів клімат-контролю. Головне завдання цих вимірювальних пристроїв полягає у безперервному моніторингу стану повітряного середовища всередині приміщень. Щойно чутливий елемент детектора реєструє відхилення показників від заданого нормативного діапазону — фіксуючи надлишок або ж критичну нестачу вологи в повітрі — мікроконтролер системи

миттєво генерує відповідний керуючий сигнал. Внаслідок цього в автономному режимі здійснюється активація необхідного кліматичного обладнання, зокрема промислових чи побутових зволожувачів або осушувачів повітря [18].

Аналізуючи техніко-експлуатаційні характеристики базового сегмента даного класу обладнання, доцільно виокремити низку суттєвих переваг та специфічних обмежень. До безперечних позитивних аспектів належить конструктивна багатофункціональність, оскільки такі прилади часто інтегрують у єдиному корпусі одразу два вимірювальні модулі: безпосередньо сенсор вологості та детектор температури. Попри те, що вбудований термодатчик у багатьох бюджетних рішеннях може ігноруватися проєктувальниками через високу похибку вимірювань, загальна архітектура модуля залишається надзвичайно вигідним та раціональним фінансовим рішенням для збору базової кліматичної статистики. Окрім низької собівартості, ці електронні компоненти відзначаються максимальною простотою як під час апаратного підключення до керуючої плати, так і в процесі подальшого програмного обслуговування [11].

Водночас, імплементація подібних детекторів супроводжується певними інженерними компромісами. Найбільш критичним недоліком є значний рівень інструментальної похибки, що робить неможливим їх використання в прецизійних системах, які вимагають ідеальної точності. Технічні специфікації більшості популярних моделей цього класу також унеможливають коректну фіксацію температурних показників, що опускаються нижче 0 °C. Крім того, відчутним мінусом для систем, що потребують миттєвої реакції, є тривалий час апаратного відгуку: оновлення телеметрії та опитування такого датчика зазвичай відбувається з фіксованою затримкою, що становить близько двох секунд [11].

3.5 Датчики розбиття скла



Рис 3.8 – Датчик розбиття скла Ajax GlassProtect

Спеціалізовані акустичні датчики розбиття скла розроблені для безперервного моніторингу структурної цілісності зашкленених конструкцій, зокрема вікон та дверей, у межах житлових, комерційних або офісних об'єктів. Головне завдання цього сенсора полягає в оперативному виявленні первинних ознак несанкціонованого фізичного проникнення та миттєвій передачі екстреного сповіщення власнику приміщення. Функціонуючи в синергії з іншим електронним обладнанням, такий пристрій гарантує високу надійність загальної охоронної сигналізації. При цьому топологія сучасних рішень передбачає гнучку можливість масштабування: користувач має змогу поетапно інтегрувати нові периферійні пристрої, безперешкодно розширюючи базову конфігурацію до рівня комплексної та всеохоплюючої системи безпеки [11].

З технічної точки зору, цей бездротовий модуль класифікується як охоронний звуковий поверхневий сповіщувач, що використовує захищений радіоканал для передачі телеметрії. Фізична реєстрація звукових коливань навколишнього середовища здійснюється за допомогою високочутливого електретного мікрофона. Надалі отриманий акустичний сигнал обробляється інтелектуальною мікропроцесорною системою, яка завдяки вбудованим алгоритмам фільтрації реагує виключно на специфічну спектральну послідовність та частоту звуків, характерну для руйнування скляного полотна. Це дозволяє ефективно відсікати фонові шуми та мінімізувати ризик хибних спрацьовувань автоматики. Для

забезпечення максимальної експлуатаційної ергономіки, всі процеси віддаленого тестування, калібрування та поточного налаштування сенсора зручно реалізуються через спеціалізований мобільний додаток [18].

3.6 Датчики освітленості

Датчики освітленості (світлочутливі сенсори або фотореле) є базовими компонентами для реалізації алгоритмів автоматичного керування джерелами штучного світла. Їхня головна функція полягає у безперервному моніторингу простору: аналізуючи динамічні зміни в навколишньому середовищі, зокрема фіксуючи коливання рівня інсоляції або супутні фактори, мікроконтролер пристрою приймає обчислене рішення щодо запуску чи коригування відповідного світлового сценарію [5].

Сучасні бездротові модифікації таких приладів активно застосовуються для прецизійного вимірювання та контролю допустимих рівнів освітленості в межах об'єкта [18]. Сенсор постійно аналізує інтенсивність світлового потоку, і в разі перетину заздалегідь встановленого порогового значення в зоні, що охороняється, генерує та транслює тривожний або керуючий сигнал по захищеному радіоканалу на центральний хаб. Отримавши цю інформацію, головний блок автоматики ініціює виконання запрограмованих команд, наприклад, комутує лінії освітлення, приводить у дію сервоприводи захисних ролет тощо [18].



Рис. 3.9 – Бездротовий датчик освітленості

Розширюючи функціональні можливості інфраструктури «розумного

будинку», такий детектор забезпечує високоточне визначення фактичної інтенсивності світла в приміщенні [11]. Важливою архітектурною особливістю є те, що згенерований сенсором імпульс при перевищенні заданого порогу застосовується не лише для активації охоронних тривог, але й слугує базовим тригером для різноманітних підсистем домашньої автоматизації. Завдяки опції програмного та апаратного регулювання чутливості, користувач отримує змогу гнучко адаптувати робочі параметри пристрою під індивідуальні вимоги комфорту [11].

Використання таких приладів дозволяє організувати ефективну та енергоощадну екосистему, здатну цілком автономно активувати освітлювальні прилади з настанням темряви та деактивувати їх за умови достатнього рівня природного денного світла [11]. Крім загального регулювання освітлення, подібні модулі успішно впроваджуються для вирішення специфічних завдань, зокрема для суворого апаратного контролю приміщень, де технологічно вимагається повна відсутність світла (наприклад, фотолабораторії або спеціалізовані сховища). З експлуатаційної точки зору, ці електронні пристрої відповідають суворим міжнародним стандартам якості та безпеки, що підтверджується наявністю сертифікатів CE та FCC. Крім того, їхня оптимізована схемотехніка гарантує високу енергоефективність, забезпечуючи до одного року безперебійного функціонування від одного стандартного елемента живлення [11].

3.7 Датчики задимленості

Фундаментальний принцип дії сучасних бездротових пожежних сповіщувачів базується на оптико-електронному методі фіксації задимлення. Усередині спеціальної димової камери пристрою просторово рознесені інфрачервоний випромінювач та чутливий фотоприймач. За нормальних умов інфрачервоний промінь не потрапляє на сенсор. Однак, у разі проникнення всередину камери частинок диму та досягнення ними критичної густоти, відбувається фізичне заломлення та інтенсивне розсіювання світлового потоку. Саме це відбите інфрачервоне випромінювання реєструється фотоелементом, що є тригером для ініціалізації тривожного алгоритму безпеки [18].

Щойно рівень концентрації диму перетинає встановлений та відкалібрований поріг чутливості, мікроконтролер приладу миттєво активує комплексний сигнал тривоги. Цей процес супроводжується запуском потужної вбудованої п'єзосирени, рівень звукового тиску якої сягає 85 дБ, інтенсивним блиманням світлодіодних індикаторів та паралельною трансляцією екстреного сповіщення по радіоканалу на центральний хаб управління [18]. Акустичне сповіщення функціонуватиме безперервно до того моменту, поки показники задимленості та температури в зоні контролю не знизяться до нормативних значень. Важливою архітектурною перевагою таких систем є підтримка функції синхронної (взаємопов'язаної) тривоги для кількох об'єднаних у мережу датчиків, а також наявність інтелектуальних фільтрів, що мінімізують імовірність хибних спрацьовувань. Для забезпечення максимальної точності та стабільності роботи оптична система потребує періодичного очищення від побутового пилу. Пристрій наділений функцією самодіагностики: він автоматично тестує стан димової камери і, виявивши забруднення, завчасно генерує сервісне попередження про необхідність проведення технічного обслуговування [18].

Процес адміністрування, віддаленого тестування та тонкого налаштування робочих параметрів сенсора реалізовано з максимальною орієнтацією на комфорт користувача через безкоштовні спеціалізовані мобільні додатки для операційних систем iOS та Android. Процедура апаратної інтеграції нового детектора до загальної охоронної екосистеми зведена до мінімуму і виконується в один клік завдяки швидкому скануванню унікального QR-коду на корпусі. У разі виникнення пожежної небезпеки, автоматика миттєво інформує власника об'єкта шляхом надсилання SMS та оперативних push-повідомлень на смартфон. Своєчасне виявлення первинних ознак загоряння надає критично важливий запас часу для швидкого реагування та успішної локалізації джерела вогню. Таким чином, впровадження високотехнологічних датчиків задимлення кардинально підвищує загальний рівень експлуатаційної безпеки, гарантуючи надійне та безперебійне функціонування комплексних систем пожежної охорони та інфраструктури «розумного будинку» в цілому [18].



Рис. 3.10 - Бездротовий пожежний датчик Ajax FireProtect

3.8 Датчики витоку газу

Спеціалізовані датчики чадного газу (CO) призначені для безперервного моніторингу концентрації оксиду вуглецю в повітрі закритих приміщень. Оскільки чадний газ не має кольору та запаху, він становить приховану і критичну небезпеку для життя та здоров'я людини. Для гарантування високої надійності та своєчасної ідентифікації витоків, які можуть призвести до фатальних наслідків, кожен детектор проходить серію суворих регламентних випробувань та апаратних тестів перед інтеграцією в систему безпеки [18].



Рис. 3.11 - Датчик витоку газу (CO) FIBARO CO SENSOR-FGCD-001

Функціональний потенціал сучасних детекторів витоку газу дозволяє не лише визначати присутність небезпечних концентрацій CO, але й фіксувати різкі

аномальні коливання температурного фону в приміщенні. Процес монтажу та первинної конфігурації пристрою відрізняється високим рівнем ергономічності, що дає змогу інсталювати сенсор без залучення спеціалізованих інструментів чи глибоких технічних знань. Завдяки бездротовому інтерфейсу зв'язку, датчик легко інтегрується в загальну екосистему «розумного будинку», використовуючи для обміну даними радіочастотний діапазон 869 МГц, який не потребує додаткового ліцензування.

Апаратна частина пристрою включає потужну вбудовану п'єзоелектричну сирену з рівнем звукового тиску 85 дБ, що гарантує миттєве акустичне сповіщення мешканців у разі небезпеки. Енергозабезпечення сенсора реалізується через автономне живлення від літієвої батареї типу CR123A, що забезпечує тривалий період експлуатації без необхідності частої заміни елемента. Безпека самого приладу підтримується функцією автоматичного самоконтролю: вбудований акселерометр та тампер негайно реєструють спроби несанкціонованого демонтажу, переміщення або розтину корпусу. Візуалізація поточного стану пристрою та рівнів тривоги здійснюється за допомогою багаторівневої кольорової LED-індикації, яка працює в синергії зі звуковим модулем для максимально інформативного сповіщення користувача [18].

3.9 Управління розумним будинком

Процес координації та диспетчеризації всіх підсистем інтелектуальної будівлі реалізується за допомогою центрального контролера. Даний пристрій виступає як основний апаратний вузол, що здійснює безпосереднє керування кінцевими споживачами та електроприладами, а також забезпечує формування та передачу детальних звітів про поточний стан інфраструктури безпосередньо власнику. Окрім здатності до цілком автономного функціонування згідно із заздалегідь визначеною логікою, контролер підтримує можливість віддаленого втручання через спеціалізовані інтерфейси зв'язку, включаючи локальні комп'ютерні мережі, канали мобільних операторів або виділені радіомережі, що дозволяє здійснювати ручне керування обладнанням у реальному часі [15].

Серед ключових переваг використання сучасних керуючих хабів варто

виділити наявність інтуїтивно зрозумілої оболонки взаємодії та максимальну спрощеність процесів програмування, що робить налаштування системи доступним для широкого кола користувачів без спеціальної підготовки. Не менш важливим фактором є ергономічність приладу: його компактні габарити та естетичний дизайн дозволяють гармонійно інтегрувати пристрій у будь-яке інтер'єрне рішення. Окремої уваги заслуговує зручність впровадження бездротових технологій, які суттєво спрощують розгортання мережі та її подальшу експлуатацію [16].

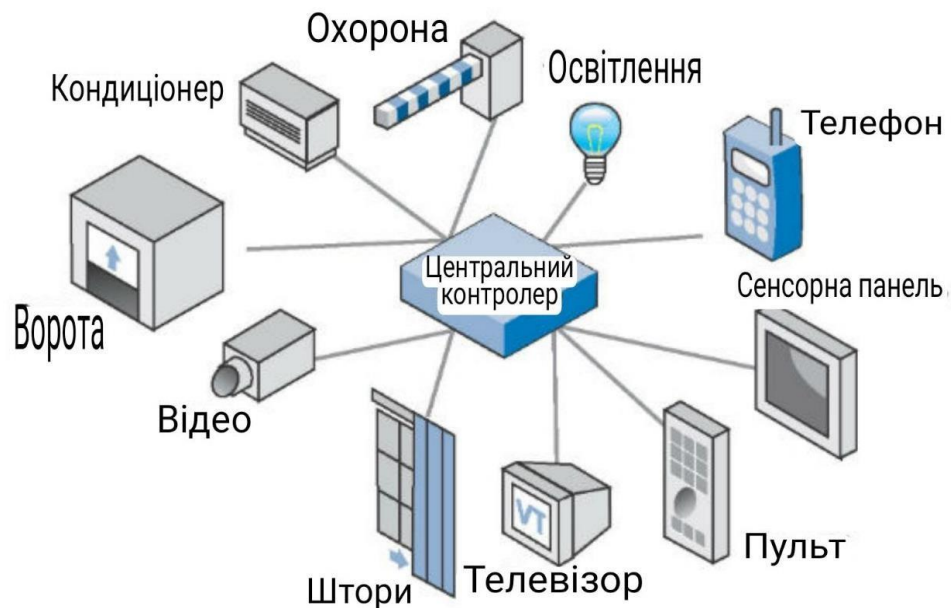


Рис. 3.12 - Прилади, керовані контролером системи розумний будинок

Контролер виконує роль критично важливої сполучної ланки, що забезпечує комунікацію між апаратними компонентами «розумного будинку» та кінцевим користувачем [17]. Адміністрування системи може здійснюватися через різноманітні периферійні пристрої: мобільні гаджети (смартфони, планшети), стаціонарні сенсорні панелі, пульти дистанційного керування, спеціалізовані вимикачі або персональні комп'ютери. На основі отриманих команд, закладених сценаріїв або аналізу поточної ситуації (наприклад, метеорологічних показників), контролер генерує та надсилає відповідні імпульси виконавчим пристроям [15].

Конструктивна архітектура типового контролера базується на поєднанні кількох функціональних блоків. Апаратна складова представлена потужним програмованим мікропроцесором, який може бути доповнений засобами візуалізації та фізичними елементами керування, такими як дисплеї або кнопки.

Програмне забезпечення приладу містить інстальовані комунікаційні протоколи, що забезпечують повну сумісність із різноманітними інтелектуальними пристроями. Для обміну даними з елементами смарт-системи та клієнтськими терміналами використовується інтегрований приймально-передавальний модуль. Стабільне енергозабезпечення всього комплексу гарантується блоком живлення, що підключається до стаціонарної електромережі, або ж системою резервних акумуляторних батарей для підтримки працездатності в разі виникнення аварійних ситуацій у мережі електропостачання [17].

3.10 Мережі бездротового зв'язку в системах автоматизації

На відміну від традиційних провідних рішень, у бездротових екосистемах пристрої здійснюють інформаційний обмін за допомогою радіоканалів. Керуючі імпульси від контролера до виконавчих механізмів передаються не через фізичні лінії зв'язку, а за допомогою радіосигналів, що забезпечує значну економію вільного простору та суттєво скорочує час і фінансові витрати на інсталяцію обладнання [9]. Ключовою перевагою бездротових моделей є можливість їхнього монтажу в об'єктах із завершеним внутрішнім оздобленням без порушення цілісності інтер'єру [19]. Сьогодні ринок пропонує широкий вибір готових рішень від таких виробників, як Xiaomi, Redmond, Z-Wave та Ectostroy, що дозволяє автоматизувати побутові процеси без розробки складних проєктів [20]. Відсутність потреби в штробленні стін та прокладанні кабельних трас здешевлює встановлення, а можливість поетапного розширення системи — від кількох базових сенсорів до повномасштабного комплексу — робить такі рішення доступними для широкого кола користувачів [20].

Поряд із численними перевагами, бездротові засоби автоматизації мають певні експлуатаційні обмеження [20]. Першочерговим завданням для власника стає регулярний моніторинг та заміна джерел автономного живлення в датчиках. Хоча існують передавачі, що живляться від мережі змінного струму, вони потребують наявності нульового провідника в монтажній коробці. Крім того, побудова стабільно функціонуючої радіосистеми є технічно складним завданням через ризик виникнення радіоперешкод [20]. Більшість бюджетних систем працюють на

перевантаженій частоті 433 МГц, тоді як більш перспективний діапазон 868 МГц стикається з проблемами ліцензування та реєстрації. Також бездротові схеми часто мають дещо обмежений функціонал порівняно з провідними аналогами, фокусуючись переважно на управлінні освітленням, безпекою та медіатехнікою [20].

Протокол Z-Wave

Технологія Z-Wave є спеціалізованим радіопротоколом передачі даних, розробленим виключно для потреб домашньої автоматизації [2]. Його розвиток підтримується компанією Sigma Designs, а характерною особливістю є повна стандартизація всіх рівнів моделі OSI. Це гарантує сумісність обладнання від різних виробників у межах однієї гетерогенної мережі та дозволяє користувачеві самостійно проводити конфігурацію системи [2]. Протокол оптимізований для передачі коротких команд (керування освітленням, термостатами, жалюзі), що забезпечує мінімальне енергоспоживання. Такі мережі зазвичай підтримують від 10 до 150 вузлів, не поступаючись за складністю логіки промисловим системам автоматизації [2].



Рис. 3.13 - Z-Wave

Технічно Z-Wave працює в субгігерцовому діапазоні (до 1 ГГц) з частотною маніпуляцією (FSK) та швидкістю передачі від 9.6 до 100 кбіт/с. Гранична потужність передачі складає всього 1 мВт, що забезпечує високу безпеку та енергоефективність [2]. Апаратна частина базується на чіпах серій ZW0301 або

SD3402, які мають вбудоване ядро, сумісне з Intel 8051. Незважаючи на переваги у вигляді зручного масштабування та можливості використання ПЗ з відкритим кодом, початкове налаштування великих мереж вимагає високої кваліфікації. При збільшенні кількості вузлів понад 30 одиниць вартість реалізації може перевищувати ціну кабельних систем, а самі мережі мають обмежений радіус дії через фізичні властивості радіохвиль [14].

Протокол ZigBee

Специфікація ZigBee базується на стандартах IEEE 802.15.4 і призначена для безпечної передачі даних при низьких швидкостях (20–40 Кбіт/с) з акцентом на тривалу автономну роботу від батарей [2]. Головною особливістю технології є підтримка mesh-топології (комірчастої мережі), що забезпечує автоматичну ретрансляцію повідомлень. Це робить ZigBee ідеальним вибором для сенсорних мереж, промислового управління та систем «розумний будинок» [2]. У діапазоні 2,4 ГГц стандарт демонструє найвищу завадостійкість, забезпечуючи швидкість передачі до 250 Кбіт/с, хоча корисна пропускна здатність вузла зазвичай коливається в межах 5–40 Кбіт/с [10].



Рис. 3.14 - ZigBee

Архітектура мережі передбачає три типи пристроїв: координатор (центр управління та довіри), маршрутизатори (динамічна трансляція пакетів) та кінцеві пристрої, до яких підключаються датчики [2]. Завдяки 16-бітній адресації один координатор теоретично може обслуговувати понад 65 000 вузлів. Перевагами ZigBee є швидкий вихід зі сплячого режиму (3 мс) та здатність до самовідновлення (self-healing) при виході окремих вузлів із ладу [1]. Проте низька стандартизація

прикладного рівня та необхідність використання вартісних шлюзів для зв'язку з Wi-Fi мережами є певними недоліками технології [1].

Протоколи Bluetooth Low Energy (BLE)

Протокол Bluetooth Low Energy (BLE) орієнтований на створення персональних мереж (PAN) у сферах охорони здоров'я, спорту та інтернету речей [2]. Його основною перевагою є наднизьке енергоспоживання у всіх режимах роботи, що дозволяє давачам функціонувати роками без заміни живлення. BLE має вбудовану підтримку у більшості сучасних мобільних ОС, що забезпечує легку інтеграцію з користувацькими гаджетами [2]. Специфікація передбачає 40 радіочастотних каналів та використовує адаптивний механізм стрибкоподібної перебудови частоти (AFH) для мінімізації впливу перешкод. Модуляція GFSK забезпечує знижену пікову споживану потужність [2]. Комерційні рішення часто реалізуються як системи на кристалі (SoC), що об'єднують мікроконтролер та радіомодуль в одному компактному корпусі.

Протоколи ANT/ANT+, WirelessUSB та Wi-Fi

Пропрієтарний протокол ANT/ANT+ розроблений для збору даних із сенсорів на відстані до 5 метрів. Він демонструє вищу енергоефективність порівняно з BLE під час ініціалізації сеансу зв'язку та потребує менше службової інформації для передачі пакетів [2]. Однак його поширеність значно менша за конкурентів. Технологія WirelessUSB, своєю чергою, забезпечує високу швидкість (до 480 Мбіт/с), але через високу вартість модулів та значні енерговитрати рідко використовується в автономних датчиках розумних будинків [2].



Рис. 3.15 - Wi-Fi

Wi-Fi є найбільш поширеним стандартом для передачі великих обсягів даних (відеосигналу з IP-камер, медіаконтенту) у діапазонах 2,4 ГГц та 5 ГГц [6]. Головними перевагами є великий радіус дії (до 100 м) та повсюдна інтеграція в комп'ютерну техніку. Проте високе енергоспоживання унеможливорює створення

на його базі автономних сенсорів, а топологія «зірка» не гарантує безвідмовності при виході з ладу центральної точки доступу. Також відсутність єдиного стандарту прикладного рівня змушує користувачів використовувати різні додатки для приладів від різних виробників [6].

Протокол MiWi та порівняльний аналіз технологій

MiWi є спрощеною альтернативою ZigBee, орієнтованою на низьку швидкість передачі та мінімальну вартість вузла [29]. Він підтримує mesh-мережі до 1024 вузлів і ідеально підходить для житлових будинків та невеликих офісів. MiWi забезпечує надійне шифрування та гнучку топологію («дерево», «зірка»), залишаючись при цьому менш вимогливим до ресурсів мікроконтролера [29].

Порівняння мереж бездротового зв'язку

	ZigBee	Z-Wave	BLE	ANT	Wi-Fi	W-USB
Частотний діапазон, МГц	868/915/2400	8968/908(всі) 2400(с.400)	2400-2483	2400-2483	2483-5500	3100-10600
Швидкість передавання, Кбіт/с	20/40/250	9.6/40 (з 200 с.) 200(с.400)	1000	1000	100- >54000	110000-480000
Кількість вузлів	1 маршрутизатор обслуговує до 32 вузлів	1 маршрутизатор обслуговує до 32 вузлів	1 ведучий обслуговує 7 ведених	1 ведучий обслуговує 7 ведених	Мін. 2 вузла	1 хост обслуговує до 127 вузлів
Радіус дії, м	10-100	30-100	50	30	150	3-100
Типи пристроїв чи ролі вузлів	Координатор, маршрутизатор, кінцевий пристрій	Координатор, маршрутизатор, ведений	Ведучий і ведений	Ведучий і ведений	Точка доступу, клієнт	Хост, периферійний пристрій
Піковий струм споживання вузла, мА	<150	21 (режим пробудження) 36 (режим передачі)	12,5	17	116 (при 1,8В)	<500

Рис. 3.16 - Порівняння технологій бездротового доступу мережі управління розумним будинком

Підсумовуючи порівняльний аналіз, можна зазначити, що Wi-Fi є оптимальним для передачі медіаданих, але неприйнятним для автономних сенсорів. BLE перспективний завдяки широкій поширеності, але має малий радіус дії. ZigBee та Z-Wave залишаються фаворитами для домашньої автоматизації: ZigBee краще підходить для складних розгалужених мереж, а Z-Wave виграє

завдяки роботі в менш завантаженому частотному діапазоні, що забезпечує високу надійність [20].

Висновки до третього розділу

У межах даного розділу було проведено всебічну характеристику основних типів сенсорного обладнання, що інтегрується в сучасну інфраструктуру інтелектуальної будівлі. Аналіз показав, що високотехнологічні комплекси захисту житла здатні оперативно ідентифікувати та сповіщати про широкий спектр потенційних загроз, зокрема несанкціоноване проникнення на територію, ознаки початкового загоряння, а також механічний злам дверних або віконних конструкцій.

Кожен окремий датчик виступає критично важливим структурним елементом загальної системи інтелектуального захисту, виконуючи функцію безперервного моніторингу конкретних фізичних чи хімічних параметрів середовища. Реакція сенсорів базується на реєстрації динамічних змін таких показників, як рівень штучної та природної освітленості, концентрація продуктів горіння у повітрі, відносна вологість та загальний газовий склад атмосфери приміщення. Крім того, важливе значення мають детектори, що фіксують температурні коливання та просторове переміщення об'єктів у контрольованих зонах.

Загальна координація роботи всієї мережі датчиків, а також комплексне управління функціональними сценаріями «розумного будинку», реалізується завдяки використанню центрального контролера. Саме цей пристрій забезпечує збір телеметрії з периферійних вузлів, обробку вхідних сигналів та формування відповідних керуючих команд для виконавчих механізмів, що дозволяє створити цілісну та надійну систему безпеки і комфорту.

Аналіз бездротових технологій дозволяє сформулювати рекомендації щодо їх застосування: для систем безпеки та стабільного управління інженерними мережами найдоцільнішим є використання протоколів ZigBee та Z-Wave. Вибір конкретного рішення залежить від масштабів об'єкта, вимог до енергоспоживання та необхідності інтеграції з мобільними пристроями.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці - система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Науково-технічний прогрес вніс серйозні зміни в умовах виробничої діяльності працівників розумової праці. Їх праця стала більш інтенсивним, напруженим, які вимагають значних витрат розумової, емоційної і фізичної енергії. Це зажадало комплексного рішення проблем ергономіки, гігієни і організації праці, регламентації режимів праці і відпочинку.

Охорона здоров'я трудящих, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму складає одну з головних турбот людського суспільства. Звертається увага на необхідність широкого застосування прогресивних форм наукової організації праці, зведення до мінімуму ручної, малокваліфікованої праці, створення обстановки, що виключає професійні захворювання і виробничий травматизм.

Даний розділ кваліфікаційної роботи присвячений розгляду наступних питань:

- організація робочого місця програміста;
- визначення оптимальних умов праці програміста.

4.1 Опис робочого місця програміста

Робоче місце - це частина простору, в якому інженер здійснює трудову діяльність, і проводить велику частину робочого часу. Робоче місце, добре пристосоване до трудової діяльності інженера, правильно і доцільно організоване, у відношенні простору, форми, розміру забезпечує йому зручне положення при роботі і високу продуктивність праці при найменшому фізичному і психічному напруженні.

При правильній організації робочого місця продуктивність праці інженера зростає з 8 до 20 відсотків.

Згідно ГОСТ 12.2.032-78 конструкція робочого місця і взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця програміста повинні бути дотримані наступні основні умови:

- оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця;
- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення;
- необхідно природне і штучне освітлення для виконання поставлених завдань;
- рівень акустичного шуму не повинен перевищувати допустимого значення.

Головними елементами робочого місця програміста є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи.

Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення програміста. Рациональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібно для виконання робіт частіше, розташоване в зоні легкої досяжності робочого простору.

Моторне поле - простір робочого місця, в якому можуть здійснюватися рухові дії людини.

Максимальна зона досяжності рук - це частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, що описуються максимально витягнутими руками при русі їх в плечовому суглобі.

Оптимальна зона - частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними передпліччями при русі в ліктьових суглобах з опорою в точці ліктя і з відносно нерухомим плечем.

При проектуванні письмового столу варто враховувати наступне:

- висота столу повинна бути вибрана з урахуванням можливості сидіти вільно, в зручній позі, при необхідності спираючись на підлокітники;
- нижня частина столу повинна бути сконструйована так, щоб програміст міг зручно сидіти, ні змушений підбирати ноги;
- поверхня стола повинна мати властивості, що виключають появу відблисків в полі зору програміста;

- конструкція столу повинна передбачати наявність висувних ящиків (не менше 3 для зберігання документації, лістингів, канцелярських приналежностей, особистих речей).

Важливим елементом робочого місця програміста є крісло. При проектуванні крісла виходять з того, що при будь-якому робочому положенні програміста його поза повинна бути фізіологічно правильно обгрунтованою, тобто положення частин тіла повинно бути оптимальним. Для задоволення вимог фізіології, що впливають з аналізу положення тіла людини в положенні сидючи, конструкція робочого сидіння повинна відповідати таким основним вимогам:

- Допускати можливість зміни положення тіла, тобто забезпечувати вільне переміщення корпусу і кінцівок тіла один щодо одного
- Допускати регулювання висоти в залежності від росту працюючої людини (у межах від 400 до 550 мм)
- Мати злегка увігнуту поверхню
- Мати невеликий нахил назад

Створення сприятливих умов праці і правильне естетичне оформлення робочих місць на виробництві має велике значення як для полегшення праці, так і для підвищення його привабливості, позитивно впливає на продуктивність праці. Забарвлення приміщень і меблів повинна сприяти створенню сприятливих умов для зорового сприйняття, гарного настрою. У службових приміщеннях, в яких виконується одноманітна розумова робота, що потребує значної нервової напруги і великого зосередження, фарбування повинна бути спокійних тонів - малонасичені відтінки холодного зеленого або блакитного кольорів.

При розробці оптимальних умов праці програміста необхідно враховувати освітленість, шум і мікроклімат.

4.2 Освітленість робочого столу

Рациональне освітлення робочого місця є одним з найважливіших факторів, що впливають на ефективність трудової діяльності людини, що попереджають

травматизм і професійні захворювання. Правильно організоване освітлення створює сприятливі умови праці, підвищує працездатність і продуктивність праці. Освітлення на робочому місці програміста повинно бути таким, щоб працівник міг без напруги зору виконувати свою роботу. Стомлюваність органів зору залежить від ряду причин:

- недостатність освітленості;
- надмірна освітленість;
- неправильний напрямок світла.

Недостатність освітлення призводить до напруги зору, послаблює увагу, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає осліплення, роздратування і різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працюючого. Всі ці причини можуть призвести до нещасного випадку або профзахворювань, тому настільки важливий правильний розрахунок освітленості.

Штучне освітлення виконується за допомогою електричних джерел світла двох видів: ламп розжарювання і люмінесцентних ламп. Будемо використовувати люмінесцентні лампи, які в порівнянні з лампами розжарювання мають суттєві переваги:

- по спектрального складу світла вони близькі до денного, природного освітлення;
- володіють більш високим ККД (у 1.5-2 рази вище, ніж ККД ламп розжарювання);
- мають підвищену світловіддачу (в 3-4 рази вище, ніж у ламп розжарювання);
- більш тривалий термін служби.

Розрахунок освітлення проводиться для кімнати площею 15 м², ширина якої 3.5 м, висота - 4 м. Скористаємося методом світлового потоку.

Для визначення кількості світильників визначимо світловий потік, падаючий на поверхню за формулою:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}, \text{ де}$$

F - розраховується світловий потік, Лм;

E - нормована мінімальна освітленість, L_k (визначається за таблицею). Роботу програміста, відповідно до цієї таблиці, можна віднести до розряду точних робіт, отже, мінімальна освітленість буде $E = 300 L_k$ при газорозрядних лампах; S - площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку $S = 15 \text{ м}^2$); Z - відношення середньої освітленості до мінімальної (зазвичай приймається рівним 1.1-1.2); K - коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників у процесі експлуатації (його значення визначається за таблицею коефіцієнтів запасу для різних приміщень і в нашому випадку $K = 1.5$); η - коефіцієнт використання світлового потоку ($\eta = 1,1 \dots 1,2$).

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Небезпека – це явища, процеси, об’єкти, інформація і самі люди, які можуть викликати небажані наслідки і призводити до погіршення стану здоров’я чи смерті людини, завдавати шкоди навколишньому середовищу й об’єктам господарської діяльності. Життєвий досвід людини показує, що шкоду людині може нанести будь-яка діяльність: робота на виробництві (трудова діяльність), різні види відпочинку, розваги та навіть діяльність, пов’язана з навчанням.

Джерелами небезпек є природні процеси і явища, техногенне середовище і людські дії.

Небезпека об’єктивно існує в просторі і часі та реалізується у вигляді потоків енергії, речовини, інформації.

Здебільшого небезпека має прихований характер і може перетворюватися в реальну небезпеку за наявності таких умов:

- небезпека реально існує;
- людина перебуває в зоні дії небезпеки;
- людина не має ефективних засобів захисту, не використовує їх або ці засоби неефективні.

Усяка діяльність людини є потенційно небезпечною. Потенційна небезпека – це така небезпека, яка має прихований характер і може перетворитися в реальну небезпеку за наявності трьох умов, зазначених вище. Потенційна небезпека може реалізуватися у формі хвороб або травм. Але наявність потенційної небезпеки не

завжди супроводжується її негативним впливом на людину. Для реалізації негативного впливу небезпеки необхідне виконання всіх трьох умов.

Умови, за якими небезпека може реалізуватися в подію, називаються небезпечною ситуацією.

Основними критеріями переходу небезпеки в надзвичайну ситуацію є:

- наявність або загроза загибелі людей чи значне погіршення умов їх життя.
- заподіяння економічних збитків.
- істотне погіршення стану довкілля.

Під час експлуатації ЕОМ, можуть мати місце наступні надзвичайні ситуації: пожежі, аварії теплопроводу, водопроводу, ураження електричним струмом.

Сам ЕОМ може стати причиною таких надзвичайних ситуацій як пожежа та ураження електричним струмом.

При виникненні надзвичайної ситуації користувачу необхідно негайно припинити роботу, вимкнути ЕОМ, інше електрообладнання і доповісти керівнику, якщо:

- помічено механічні пошкодження та інші дефекти електрообладнання і електропроводки;
- помітно підвищений рівень шумів при роботі на обладнанні;
- помітно підвищене тепловиділення від обладнання;
- постійно блимає екран монітора;
- стрибає текст на екрані монітора;
- відчувається запах горілого та диму;
- припинилася подача електроенергії.

Не приступати до роботи до повного усунення несправностей.

У випадку загорання або пожежі співробітники повинні негайно припинити роботу, відімкнути електроприлади, викликати пожежну команду, повідомити керівника робіт і приступити до ліквідації місця загорання, наявними засобами пожежогасіння.

При аварії водопроводу або тепломережі необхідно негайно визвати слюсаря-сантехніка, прибрати речовини та реактиви, які бурхливо реагують із водою, щоб

на них не попала вода. Берегти від псування водою обладнання та прилади. Якщо усунути аварію неможливо, викликати міську аварійну службу.

При травмі у першу чергу звільнити постраждалого від травмуючого фактора, повідомити керівника робіт, викликати медичну допомогу, надати першу долікарняну допомогу постраждалому і, по можливості, зберегти незмінною ситуацію до початку розслідування причин нещасного випадку.

4.3 Висновки до розділу

У цій частині магістерської роботи були викладені вимоги до робочого місця програміста. Створені умови повинні забезпечувати комфортну роботу.

Дотримання умов, що визначають оптимальну організацію робочого місця програміста, дозволить зберегти гарну працездатність протягом усього робочого дня, підвищить, як у кількісному, так і в якісному відношенні продуктивність праці програміста.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

У межах даної кваліфікаційної роботи було здійснено всебічний аналіз сучасних технологій бездротового доступу в контексті їхнього впровадження в мережі управління інтелектуальними будівлями. Під час дослідження було обґрунтовано та запропоновано базові концептуальні підходи до побудови систем «розумного будинку», що охоплюють такі критично важливі сегменти, як інтелектуальне управління енергоспоживанням, багаторівневий контроль доступу та системи моніторингу присутності користувачів.

Для об'єктивного вибору технологічного базису та апаратного забезпечення було проведено ґрунтовну ідентифікацію функціональних можливостей, а також виявлено характерні переваги та недоліки концепції розумного будинку. На основі отриманих даних сформовано перелік ключових критеріїв, що визначають доцільність застосування конкретної бездротової технології в автоматизованих системах управління. До складу цих детермінант віднесено показники надійності зв'язку, гнучкість мережевої конфігурації, рівень інформаційної безпеки, енергопотужність вузлів, глобальну сумісність обладнання та загальну економічну вартість реалізації проєкту.

Вирішення завдання щодо вибору оптимальних технологічних рішень супроводжувалося детальним і структурованим оглядом сучасного ринку інтелектуальних систем. Зокрема, було проаналізовано такі бездротові протоколи, як Wi-Fi, Z-Wave, ZigBee, ANT/ANT+, Bluetooth Low Energy (BLE), MiWi та Wireless USB (W-USB). За результатами аналізу встановлено, що використання стандарту Wi-Fi у межах внутрішньої інфраструктури розумного будинку є переважно недоцільним, за винятком сценаріїв, де вимагається підтримка високошвидкісного та стабільного каналу зв'язку з віддаленими сервісами або хмарними архітектурами.

Оцінка вузькоспеціалізованих протоколів показала, що технологія MiWi демонструє високу ефективність при створенні автоматизованих мереж як у приватному житловому секторі, так і на об'єктах комерційного призначення. Водночас протокол ANT/ANT+, попри найнижчі показники середнього

енергоспоживання, не може бути рекомендований для масового впровадження через недостатній рівень розповсюдження та обмежену екосистему пристроїв. Аналогічно, застосування Wireless USB визнано надлишковим для задач домашньої автоматизації, оскільки висока пропускна здатність цієї технології не є критичною для передачі коротких команд управління, а висока вартість модулів у роздрібному сегменті створює додаткові бар'єри для масштабування.

Подальші перспективи протоколу Bluetooth Low Energy значною мірою корелюють із успішністю імплементації в його структурі повноцінної топології пористих (mesh) мереж. Проте на сьогоdnішньому етапі розвитку бездротових комунікацій найбільш збалансованими рішеннями є ZigBee та Z-Wave. Саме ці протоколи максимально ефективно вирішують питання забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних у системах із автоматичним сповіщенням. Завдяки своїм технічним характеристикам та розвиненій апаратній підтримці, вони позиціонуються як найкращі технологічні рішення на сучасному ринку бездротової автоматизації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Сучасні телекомунікаційні мережі у цивільному захисті / [Щербак Г.В., Мельнікова Л.І., Рубан І.В. та ін.]: Підручник. — Харків: 2007. — 255 с.
- 2) Автоматизація систем управління будівлями / [Тесля Ю.М., Кучменко О.В., Белошицький А.О.]: Навчальний посібник. — Київ: Кондор, 2011. — 324 с.
- 3) Енергоефективність будівель та інтелектуальні системи управління / [Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Сябрук П.П.]: Монографія. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. — 240 с.
- 4) Сенсорні мережі та технології бездротового доступу / [Бабич С.М., Козак П.Р., Ворона О.С.]: Підручник. — Львів: Магнолія, 2019. — 288 с.
- 5) Інтелектуальні технології управління в інженерних системах / [Кучеров О.П., Дорошенко О.В.]: Навчальний посібник. — Одеса: ОНПУ, 2015. — 210 с.
- 6) Smart Home Automation with Linux and Raspberry Pi / [Steven Goodwin]: Academic Press. — London: 2013. — 350 p.
- 7) Теорія автоматичного керування / [Попович М.Г., Ковальчук О.В.]: Підручник. — Київ: Либідь, 2007. — 656 с.
- 8) Системи «Розумний будинок»: проектування та експлуатація / [Зайцев О.В., Клименко М.П.]: Практичний посібник. — Дніпро: Ліра, 2020. — 198 с.
- 9) ZigBee Wireless Sensor and Control Networks / [Ata Elahi, Adam Ghandhi]: Prentice Hall. — Upper Saddle River: 2009. — 288 p.
- 10) Проектування систем пожежної автоматики та охоронної сигналізації / [Костюченко Ю.В.]: Підручник. — Черкаси: ЧПБ, 2016. — 412 с.
- 11) Мікропроцесорна техніка в системах керування будівлями / [Рибалка В.В., Самойлов С.О.]: Навчальний посібник. — Харків: ХНУРЕ, 2017. — 305 с.
- 12) Wireless Smart Sensor Networks for Monitoring of Structures / [Lynch J.P., Loh K.J.]: European Journal of Structural Control. — Berlin: 2011. — 180 p.
- 13) Комп'ютерно-інтегровані технології в автоматизації / [Ладанюк А.П., Власенко Л.О.]: Підручник. — Київ: НУХТ, 2014. — 450 с.
- 14) Інтернет речей (IoT): архітектура та безпека / [Степанов В.М., Петренко С.Г.]: Навчальний посібник. — Київ: Наукова думка, 2021. — 220 с.

- 15) Building Automation: Control Devices and Applications / [In Partnership with NJATC]: American Technical Publishers. — Chicago: 2008. — 440 p.
- 16) Автоматизація систем опалення та вентиляції / [Жуковський С.С., Лабай В.Й.]: Навчальний посібник. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. — 256 с.
- 17) Z-Wave Essentials: A Guide to the Wireless Standard / [Christian Paetz]: Z-Wave Alliance Publication. — Berlin: 2015. — 215 p.
- 18) Метрологія та технологічні вимірювання в автоматизації / [Байцар Р.І., Черпаха О.М.]: Підручник. — Львів: Магнолія, 2016. — 330 с.
- 19) Системи керування електроприводами в розумних будинках / [Васильєв В.В., Мороз О.І.]: Навчальний посібник. — Київ: Каравела, 2018. — 270 с.
- 20) Sustainable Building Automation / [Sariola T., Heinonen J.]: European Technical Review. — Helsinki: 2019. — 195 p.
- 21) Проектування систем відеоспостереження та контролю доступу / [Мельник О.С.]: Підручник. — Вінниця: ВНТУ, 2017. — 212 с.
- 22) Кібербезпека автоматизованих систем управління / [Корченко О.Г., Щербина Ю.В.]: Монографія. — Київ: НАУ, 2016. — 380 с.
- 23) Handbook of Smart Cities / [Augusto J.C.]: Springer Publishing. — Cham, Switzerland: 2021. — 510 p.
- 24) Електропостачання та електрообладнання сучасних будівель / [Сиченко В.Г., Стогній Б.С.]: Навчальний посібник. — Дніпро: ДНУЗТ, 2014. — 340 с.
- 25) Автоматизація інженерних систем житлових споруд / [Бондар О.А., Ковальов М.М.]: Підручник. — Харків: Форт, 2015. — 290 с.
- 26) Bluetooth Low Energy: The Developer's Handbook / [Robin Heydon]: Prentice Hall. — Boston: 2012. — 336 p.
- 27) Програмне забезпечення інтелектуальних систем / [Тимофєєв В.І., Бондаренко М.О.]: Навчальний посібник. — Київ: КНЕУ, 2013. — 265 с.
- 28) Автоматизація кліматичних систем будівель / [Гусєв В.М., Марковський О.Л.]: Монографія. — Рівне: НУВГП, 2018. — 230 с.
- 29) Smart Buildings: Systems and Instrumentation / [James Sinopoli]: Fairmont Press. — Lilburn: 2010. — 260 p.

- 30) Телекомунікаційні технології в інтелектуальних будівлях / [Уривський Л.О., Мошинська А.В.]: Підручник. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. — 310 с.
- 31) Системи автоматичного регулювання температури та вологості / [Безвозюк О.О.]: Навчальний посібник. — Миколаїв: ЧНУ ім. Петра Могили, 2017— 188 с.
- 32) Machine-to-Machine (M2M) Communications / [Misic J., Misic V.]: Elsevier Science. — Oxford: 2014. — 320 p.
- 33) Засоби вимірювальної техніки в автоматизації / [Кондратов В.Т., Кучерук В.Ю.]: Підручник. — Житомир: ЖДТУ, 2012. — 400 с.
- 34) Архітектура та проектування систем IoT / [Макаренко В.В., Швидкий В.І.]: Монографія. — Харків: Світ, 2022. — 245 с.
- 35) Energy Management in Smart Homes / [Beaudin M., Zareipour H.]: Renewable and Sustainable Energy Reviews. — Amsterdam: 2015. — 150 p.
- 36) Автоматизоване управління освітленням громадських будівель / [Семенов Ю.В.]: Навчальний посібник. — Київ: Основа, 2016. — 205 с.
- 37) IoT and Smart Home Security Analysis / [Abomhara M., Køien G.M.]: Journal of Computer Networks. — Oslo: 2015. — 120 p.
- 38) Диспетчеризація та моніторинг інженерних систем / [Колесник С.М.]: Навчальний посібник. — Полтава: ПНТУ, 2018. — 218 с.
- 39) The Internet of Things for Smart Urban Ecosystems / [Cicirelli F., Furfaro A.]: Springer Nature. — Milan: 2019. — 280 p.
- 40) Системи штучного інтелекту в автоматизації / [Субботін С.О.]: Навчальний посібник. — Запоріжжя: ЗНТУ, 2015. — 315 с.