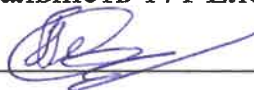


Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РОЗУМНИМ БУДИНКОМ

Виконав: студент 4 курсу,
групи ЕЛ-216,
спеціальність 171 Електроніка

 Павленко О.М.

Керівник: к.т.н., доцент каф. БМІОЕС

 Костішин С. В.
« 13 » 06 2025 р.

Рецензент: к. т. н., старший викладач каф. ІРТС

 Притула М. О.
« 13 » 06 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри БМІОЕС

Коваль Л. Г.


« 16 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем
Бакалавр
Спеціальність 171 Електроніка

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри БМІОЕС
к. т. н., доцент Коваль Л. Г.



«20» 03 2025 р.

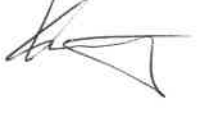
ЗАВДАННЯ

на бакалаврську кваліфікаційну роботу
студенту Павленко Олексій Миколайович, гр. ЕЛ-216

1. Тема БДР «Електронна система керування розумним будинком», керівник роботи доцент каф. БМІОЕС Костішин Сергій Володимирович, к.т.н., доцент, затверджені наказом ВНТУ від 20 березня 2025 року № 97.
2. Строк подання студентом роботи – до 02.06.2025 р.
3. Вихідні дані для роботи: стаціонарна система «розумний будинок» з електронним керуванням, 2,4–5 ГГц (wi-fi), 868/915 МГц (zigbee, z-wave), 2,4 ГГц (bluetooth), вхідна напруга живлення: 220 В, окремі модулі живлення 5 В / 12 В, споживана потужність системи: не більше 10 Вт, тип керування: централізоване (через контролер або хаб), дистанційне (через мобільний додаток), ймовірність відмови: не більше $1,0 \times 10^{-5}$ год⁻¹, габаритні розміри основного блоку керування: не більше 160 × 100 × 40 мм, маса пристрою: не більше 500 г, умови експлуатації: температура навколишнього середовища від +5 до +40°С, відносна вологість не більше 85%.
4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Аналітичний огляд питання; 2. Конструкторський розділ; 3. Технологічний розділ; 4. Опрацювання питань охорони праці.

5. Зміст ілюстративної частини (з точним зазначенням обов'язкових креслеників):
 блок-схема централізованої системи керування, функціональна схема, схема підкрючення.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Костішин С. В., к.т.н., доцент кафедри БМІОЕС	 20.03.25	 13.05.25
Охорона праці	Дембіцька С. В., д. п. н., професор кафедри БЖДПБ	 24.03.25	 30.05.25

7. Дата видачі завдання 20 березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

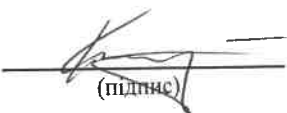
№ з/п	Назва етапів БДР	Строк виконання етапів БДР	Примітка
1	Формування та затвердження теми бакалаврської кваліфікаційної роботи (БКР)	До 20.03.2025	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БКР	До 21.04.2025	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БКР	До 19.05.2025	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	До 30.05.2025	
5	Попередній захист БДР	06.06.2025	
6	Нормоконтроль БДР	09.06.2025	
7	Рецензування БДР	02.06.2025	
8	Захист БДР	19.06.2025	

Студент


(підпис)

Павленко О.М.

Керівник роботи


(підпис)

Костішин С. В.

АНОТАЦІЯ

Павленко О.М. БКР на тему «Електронна система керування розумним будинком». Вінниця : ВНТУ, 2025. 89 с.

Українською мовою. 29 рис., 8 табл., бібліогр. 33 найм.

В бакалаврській кваліфікаційній роботі здійснено комплексний огляд сучасних систем «розумний будинок», розкрито їхню архітектуру, принципи функціонування, а також ринкові тенденції. Проаналізовано основні технології автоматизації житла, особливості використання апаратних і програмних засобів для підвищення енергоефективності, безпеки, комфорту й індивідуалізації побуту. Висвітлено питання інтеграції штучного інтелекту, захисту даних і перспектив розвитку індустрії. Окрема увага приділяється організації віддаленого доступу, підвищенню ефективності систем управління інженерними мережами та забезпеченню інформаційної безпеки в умовах цифровізації побуту.

ABSTRACT

Pavlenko O.M. Bachelor thesis on the topic «Electronic control system of a smart home». Vinnytsia : VNTU, 2025. 89 p.

In Ukrainian. Figs. 29, Tables 8, Refs. 33.

The bachelor's qualification work provides a comprehensive overview of modern smart home systems, reveals their architecture, principles of operation, and market trends. The main technologies of home automation, features of the use of hardware and software to improve energy efficiency, safety, comfort and individualization of everyday life are analyzed. The issues of artificial intelligence integration, data protection, and industry development prospects are covered. Particular attention is paid to the organization of remote access, increasing the efficiency of utility network management systems and ensuring information security in the context of digitalization of everyday life.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОГЛЯД СИСТЕМ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК».....	8
1.1 Огляд технології розумного будинку.....	8
1.2 Методи та засоби підвищення ефективності системи «розумний будинок»..	25
1.2.1 Освітлення у складі систем «розумного будинку».....	26
1.2.2 Система клімат-контролю у складі «розумного будинку»	28
1.2.3 Системи безпеки і відеоспостереження	30
1.2.4 Контроль протікання води і витоку газу	32
1.2.5 Штучний інтелект у системах «розумного будинку»	33
2 ТЕХНІЧНІ ПРИНЦИПИ КЕРУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ МЕРЕЖАМИ БУДИНКУ	36
2.1 Інженерні мережі будинку: особливості керування та моніторингу.....	36
2.2 Датчики та виконавчі механізми	38
2.3 Протоколи обміну даними	41
2.4 Організація віддаленого доступу для керування та одержання повідомлень.	43
2.5 Безпека мережі електронних комунікацій при керуванні інженерними мережами	45
3 РЕАЛІЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» НА БАЗІ КОНТРОЛЕРА ARDUINO.....	48
3.1 Архітектура і алгоритм роботи системи керування	48
3.2 Вибір апаратних засобів.....	49
3.3 Програмна реалізація системи керування.....	54
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	60
4.1. ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО БЕЗПЕЧНОГО ВИКОНАННЯ РОБОТИ	61
4.2. ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ З ГІГІЄНИ ПРАЦІ ТА ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ	64
4.2.1. МІКРОКЛІМАТ	64
4.2.2. СКЛАД ПОВІТРЯ РОБОЧОЇ ЗОНИ.....	64
4.2.3. ВИРОБНИЧЕ ОСВІТЛЕННЯ	66

	4
4.2.4. ВИРОБНИЧИЙ ШУМ	67
4.2.5. ВИРОБНИЧІ ВИПРОМІНЮВАННЯ	67
4.3.1. ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ СИСТЕМИ ЗАПОБІГАННЯ ПОЖЕЖІ	69
4.3.2. ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ	70
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75
ДОДАТКИ	79
Додаток А Ілюстративна частина	80
Додаток Б Протокол перевірки на наявність текстових запозичень	83
Додаток В Програмна реалізація системи керування	85

ВСТУП

У ХХІ столітті розвиток інформаційних технологій, інтернету речей (IoT), мобільних пристроїв і хмарних сервісів привів до появи та стрімкого поширення концепції «розумного будинку». Це явище стало невід’ємною частиною глобальної цифрової трансформації, змінюючи підходи до організації побуту, управління житловими й комерційними об’єктами, підвищуючи рівень комфорту, безпеки й енергоефективності. Сучасний розумний будинок — це складна інтегрована система, у якій взаємодіють різні технічні засоби: датчики, контролери, виконавчі механізми, мобільні та настільні додатки, сервіси штучного інтелекту, а також хмарні платформи. Всі ці компоненти працюють узгоджено, забезпечуючи автоматизацію рутинних процесів, дистанційний контроль і аналітику споживання ресурсів.

Світовий ринок систем розумного будинку демонструє високі темпи зростання — як у споживчому, так і в комерційному сегменті. Згідно з аналітичними прогнозами, найближчими роками розширення застосування IoT, 5G та штучного інтелекту сприятиме ще більшій доступності та гнучкості впровадження автоматизованих систем у житлових комплексах, приватних будинках і квартирах. Разом із тим, інтеграція сучасних технологій відкриває нові виклики: забезпечення сумісності між пристроями різних виробників, гарантування інформаційної безпеки, захисту персональних даних, захисту від несанкціонованого доступу та підвищення надійності роботи систем у складних експлуатаційних умовах.

Актуальність теми зумовлена також зростанням потреби в оптимізації енергоспоживання, підвищенні стандартів безпеки та забезпеченні інклюзивності житлових середовищ для людей із різними потребами. Усе це обумовлює необхідність системного аналізу принципів побудови, архітектури, технологічних особливостей, а також тенденцій розвитку індустрії розумних будинків.

Об’єкт БКР — система «розумного будинку», що являє собою сукупність апаратних і програмних компонентів для автоматизованого управління

інженерними мережами, побутовими приладами та сервісами житлового чи комерційного приміщення.

Предмет БКР — принципи побудови, організації, функціонування, підвищення ефективності й безпеки інтегрованих систем автоматизації житлового простору з урахуванням сучасних цифрових технологій, інновацій, протоколів зв'язку, способів інтеграції штучного інтелекту та захисту даних.

Метою цієї роботи є системний аналіз технологічних рішень і підходів до створення розумних будинків, дослідження їхньої архітектури, функціональних можливостей, переваг і недоліків, сучасних ринкових трендів, а також розробка рекомендацій щодо підвищення ефективності, безпеки та зручності експлуатації таких систем.

У роботі розглядаються:

- еволюція й історія концепції розумного будинку;
- базова архітектура й основні компоненти сучасних систем (датчики, виконавчі механізми, контролери, програмне забезпечення);
- порівняльний аналіз провідних бездротових технологій і протоколів зв'язку (Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Bluetooth тощо);
- практичні аспекти впровадження розумного освітлення, клімат-контролю, систем безпеки, відеоспостереження, аварійної сигналізації;
- інтеграція штучного інтелекту, голосових асистентів, мобільних і хмарних сервісів;
- питання забезпечення сумісності, конфіденційності, захисту від кіберзагроз;
- перспективи розвитку галузі, ринкові тенденції, інноваційні рішення та їхній вплив на комфорт і якість життя.

Таким чином, дослідження комплексних підходів до створення і вдосконалення систем «розумного будинку» є надзвичайно актуальним для фахівців у галузі автоматизації, інженерних мереж, енергозбереження,

інформаційної безпеки, а також для широкого кола споживачів, зацікавлених у підвищенні якості побуту та ефективному використанні ресурсів.

1 ОГЛЯД СИСТЕМ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

1.1 Огляд технології розумного будинку

Концепція розумного будинку має глибоке історичне коріння. Хоча сам термін «розумний будинок» почав активно використовуватись лише наприкінці ХХ століття, ідеї автоматизації побутових процесів виникли ще задовго до цього. Уже в середині ХХ століття з'явилися перші пристрої, які можна вважати прообразами сучасних систем автоматизації — зокрема, механічні й програмовані термостати, що дозволяли регулювати температуру в приміщенні за заданим графіком.

У 1970–1980-х роках з'явилися перші централізовані дротові системи керування освітленням, опаленням, водопостачанням і побутовими електроприладами, такими як масляні обігрівачі чи бойлери. Проте ці рішення були переважно ізольованими, мали обмежену гнучкість і не забезпечували інтеграції в єдину систему — що є ключовою ознакою сучасного розумного будинку.

Перші експерименти з автоматизації часто ґрунтувалися на використанні таймерів, реле та простих схем керування, як показано на рисунку 1.1. [1].



Рисунок 1.1 – Перший прототип пристрою автоматизації освітлення на базі електромеханічного таймера

Основна ідея розумного будинку полягає в автоматизації рутинних завдань, які зазвичай виконуються вручну. Такий будинок має самостійно піклуватися про

себе, мінімізуючи участь людини в повсякденному керуванні освітленням, температурою, побутовими приладами тощо.

Справжній прорив у розвитку розумного будинку відбувся на початку ХХІ століття, що було зумовлено активною популяризацією інтернету та виникненням концепції Інтернету речей (IoT). У 1990–2000-х роках широке впровадження інтернет-технологій дало змогу створювати більш ефективні, гнучкі та інтегровані системи управління, що виходили за межі локальних рішень.

Сучасний розумний будинок — це не просто сукупність окремих автоматизованих пристроїв, а цілісна екосистема, доступна широкому колу користувачів. Якщо раніше подібні технології були надзвичайно дорогими й реалізовувалися лише під час будівництва елітного житла, то сьогодні практично кожен охочий може створити власну систему автоматизації на основі доступних пристроїв.

Важливою віхою в еволюції стала поява смартфонів. Якщо раніше для керування системами автоматизації були потрібні стаціонарні комп'ютери або спеціалізовані контролери, то сучасний смартфон став універсальним центром керування. Завдяки широким можливостям — встановленню мобільних додатків, доступу до хмарних сервісів, підтримці Wi-Fi, Bluetooth та інших протоколів — смартфони дозволяють дистанційно контролювати освітлення, клімат, безпеку, побутову техніку тощо.

Таким чином, розумний будинок сьогодні — це не лише про комфорт, а й про гнучкість, енергоефективність та безпеку. Завдяки розвитку технологій керування домашніми системами стало доступним практично кожному, незалежно від бюджету.

У минулому рішення для автоматизації житла були доступні лише обмеженій кількості людей, здебільшого завдяки їхній високій вартості та складності реалізації (див. рис. 1.2) [3]. Такі системи зазвичай передбачали встановлення під час будівництва нових будинків і вимагали спеціалізованого обладнання та послуг інженерів.



Рисунок 1.2 – Один із перших розумних будинків

Однак із розвитком цифрових технологій, зокрема поширенням смартфонів, ситуація докорінно змінилася. Сьогодні майже кожен користувач має змогу облаштувати власний розумний будинок, використовуючи широкий асортимент доступних пристроїв — від розумних ламп і розеток до повноцінних систем відеоспостереження чи клімат-контролю.

Смартфон відіграє центральну роль у сучасній системі розумного будинку. Завдяки спеціальним мобільним додаткам користувачі можуть дистанційно керувати практично всіма аспектами домашньої автоматизації — освітленням, опаленням, безпекою, побутовими приладами тощо. Це дозволяє не лише підвищити комфорт, а й оптимізувати енерговитрати, підвищити рівень безпеки й зменшити щоденні зусилля, пов’язані з управлінням побутом.

Ключова перевага сучасних рішень — доступність. Новітні технології стали значно дешевшими порівняно з традиційними автоматизованими системами минулого, що зробило концепцію розумного будинку реальною для більшості населення (див. рис. 1.3) [4].



Рисунок 1.3 – Смартфон як елемент керування розумним будинком

Сучасний розумний будинок інтегрує в собі широкий спектр пристроїв, які можуть підключатися до мобільного телефону чи планшета. Це забезпечує не лише зручність управління, а й гнучкість у виборі обладнання та легку інтеграцію нових пристроїв у вже існуючий інтер'єр. Користувачі можуть індивідуально налаштовувати функції системи під власні потреби, уникаючи зайвих витрат і необхідності масштабних змін у структурі будинку [1–4].

Основу розумного будинку складає комбінація апаратних і програмних засобів. Ефективна система неможлива без фізичних пристроїв, які виконують ті чи інші функції (керування, вимірювання, реагування тощо). Програмне забезпечення дозволяє автоматизувати процеси та забезпечує централізований контроль над усіма пристроями.

Однією з найважливіших складових є датчики — пристрої для збору інформації про навколишнє середовище в реальному часі. Саме завдяки їм система може виконувати автоматичні дії залежно від умов у будинку. Основні види датчиків, які використовуються для реалізації розумного будинку (див. рис. 1.4) [5]:

- датчики температури та вологості;
- датчики руху;
- датчики витоку води;
- датчики рівня газу (газові детектори);
- датчики диму (детектори диму).

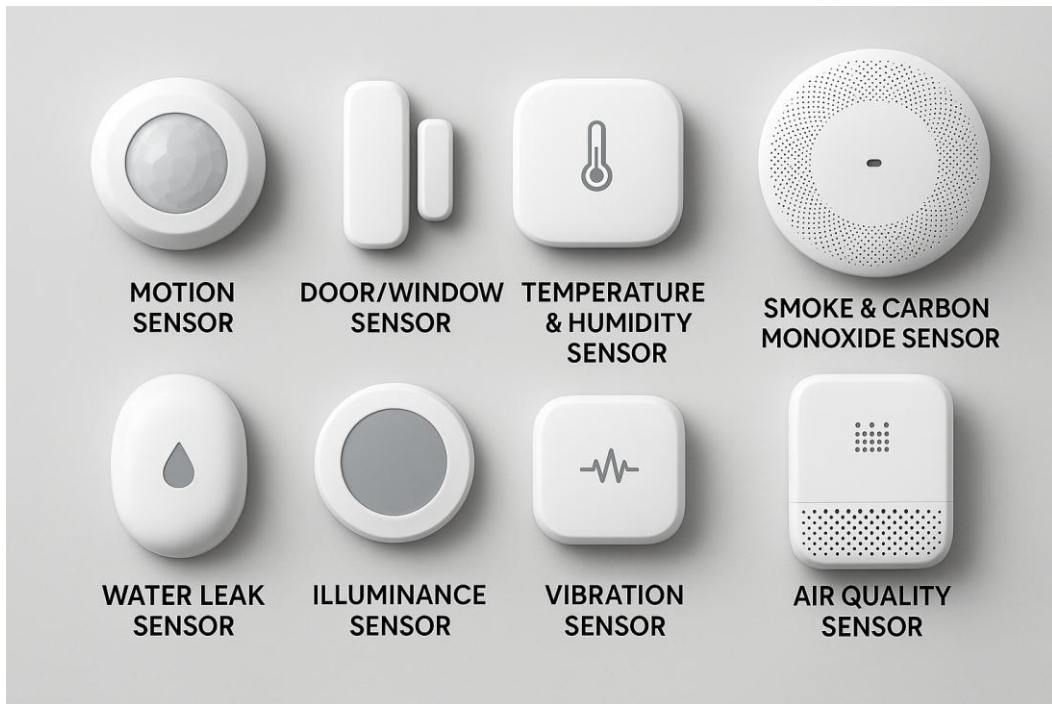


Рисунок 1.4 – Основні датчики для побудови розумного будинку

Приводи — це фізичні виконавчі механізми, які реагують на сигнали від контролерів, виконуючи конкретні дії. Їхнє завдання — реалізація рішень, прийнятих системою, на основі даних від датчиків.

Типові приклади приводів (див. рис. 1.5) [5]:

- моторизовані жалюзі, які автоматично відкриваються або закриваються залежно від рівня освітлення;
- розумні дверні замки, що забезпечують безпечний доступ до будинку;
- системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, які керуються через інфрачервоні (IR) пульти або інші цифрові інтерфейси.



Рисунок 1.5 – Основні приводи для побудови розумного будинку

Контролери — це центральні елементи, які керують усією логікою роботи розумного будинку. Вони обробляють сигнали від датчиків і приймають рішення про подальші дії, надсилаючи відповідні команди до приводів. Типові приклади контролерів (див. рис. 1.6) [5]:

- центральні шлюзи (hub) — інтеграційні пристрої, що з'єднують усі компоненти в єдину мережу;
- децентралізовані системи, де роль контролера виконує смартфон або додаток.



Рисунок 1.6 – Принцип взаємодії розумного будинку

Програмне забезпечення виконує роль посередника між користувачем і системою розумного будинку. Через інтерфейси мобільних додатків або голосових помічників користувачі можуть:

- здійснювати керування пристроями;
- задавати сценарії автоматизації (наприклад, «Режим сну» або «Немає вдома»);
- моніторити поточний стан системи.

Типові приклади (див. рис. 1.7) [6–7]:

- мобільні додатки, як-от Samsung SmartThings,
- голосові помічники: Google Assistant, Amazon Alexa, Apple Siri.



Рисунок 1.7 – Платформа розумного будинку та голосові помічники

Інтерфейси дозволяють зручно взаємодіяти з системою за допомогою графічного або голосового керування. Їх основне завдання — зробити управління максимально інтуїтивним та доступним. Наприклад, додаток Samsung SmartThings має адаптований інтерфейс для різних пристроїв — смартфонів, планшетів, смарт-годинників тощо (див. рис. 1.8) [7].

Для взаємодії між елементами розумного будинку використовуються різні протоколи безпроводного зв'язку. Найпоширеніші з них (див. рис. 1.9) [8]:

- Wi-Fi – підходить для швидкої передачі даних, але споживає більше енергії;
- Zigbee – енергоефективний протокол із підтримкою роботи в мережі типу mesh;
- Z-Wave – аналог Zigbee з меншою швидкістю, але хорошою сумісністю пристроїв;
- Bluetooth – зручний для локального керування на короткій відстані.

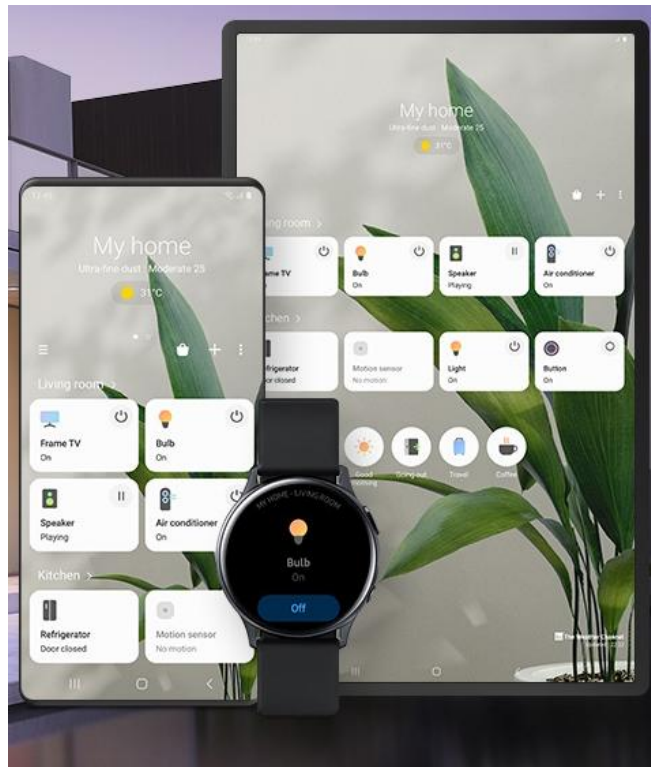


Рисунок 1.8 – Інтерфейс платформи розумного будинку Samsung SmartThings на різних пристроях



Рисунок 1.9 –Протоколи безпроводного зв'язку у розумному будинку

Комунікаційні протоколи та інфраструктура розумного будинку

Однією з ключових складових ефективної роботи системи розумного будинку є обраний протокол безпроводного зв'язку. Кожен із протоколів має свої переваги та обмеження, і вибір залежить від особливостей середовища, кількості пристроїв та очікуваної продуктивності.

Wi-Fi універсальне рішення для базових систем. Найпоширенішим протоколом у сфері розумних будинків є Wi-Fi. Його популярність зумовлена простотою налаштування, широкою сумісністю з більшістю пристроїв і високою швидкістю передачі даних. Wi-Fi чудово підходить для створення базових систем автоматизації. Проте він має обмеження: при великій кількості підключених пристроїв можуть виникати проблеми зі стабільністю з'єднання та високим енергоспоживанням [9].

Zigbee енергоефективність і масштабованість. Для енергоефективного управління численними пристроями зазвичай застосовують Zigbee — протокол, який підтримує мережі типу mesh і дозволяє підключати велику кількість компонентів. Його головна перевага — низьке енергоспоживання за збереження стабільного з'єднання навіть у розгалужених конфігураціях [8–9].

Z-Wave надійність на коротких дистанціях. Ще одним ефективним рішенням є Z-Wave, який набув популярності переважно на західному ринку. Протокол дозволяє побудувати стабільну мережу пристроїв для автоматизації в межах однієї будівлі з мінімальним енергоспоживанням. Його перевага — у роботі на короткій відстані та з низькою ймовірністю конфліктів частот із Wi-Fi [8].

Bluetooth локальний обмін даними. Для взаємодії між пристроями, що знаходяться поруч, зручно використовувати Bluetooth. Цей протокол забезпечує швидкий обмін даними на короткій відстані й не потребує складної інфраструктури. Bluetooth часто застосовується в розумних замках, трекерах, персональних датчиках тощо.

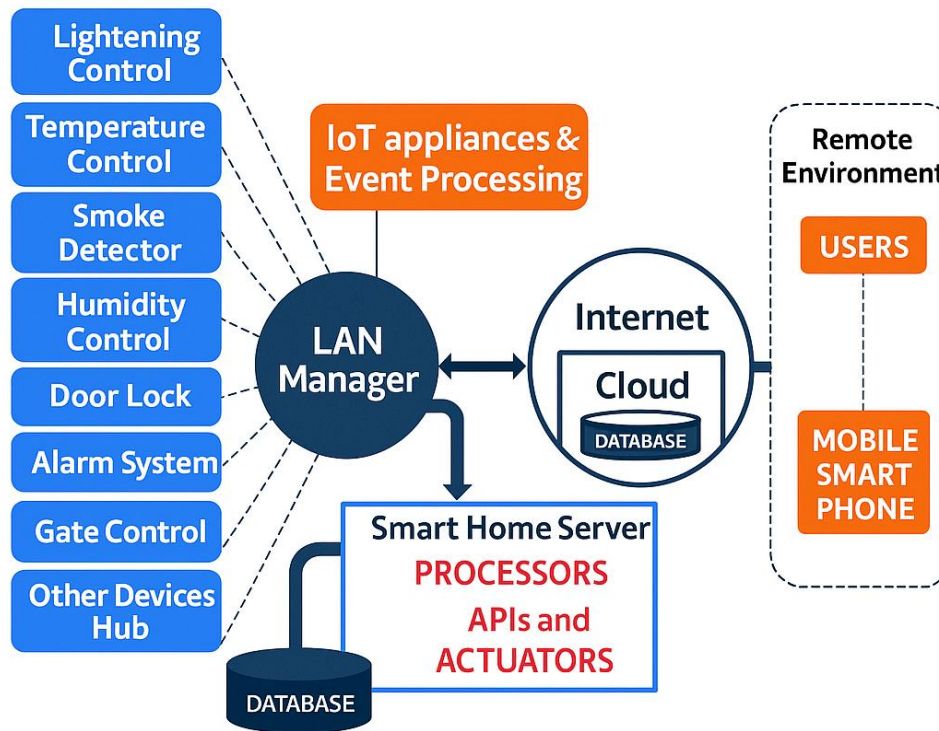


Рисунок 1.10 – Інтеграція розширеного розумного будинку на базі мобільної платформи

Запропонована інтеграція технологічних рішень створює систему розумного будинку, яка вирізняється високим рівнем гнучкості, надійності та зручності в експлуатації. Це досягається за рахунок оперативної обробки команд та забезпечення стабільного комунікаційного зв'язку між окремими компонентами системи, що гарантує ефективну взаємодію та адаптивність під потреби користувача (див. рис. 1.10) [10–11].

Сильні сторони впровадження систем розумного будинку визначаються рядом ключових переваг, які суттєво покращують якість життя, ефективність управління ресурсами та загальний рівень безпеки в житлових приміщеннях. Їх можна умовно розподілити за такими категоріями [12–13]:

- Зручність;
- Енергоефективність;
- Безпека;
- Здоров'я й благополуччя.

1. Зручність є одним з ключових переваг розумного будинку, оскільки автоматизація рутинних процесів, таких як керування освітленням, налаштування температурних режимів чи встановлення будильників, суттєво спрощує повсякденні завдання. Використання голосових асистентів (Google Assistant, Amazon Alexa, Siri) та мобільних додатків для віддаленого управління системами дозволяє користувачам легко і швидко контролювати свій будинок з будь-якої точки світу.

2. Енергоефективність також займає важливе місце серед переваг технологій розумного будинку. Розумні прилади, такі як термостати, системи освітлення та побутові пристрої, дозволяють оптимізувати використання енергоресурсів. Наприклад, автоматичне вимикання освітлення в порожніх кімнатах або автоматичне регулювання температури не тільки економлять енергію, але й знижують витрати на комунальні послуги. Використання аналітики енергоспоживання дозволяє планувати ресурси більш ефективно.

3. Безпека є важливим аспектом використання систем розумного будинку. Інтегровані системи безпеки, що включають відеоспостереження, датчики руху, розумні замки та системи сповіщення, забезпечують комплексний захист житла. Можливість віддаленого контролю та отримання миттєвих повідомлень про потенційні загрози значно посилює рівень безпеки мешканців.

4. Здоров'я й благополуччя мешканців суттєво покращується завдяки системам, що контролюють якість мікроклімату в приміщенні (температуру, вологість, якість повітря). Автоматизоване увімкнення пристроїв, таких як зволожувачі та осушувачі повітря, створює оптимальні умови для здорового та комфортного проживання.

Водночас впровадження розумних технологій супроводжується низкою викликів, серед яких основними є такі [13]:

- Сумісність;
- Конфіденційність та безпека;
- Вартість і доступність;
- Складність використання.

1. Сумісність пристроїв є актуальною проблемою, оскільки відсутні єдині стандарти для інтеграції різних пристроїв у спільну систему. Платформи на кшталт Matter вже створюються для розв'язання цієї проблеми, але вони ще не набули широкого розповсюдження, особливо на міжнародних ринках. Існуючі протоколи Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave та Bluetooth частково вирішують питання сумісності, однак повна інтеграція залишається складним завданням.

2. Конфіденційність та безпека даних є ключовими ризиками. Постійне збирання інформації про поведінку користувачів створює вразливості, які можуть бути використані зловмисниками. Необхідність впровадження надійних механізмів шифрування даних, регулярного оновлення програмного забезпечення та використання безпечних платформ стає важливою умовою успішного функціонування систем.

3. Вартість і доступність також залишаються вагомими перешкодами, оскільки повноцінні рішення можуть бути надто дорогими для широкого кола споживачів. Дешевші базові варіанти часто мають обмежений функціонал, тоді як комплексні системи потребують значних інвестицій.

4. Складність використання є значним бар'єром для менш технічно підготовлених користувачів. Рішення з широкими можливостями налаштувань, такі як Home Assistant чи OpenHAB, потребують значних технічних знань, що ускладнює їх широке впровадження серед звичайних користувачів.

Загалом індустрія розумних будинків демонструє стрімке зростання завдяки розвитку IoT, штучного інтелекту (AI) та хмарних технологій. За оцінками, ринок зросте з \$128,19 млрд у 2024 році до \$251,16 млрд у 2029 році із середньорічним темпом зростання (CAGR) 18,3%. Лідерами ринку залишаються регіони Північної Америки, Європи та Азіатсько-Тихоокеанського регіону (див. рис. 1.11) [14].



Рисунок 1.11 – Темпи зростання інтеграції розумного будинку за версією The Business Research Company [14]

Провідні світові компанії є ключовими двигунами розвитку та інновацій у сфері технологій для розумних будинків. Вони активно інвестують у створення універсальних платформ та інтегрованих рішень, формуючи стандарти та розширюючи доступність цієї технології. До найпомітніших гравців належать:

- Google – із комплексною платформою Nest, що включає системи керування кліматом, безпекою та інтелектуальними пристроями;
- Amazon – розвиває екосистему пристроїв Echo з голосовим помічником Alexa, які інтегрують освітлення, побутову техніку, відеоспостереження та управління мультимедіа;
- Apple – пропонує платформу HomeKit, яка характеризується високим рівнем конфіденційності та зручністю інтеграції пристроїв у єдину екосистему за допомогою додатків на базі iOS;
- Samsung – створила платформу SmartThings, що дозволяє об'єднувати пристрої різних виробників завдяки підтримці відкритих протоколів;
- Xiaomi – активно розширює екосистему інтегрованих розумних пристроїв з акцентом на доступність та інноваційність.



Рисунок 1.12 – Основні світові лідери в сегменті розумних будинків: Google Nest, Amazon Echo, Apple HomeKit, Samsung SmartThings, Xiaomi.

Окрім великих гравців, на ринку існують також інноваційні компанії, які пропонують нішеві рішення, розширюючи функціонал систем розумного будинку. Серед них виділяються:

- Ring – спеціалізується на інтегрованих рішеннях безпеки, зокрема розумних дзвінках і камерах відеоспостереження з дистанційним моніторингом;
- EcoBee – пропонує передові рішення у сфері енергоефективності з інтелектуальними термостатами, які адаптуються до способу життя мешканців.



Рисунок 1.13 – Інноваційні компанії Ring та EcoBee, що розширюють функціонал розумних будинків.

Зростання доступності мереж зв'язку 4G і особливо 5G суттєво прискорило інтеграцію технологій розумного будинку. Висока швидкість та низькі затримки передачі даних дозволили впроваджувати системи з більш чутливою та швидкою реакцією. Технологія 5G відкриває нові можливості виходу розумних систем за межі житлових приміщень, формуючи базис для створення повноцінних розумних міст. Це дозволяє автоматизувати управління міською інфраструктурою, транспортом, комунікаціями та ефективно обробляти значні обсяги даних у реальному часі. Розвиток штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (ML) додатково посилює адаптивність систем до індивідуальних потреб користувачів і середовища, формуючи контекстно-залежні рішення (див. рис. 1.14) [15].

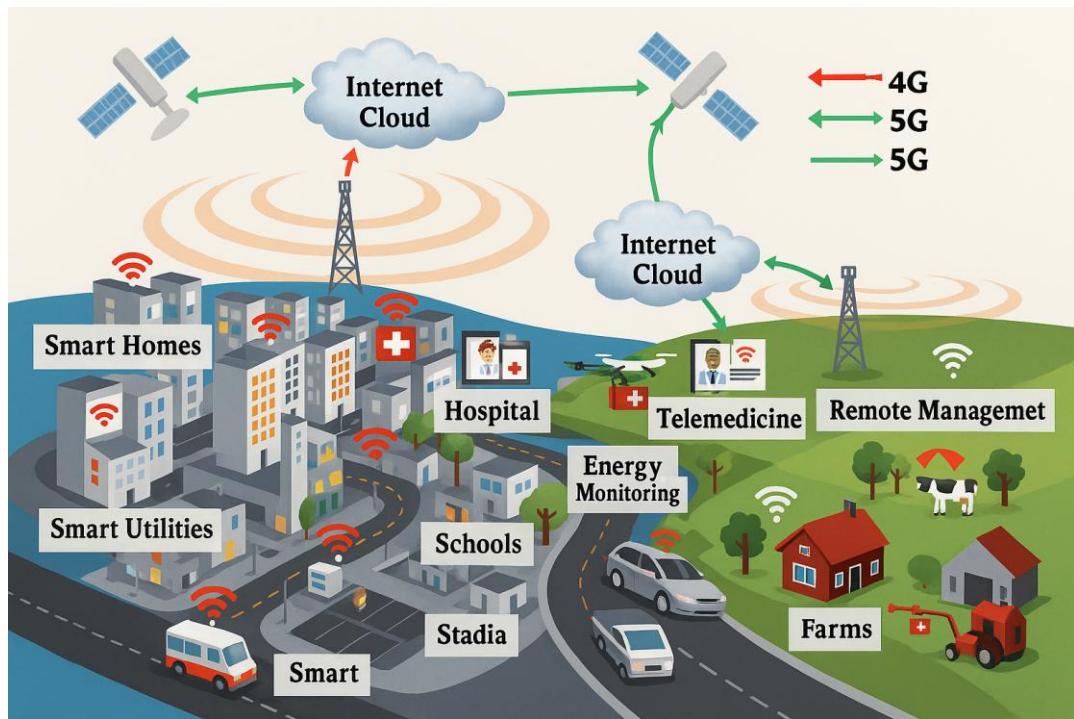


Рисунок 1.14 – Вплив технології 5G на швидкість інтеграції та впровадження IoT-технологій у розумні будинки

Поширення технологій розумного будинку мотивується кількома основними причинами, серед яких виділяють [16]:

1. Екологічна стійкість. Зростає інтерес до технологій, що дозволяють знижувати витрати ресурсів, використовувати альтернативні джерела енергії та мінімізувати екологічний слід домогосподарств.
2. Комфорт та інтуїтивність. Споживачі прагнуть до зручного та мінімалістичного середовища, яке не лише забезпечує простоту у використанні, а й підкреслює індивідуальний стиль житла.
3. Безпека. Попит на інтегровані системи безпеки, такі як відеоспостереження та інтелектуальні датчики руху, суттєво збільшується, особливо в контексті підвищених загроз приватній безпеці.

Уряди багатьох країн активно підтримують поширення розумних технологій через різноманітні фінансові програми, гранти та податкові стимули. Впровадження розумних технологій у міській інфраструктурі, таких як автоматичні системи регулювання руху транспорту, датчики екологічного

моніторингу, інтегровані системи комунального обслуговування, дозволяє значно підвищити ефективність управління міськими ресурсами [17].

Таким чином, сучасні тренди вказують на те, що концепція розумних будинків поступово стає невід'ємною частиною глобальної тенденції розвитку розумних міст, формуючи основу для майбутньої технологічної інтеграції та комфортного життя.

1.2 Методи та засоби підвищення ефективності системи «розумний будинок»

Одними з найважливіших критеріїв при розробці та впровадженні систем «розумного будинку» є зручність і комфорт для користувачів. На сьогоднішній день технології, що використовуються в таких системах, є найбільш ефективними рішеннями для управління комплексом домашніх приладів, систем безпеки, освітлення та мікроклімату. Проте максимальний комфорт і стабільність роботи можливі лише за умови правильно підібраних компонентів та належної конфігурації систем управління.

Основними методами підвищення ефективності та надійності роботи «розумного будинку» є:

- Правильний вибір компонентів. Використання якісних датчиків, контролерів, реле, виконавчих пристроїв та інших компонентів суттєво впливає на надійність та тривалість експлуатації всієї системи. Компоненти повинні бути сумісними між собою і відповідати необхідним стандартам якості та безпеки.
- Оптимізація алгоритмів керування. Важливе значення має застосування оптимізованих алгоритмів керування, які забезпечують оперативну та коректну реакцію на зміну параметрів середовища та поведінку користувачів. Це включає адаптивні алгоритми, що базуються на технологіях штучного інтелекту і машинного навчання, здатні автоматично коригувати свою роботу залежно від поточних умов.
- Інтеграція і стандартизація. Використання стандартних та відкритих протоколів зв'язку (наприклад, Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi, Bluetooth, Matter)

забезпечує гнучкість інтеграції різних пристроїв у єдину систему та зменшує ризики несумісності.

- Регулярний моніторинг і обслуговування. Організація систематичного контролю роботи системи дозволяє швидко виявляти та усувати несправності, підтримуючи стабільну роботу комплексу та забезпечуючи його довгострокову ефективність.

1.2.1 Освітлення у складі систем «розумного будинку»

Ефективне управління енергоспоживанням є невід'ємною частиною забезпечення комфортного та безпечного середовища, як у побуті, так і на виробництві. Значна частина споживаної енергії використовується саме на освітлення, тому важливо забезпечити її раціональне використання без втрати якості освітлення. Це завдання успішно вирішується завдяки впровадженню автоматизованих систем керування освітленням, які можна легко інтегрувати в загальний комплекс автоматизації будівель.

Ключовою метою таких систем є не лише зниження витрат на електроенергію, а й створення максимально комфортних умов перебування у приміщенні. Автоматизовані системи управління освітленням можуть включати як централізовані, так і автономні рішення, які здатні самостійно адаптуватися до поточної ситуації та заданих параметрів. Основні функції цих систем такі [18]:

- оцінювання рівня природного освітлення в приміщенні;
- врахування часу доби та дня тижня для створення оптимальних світлових умов;
- автоматичне визначення присутності людей у приміщенні.

Сучасні тенденції розвитку освітлювальних систем передбачають широке впровадження цифрових технологій замість аналогових. Перевага цифрових систем полягає у можливості гнучкої комунікації, простій інтеграції з іншими інженерними системами будинку, а також можливості управління через єдину мережу без необхідності прокладання додаткових комунікаційних ліній.

Важливим напрямом стає використання бездротових технологій, які значно спрощують процес впровадження та експлуатації систем освітлення.

Типова система розумного освітлення включає такі основні компоненти: освітлювальні прилади (переважно LED-світильники) та електронні системи керування, що забезпечують комфортне та ефективне регулювання параметрів освітлення. Для підвищення ефективності керування LED-освітленням рекомендовано застосовувати такі технології [19]:

1. Стандартний RGB-контролер. Простий одноканальний пристрій для керування RGB-кольорами, оснащений кількома вбудованими програмами, що керуються з пульта дистанційного управління. Для збільшення кількості адресних пристроїв у системі використовуються репітери.

2. Багатоканальний RGB-контролер. Пристрій із трьома або більше каналами керування RGB-світлом, що дозволяє реалізувати складні світлодинамічні сценарії. Керування та програмування можуть здійснюватись за допомогою персонального комп'ютера.

3. DMX RGB-контролер. Це рішення на основі популярного протоколу DMX 512, який дозволяє під'єднати до 512 каналів освітлення через один контролер. Програмування сценаріїв освітлення виконується з ПК через інтерфейс USB.

4. DALI RGB-контролер. Найбільш масштабоване рішення з використанням протоколу DALI, який підтримує двонаправлену передачу цифрових сигналів між пристроями. В системі можна одночасно об'єднати до 12800 пристроїв, які підключаються до 200 ліній за допомогою спеціальних роутерів.

Розумні системи освітлення можуть виконувати низку додаткових функцій, наприклад:

- імітація присутності господарів, коли вони знаходяться поза домом, що підвищує безпеку житла;
- автоматичне регулювання яскравості освітлення під час перегляду телевізора, що забезпечує комфортні умови для очей;

- функція розумного будильника, який поступово збільшує інтенсивність світла вранці;
- сигналізація про надходження дзвінків або повідомлень шляхом мерехтіння ламп або зміни кольору освітлення;
- автоматичне включення світла при поверненні власника додому та голосове управління лампами.

Поєднання систем освітлення з сенсорами руху дає змогу автоматично керувати освітленням у коридорах, ванних кімнатах, коморах, суттєво знижуючи витрати електроенергії. Сенсори руху запобігають випадковому залишенню увімкненого світла, а також усувають необхідність пошуку вимикача в темряві, автоматично активуючи освітлення при вході у приміщення [19].

Сучасні системи освітлення дозволяють створювати особливі світлові сценарії, які додають інтер'єру індивідуальності та комфорту. RGB-світильники, здатні змінювати колір, широко використовуються для декоративного освітлення меблів, шаф, полиць та зон відпочинку. Зручний вимикач чи голосова команда дозволяють користувачу легко змінювати кольори та режими роботи освітлення.

Не менш важливими є світильники зі змінною колірною температурою, які застосовуються для створення комфортних умов роботи або відпочинку. Завдяки можливості регулювати температуру світла, можна легко перейти від активної роботи до відпочинку або навпаки, підлаштовуючи освітлення відповідно до потреб користувача.

Таким чином, впровадження систем розумного освітлення у будинки дозволяє оптимізувати енергоспоживання, підвищити рівень комфорту та безпеки, а також створювати особливі естетичні рішення в інтер'єрах. Це робить дану технологію важливим компонентом сучасного житлового простору.

1.2.2 Система клімат-контролю у складі «розумного будинку»

Система клімат-контролю є однією з ключових складових інженерної інфраструктури «розумного будинку». Вона працює за чітко визначеними

алгоритмами, які дозволяють підтримувати оптимальні параметри мікроклімату в різних зонах житлового простору, забезпечуючи при цьому високу ефективність використання енергетичних ресурсів. Завдяки інтеграції інтелектуальних технологій, система здатна виконувати низку функцій: нагрівання або охолодження повітря, підтримання оптимальної вологості та регулювання якості повітря.

Особливістю сучасних систем клімат-контролю є виключення одночасної роботи кондиціонерів та опалювальних приладів, що дозволяє уникнути надлишкового споживання енергії. Винятком із цього правила є ситуації, коли в приміщеннях використовується «тепла підлога», яка забезпечує комфортну температуру в нижній зоні кімнати навіть під час роботи кондиціонування [20].

Важливою функцією клімат-контролю є регулювання температури у приміщеннях відповідно до режимів життя мешканців. Наприклад, система може автоматично знижувати температуру в нічний час у спальнях, створюючи комфортні умови для сну та економлячи енергоресурси. Також передбачені спеціальні режими роботи, такі як «денна відсутність» і «відпустка». В режимі «відпустка» система кондиціонування та вентиляції повністю відключається, а опалення переходить на мінімальний рівень потужності, забезпечуючи при цьому збереження приміщень і захист обладнання від замерзання. Завдяки можливості дистанційного управління через смартфон або інтернет, користувачі можуть завчасно активувати комфортні кліматичні умови перед поверненням додому [21].

Система клімат-контролю дозволяє індивідуально налаштовувати параметри повітря (температуру, вологість, свіжість) для кожного окремого приміщення, створюючи персоналізовані умови для різних членів сім'ї. Це особливо важливо для таких приміщень, як дитячі кімнати, де необхідно уникати протягів, одночасно підтримуючи достатню циркуляцію свіжого повітря. Незважаючи на складність і різноманіття функцій, система клімат-контролю активно сприяє збереженню енергоресурсів. Наприклад, її можна налаштувати таким чином, щоб у неробочі години чи вихідні дні опалення скорочувалося до мінімуму або повністю відключалося. Це рішення особливо актуальне для

заміських котеджів, де використовується автономне опалення. За допомогою дистанційного керування власники можуть заздалегідь включати котел опалення або перемикати його в режим економії енергії, що дозволяє суттєво знизити витрати на обігрів.

У комерційних будівлях система клімат-контролю не тільки створює оптимальний мікроклімат, а й контролює стан комунікацій, таких як системи теплопостачання, електропостачання та водопостачання. Це забезпечує високий рівень комфорту для працівників і підвищує продуктивність роботи [21].

Окрім житлових та офісних приміщень, система клімат-контролю «розумного будинку» здатна підтримувати оптимальні умови зберігання для спеціалізованих приміщень, таких як бібліотеки, винні льохи чи картинні галереї, де стабільність температури і вологості є ключовими чинниками для збереження цінних предметів.

Для ефективної роботи кліматичних систем використовуються різноманітні датчики, які безперервно фіксують поточні параметри мікроклімату. Також застосовуються пристрої керування у вигляді сенсорних панелей та перемикачів, які дозволяють мешканцям будинку вручну коригувати налаштування. Завдяки цьому система може регулювати параметри повітря відповідно до сезону і часу доби, автоматично управляти режимами провітрювання, керувати радіаторами опалення та «теплою підлогою», а також здійснювати аварійні зупинки при несправностях, що підвищує безпеку експлуатації систем [22].

Таким чином, впровадження сучасної системи клімат-контролю в «розумний будинок» дозволяє створити здоровий, комфортний та енергоефективний мікроклімат, який забезпечує затишні умови для проживання та гарантує надійне збереження матеріальних цінностей.

1.2.3 Системи безпеки і відеоспостереження

Однією з основних функцій «розумного будинку» є забезпечення безпеки житла. Система охорони передбачає постановку та зняття квартири з режиму

охорони за допомогою спеціальної кодової панелі, яка встановлюється у тамбурі або біля входу. Після відкриття входних дверей мешканець має 30 секунд на введення правильного коду. Якщо код не буде введено вчасно або введено неправильно, система автоматично активує сигналізацію, вмикає сирену та надсилає SMS-повідомлення на кілька попередньо заданих номерів телефонів. Крім того, датчики руху, розміщені у ключових зонах квартири (кухня, спальня, вітальня), дають змогу виявляти спроби проникнення через вікна чи інші доступні місця. Схематичне розташування датчиків руху представлено на рис. 1.15.

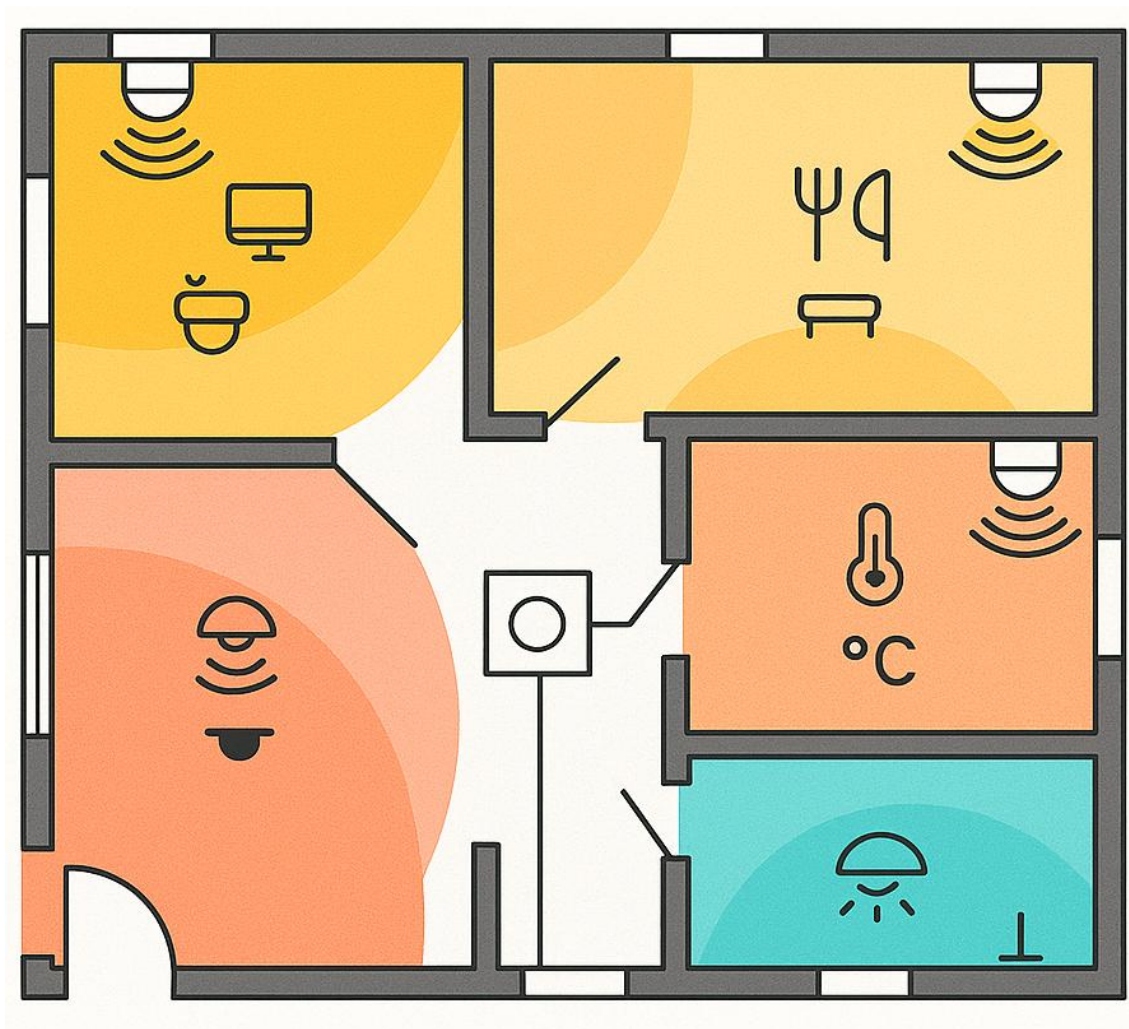


Рисунок 1.15 – Схема застосування датчиків руху в квартирі з системою «розумний будинок»

При виході з квартири достатньо лише ввести код на панелі охорони, після чого «розумний будинок» не тільки активує сигналізацію, але й автоматично вимкне освітлення, а систему опалення переведе в енергоощадний режим [18].

Інтегрована система відеоспостереження забезпечує можливість перегляду камер з будь-якого телевізора, смартфона або планшета. Також система дозволяє дистанційно керувати входними воротами та дверима, забезпечуючи доступ гостям. Усі події записуються та зберігаються, що дозволяє переглянути записи в будь-який зручний момент. Камери здатні автоматично реагувати на рух, фокусуючись на відповідних ділянках будинку чи прилеглої території. Власник може встановити як плановий моніторинг (наприклад, щоденні перевірки), так і позаплановий режим (наприклад, при виявленні руху або незвичайної активності) [18].

Якщо система виявить порушення периметра безпеки або спробу злому, вона негайно сповістить про це власників, а за необхідності – охоронну службу. В інтеграції з відеоспостереженням система здійснює автоматичну відеофіксацію всіх підозрілих подій.

Додатково система безпеки може бути пов'язана із системами пожежної сигналізації. У разі пожежної загрози система не лише повідомляє власників та пожежну службу, а й автоматично відключає електропостачання та перекриває газ. Подібні інтегровані рішення реалізуються шляхом з'єднання системи «розумний будинок» із спеціалізованими охоронно-пожежними комплексами.

1.2.4 Контроль протікання води і витоку газу

Системи аварійної сигналізації, що входять до складу «розумного будинку», забезпечують оперативне реагування на виникнення надзвичайних ситуацій, таких як витік газу чи води. Датчики витоку моментально передають інформацію на центральний контролер, який автоматично перекриває подачу води чи газу електромеханічним клапаном, запобігаючи потенційним аваріям. Одночасно про

подію інформуються власники будинку через SMS-повідомлення та, за необхідності, відповідні аварійні служби [19].

Для контролю протікання води використовуються спеціалізовані датчики, які встановлюються у найбільш вразливих місцях квартири, таких як санвузли, кухня та місця проходження трубопроводів (див. рис. 1.16). Ці датчики здатні виявити навіть незначні протікання та миттєво передати інформацію до центрального контролера, який перекриває водопостачання і сигналізує власникам [21].

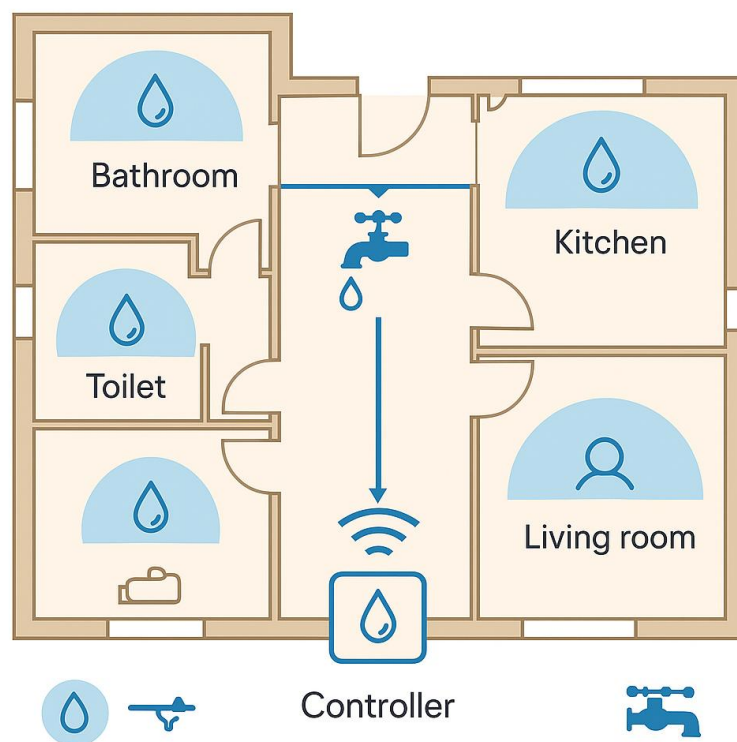


Рисунок 1.16 – Схема використання датчиків протікання води

1.2.5 Штучний інтелект у системах «розумного будинку»

За прогнозами компанії Cisco, приблизно 46% програмних додатків для «розумних будинків», що забезпечують безпеку, автоматизацію, відеоспостереження та інші функції, працюватимуть на основі штучного інтелекту (ШІ). Інтеграція таких рішень значно підвищить доступність керування електронними пристроями. Більшість домашніх приладів зможуть

контролюватися за допомогою смартфонів і планшетів через Інтернет речей (IoT). Вже сьогодні існують популярні інтегровані платформи, такі як Amazon Echo та Google Home, що підтримують голосові команди та об'єднують різноманітні пристрої в єдину систему [21].

Майбутнє автоматизації побуту – створення повністю адаптивного середовища, яке автоматично готує житло до повернення власника: регулює температуру, відкриває штори, запускає приготування кави або вмикає музику. Такі функції вже частково доступні в сучасних централізованих системах.

Популярні сучасні смарт-системи [23]:

- Nest;
- HomeKit;
- Wink;
- Z-Wave;
- Zigbee;
- SmartThings;
- Brillo.

Найбільшими гравцями на ринку сьогодні залишаються Amazon Alexa, Apple HomeKit і Google Home. Водночас існують і бюджетні рішення, такі як Orvibo Security Kit [23].

Голосові помічники стали особливо важливими для забезпечення комфортного життя людей похилого віку та осіб з інвалідністю, яким важко самостійно керувати побутовими приладами. В цих випадках автоматизація стає не лише зручністю, а й життєвою необхідністю.

Загальна структура «розумного будинку» складається з таких компонентів:

- пристрої та датчики;
- мікроконтролери та сервери;
- канали зв'язку та хмарні сервіси;
- мобільні пристрої для управління.

Групи контролю, що забезпечуються системою, включають:

- Освітлення – контроль освітленості у взаємодії з датчиками присутності.

- Енергозбереження – оптимізація роботи всіх пристроїв.
- Клімат-контроль – регулювання параметрів мікроклімату відповідно до потреб користувача.
- Безпека – захист від несанкціонованого вторгнення і попередження аварій.
- Контроль протікання води та газу – оперативне реагування на аварійні ситуації.
- Штучний інтелект – аналіз даних та автоматичне налаштування роботи систем для забезпечення максимального комфорту і безпеки.

Таким чином, використання штучного інтелекту робить системи «розумного будинку» ще більш ефективними, комфортними і безпечними для повсякденного життя.

2 ТЕХНІЧНІ ПРИНЦИПИ КЕРУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ МЕРЕЖАМИ БУДИНКУ

2.1 Інженерні мережі будинку: особливості керування та моніторингу

Інженерні мережі сучасного розумного будинку охоплюють цілий спектр автоматизованих систем, призначених для оптимізації клімату, енергоспоживання, освітлення, безпеки, водопостачання, каналізації та інших інфраструктурних процесів. Особливістю таких мереж є можливість централізованого і гнучкого керування за допомогою різноманітних інтерфейсів — від мобільних додатків на смартфонах і планшетах до пультів ДК та голосових асистентів, як-от Amazon Alexa, Google Assistant чи Apple Siri. Попри широкий вибір засобів керування, усі системи об'єднує високий рівень інтеграції та автоматизації, що забезпечує злагоджену роботу інженерної інфраструктури будинку.

У цьому розділі розглянуто основні підходи до управління і моніторингу інженерних мереж, а також їх роль у забезпеченні енергоефективності, комфорту і безпеки.



Рисунок 2.1 – Можливості управління системами «Розумного будинку»

Головною перевагою інженерних мереж у «розумному будинку» є їх інтеграція під єдиним центральним контролером. Такий підхід дозволяє координувати роботу опалення, вентиляції, кондиціонування, освітлення, водопостачання та електропостачання, забезпечуючи не лише комфортне керування, а й суттєве зменшення витрат енергії. Центральний контролер дозволяє оперативно реагувати на зміни в навколишньому середовищі та автоматично налаштовувати режими роботи систем відповідно до заданих сценаріїв чи поведінки мешканців.

Моніторинг роботи інженерних мереж є ключовим фактором для підтримки безпеки, економії ресурсів та комфорту:

- Системи опалення. Інтелектуальні датчики температури безперервно відстежують мікроклімат у кожному приміщенні, дозволяючи своєчасно виявляти відхилення від заданих параметрів, уникати перегріву чи переохолодження і своєчасно інформувати мешканців через мобільний додаток або сенсорний дисплей.
- Системи вентиляції та кондиціонування. Стан повітря (температура, вологість, рівень CO₂) контролюється у режимі реального часу. Система автоматично сповіщає про необхідність обслуговування, наприклад, заміни або очищення фільтрів, що дозволяє підтримувати якість повітря на високому рівні.
- Системи водопостачання та каналізації. Датчики тиску, температури та протікання забезпечують своєчасне виявлення аварійних ситуацій, таких як витік або переповнення води. Завдяки автоматичному інформуванню мешканців і можливості віддаленого керування, значно скорочуються ризики пошкодження майна.
- Системи електропостачання. Контроль електромереж дозволяє своєчасно виявляти перевантаження, скачки напруги та інші несправності, що можуть бути потенційно небезпечними. Крім того, система фіксує споживання електроенергії, дозволяючи оптимізувати витрати й уникати зайвих витрат.

Сучасні системи моніторингу дедалі частіше інтегрують інструменти штучного інтелекту (ШІ), які дозволяють аналізувати великий обсяг даних і

приймати оптимальні рішення без участі людини. Завдяки цьому досягається новий рівень адаптивності й ефективності керування інженерною інфраструктурою.

Основні напрямки застосування ІІІ:

- Розпізнавання активності. Аналіз поведінки мешканців та виявлення аномальної або підозрілої активності (Hive Link, Essence Care@Home).
- Обробка даних. Інтеграція й аналіз інформації з різних джерел (August Smart Lock + Connect, Nest Protect), що дає змогу виявляти взаємозв'язки і формувати оптимальні сценарії керування.
- Розпізнавання голосу. Завдяки голосовим помічникам (Amazon Alexa, Google Home, Apple HomePod) користувачі можуть керувати системою безпосередньо, використовуючи природну мову.
- Розпізнавання зображень. Інтелектуальні камери використовують ІІІ для ідентифікації облич, аналізу ситуацій, виявлення потенційних загроз (Nest Cam, Canary All-In-One, Netatmo Welcome).
- Автоматичне прийняття рішень. Система автономно реагує на надзвичайні події: наприклад, вмикає тривогу, викликає службу безпеки, змінює робочі режими систем (Arlo Ultra, Ecobee4).
- Прогнозування. На основі аналізу накопичених даних ІІІ формує прогнози щодо поведінки мешканців та стану мереж (Nest Thermostat, Viaroom Home, Olly), адаптуючи роботу систем під індивідуальні сценарії.

2.2 Датчики та виконавчі механізми

Система «розумний будинок» є складною сукупністю технологій, які забезпечують комфорт, безпеку, енергоефективність та оптимізацію витрат у житлових приміщеннях. Однією з ключових складових такої системи є використання різноманітних датчиків і виконавчих механізмів (актюаторів), які дозволяють автоматизувати контроль за станом будинку та ефективно керувати енергоресурсами.

Датчики є першою ланкою будь-якої системи домашньої автоматизації. Це пристрої, які фіксують різні фізичні параметри довкілля (світло, рух, звук, вологість, температуру, тиск, рівень газу, присутність тощо) та передають відповідну інформацію до центрального контролера або обраної системи управління. Використання датчиків дозволяє не лише реагувати на зміни середовища, а й прогнозувати майбутні події та оптимізувати роботу системи.

Навіть базовий набір – датчики температури, вологості, руху, світла, звуку – дає змогу реалізувати багатофункціональні сценарії керування:

- Датчик температури і вологості — для клімат-контролю, моніторингу рослин, попередження про протікання у ванній чи на кухні.
- Датчик руху — для автоматичного вмикання світла у кімнаті чи коридорі, сигналізації, дистанційного моніторингу безпеки.
- Датчик світла — для оптимізації освітлення, створення умов «присутності», підвищення енергоефективності.
- Датчик звуку — для виявлення небезпечних ситуацій (наприклад, розбиття скла) або реалізації функції радіоняні.

Розвиток сенсорних технологій дозволив створити автономні рішення для підтримки незалежного життя людей похилого віку, контролювати їхню активність без втручання у приватне життя. Сучасні «розумні» датчики часто мають вбудований інтелект, який дозволяє аналізувати дані в реальному часі, викликати попередження при виявленні аномалій та підтримувати здоров'я і безпеку мешканців.

Бездротові сенсорні мережі (Wireless Sensor Networks, WSN) широко застосовуються для збирання та обробки даних, наприклад у системах моніторингу здоров'я (проект SINDI), лабораторіях «Smart Medical Home» або мережах ALARM-NET для підтримки людей з обмеженими можливостями.

Актюатори – це пристрої, які виконують команди, отримані від контролерів системи. Вони безпосередньо впливають на фізичні параметри середовища: відкривають або закривають клапани води чи газу, змінюють температуру кондиціонерів, регулюють роботу систем поливу, відкривають двері чи вікна,

вмикають побутові прилади тощо. Актюатори бувають різних типів: електромеханічні, гідравлічні, пневматичні, твердотільні (solid-state).

Диммери — це пристрої для регулювання яскравості світла. Вони можуть бути ручними або програмованими, а також інтегрованими у систему «розумного будинку». Диммери дозволяють автоматично змінювати освітлення відповідно до часу доби, сценаріїв комфорту чи присутності мешканців. Сучасні моделі підтримують дистанційне керування через смартфон або пульт, а також налаштування світлових сцен. Спеціальні моделі призначені для різних типів ламп — від ламп розжарювання до LED і люмінесцентних.

Вимикачі у «розумному будинку» можуть бути як класичними механічними, так і електронними. Електронні вимикачі оснащені мікроконтролером, який приймає команди від центрального контролера та дозволяє управляти пристроями віддалено (через додаток чи комп'ютер). Вимикачі можуть підтримувати додаткові функції — регулювання яскравості, інтеграцію із системами клімат-контролю, підключення до системи безпеки тощо.

Всі ці компоненти об'єднані у централізовану архітектуру, яка забезпечує координацію роботи сенсорів і актюаторів для створення інтелектуального середовища.



Рисунок 2.2 – Централізована архітектура домашньої автоматизації

2.3 Протоколи обміну даними

Для ефективної взаємодії компонентів системи «розумний будинок» використовуються різні протоколи обміну даними, які визначають формат, структуру, порядок і захист інформації під час передачі. Саме ці протоколи забезпечують стабільну та безпечну роботу мережі, дозволяють інтегрувати пристрої різних виробників і дають змогу реалізувати складні сценарії автоматизації.

Wi-Fi є однією з найпоширеніших технологій бездротової передачі даних, яка базується на стандарті IEEE 802.11. Він забезпечує високу швидкість і стабільність з'єднання, дозволяє передавати великі обсяги даних між пристроями та забезпечує доступ до Інтернету.

Основні переваги Wi-Fi:

- широкий вибір пристроїв, які підтримують цей стандарт;
- простота розгортання та налаштування мережі;
- висока швидкість передачі;
- можливість інтеграції з існуючою інфраструктурою.

Wi-Fi може використовуватись не тільки для обміну даними між контролером і виконавчими пристроями, а й для організації віддаленого доступу до системи. Останні досягнення дозволяють використовувати Wi-Fi навіть для безконтактного зондування простору й аналізу активності всередині приміщень.

Z-Wave — це радіотехнологія з низьким енергоспоживанням, яка спеціально створена для систем автоматизації житла. Вона працює на частотах до 1 ГГц, завдяки чому має низький рівень інтерференції з іншими мережами (наприклад, Wi-Fi чи Bluetooth).

Переваги Z-Wave:

- оптимізована для передачі простих команд із мінімальною затримкою;
- енергоефективність (актуально для пристроїв, що живляться від батарейок);
- стійкість до перешкод;

- підтримка до 232 пристроїв у межах однієї мережі, чого цілком достатньо для житлового використання;
- простота налаштування та експлуатації.

ZigBee — це стандарт бездротового зв'язку на базі IEEE 802.15.4, орієнтований на створення мереж з великою кількістю пристроїв із низьким енергоспоживанням.

Основні особливості ZigBee:

- координатор мережі забезпечує обмін даними між усіма вузлами (освітлення, побутова техніка, датчики тощо);
- швидкість передачі до 250 кбіт/с, достатня для задач автоматизації;
- робочий діапазон — до 1 км (залежно від потужності й особливостей мережі);
- гнучкість розгортання та підтримка складних топологій (mesh-мережа).

Bluetooth та Bluetooth Low Energy (BLE)

Bluetooth — популярна технологія бездротової передачі даних на короткі відстані. BLE (Bluetooth Low Energy) — це удосконалений варіант Bluetooth, який оптимізовано для пристроїв із низьким енергоспоживанням. Переваги BLE:

- мінімальні витрати енергії (підтримка роботи від батарейки протягом місяців чи років);
- ідеально підходить для датчиків, трекерів і переносних пристроїв;
- простота інтеграції з мобільними пристроями.

Додаткові протоколи

- Thread — сучасний мережевий протокол для IoT, орієнтований на високу безпеку, масштабованість та підтримку mesh-топології.
- MQTT, CoAP, HTTP — протоколи вищого рівня для обміну даними між пристроями, сервером і хмарними платформами. Вони забезпечують передачу команд, даних моніторингу, сповіщень та інтеграцію з мобільними чи веб-додатками.

2.4 Організація віддаленого доступу для керування та одержання повідомлень

Віддалений доступ є одним із ключових функціональних елементів сучасної системи розумного будинку. Завдяки цій можливості користувачі можуть контролювати та керувати усіма основними функціями (освітлення, клімат-контроль, безпека, побутова техніка тощо) незалежно від свого фізичного місцезнаходження, використовуючи смартфони, планшети чи комп'ютери.

Основні компоненти організації віддаленого доступу

1. Інтернет-підключення

Стабільне та швидкісне підключення до Інтернету є базовою вимогою для організації віддаленого доступу. Від якості з'єднання залежить своєчасність реагування системи, швидкість передачі команд та надходження сповіщень.

2. Центральний контролер

Центральний контролер (або хаб, мікрокомп'ютер) здійснює збір, обробку й маршрутизацію команд між усіма пристроями розумного будинку. Зазвичай він оснащений модулями для підключення до Інтернету (через Ethernet, Wi-Fi, LTE тощо) та підтримує внутрішні бездротові протоколи зв'язку, такі як Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave, Bluetooth, які використовуються для сполучення із сенсорами, виконавчими механізмами та іншими пристроями системи.

3. Мобільні додатки та програмне забезпечення

Для забезпечення дистанційного керування й моніторингу застосовуються спеціалізовані мобільні додатки або веб-інтерфейси, які працюють як із локальною, так і з віддаленою інфраструктурою розумного будинку. Такі додатки, як Bosch Smart Home App, Google Home, Apple Home, Samsung SmartThings тощо, дозволяють:

- Керувати окремими пристроями чи сценаріями.
- Налаштовувати автоматизацію.
- Отримувати push-сповіщення, повідомлення про події чи аварії.
- Аналізувати історію змін та статусу системи.

4. Хмарні сервіси та бази даних

Більшість сучасних систем використовують хмарні сервери для централізованого зберігання даних, конфігурації, журналів подій та аналітики. Дані, отримані від сенсорів (наприклад, температури, руху, відкриття дверей), агрегуються у базі даних, що дозволяє користувачеві отримувати зручну візуалізацію, формувати звіти чи налаштовувати сповіщення про нештатні ситуації.

5. Сервери та API

Сервер або API виступає як проміжна ланка між зовнішніми (користувацькими) і внутрішніми (системними) інтерфейсами. Він:

- Опрацьовує отримані дані від датчиків і зберігає їх у базі даних.
- Приймає команди від мобільних додатків чи веб-інтерфейсів.
- Передає завдання на виконання актюаторам (наприклад, включити опалення, вимкнути світло, відкрити замок).
- Фільтрує й обробляє дані для подальшої аналітики та звітності.

Використовувані протоколи зв'язку для організації взаємодії між різними компонентами системи можуть включати HTTP(S), MQTT, CoAP тощо, що забезпечує гнучкість та надійність зв'язку, а також безпеку даних.

Вся система складається з внутрішньої мережі розумного будинку, що взаємодіє через центральний контролер із хмарним сервером, де зберігаються дані й обробляються команди. Користувач отримує доступ до керування і моніторингу через мобільний чи веб-додаток, навіть перебуваючи за межами дому.

Переваги організації віддаленого доступу

- Повний контроль над житлом у будь-який час і з будь-якого місця.
- Оперативне отримання сповіщень про тривожні події (пожежа, протікання води, проникнення тощо).
- Можливість швидкого реагування: керування замками, системами безпеки, освітленням, кліматом дистанційно.
- Збір статистики та аналіз енерговитрат, історії подій, оптимізація налаштувань.

- Гнучкість і масштабованість: інтеграція нових пристроїв та сервісів.

Таким чином, завдяки використанню хмарних платформ, сучасних протоколів обміну даними та зручних інтерфейсів, організація віддаленого доступу стала невід’ємною частиною інтелектуальних систем управління будинком, підвищуючи їхню ефективність, безпеку та комфорт для користувачів (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Порівняння варіантів організації віддаленого доступу

Параметр	Локальний доступ (Wi-Fi/LAN)	Віддалений доступ через хмарний сервер	Віддалений доступ через VPN/Proxu
Спосіб підключення	Прямий доступ у локальній мережі	Доступ через Інтернет та хмарну платформу	Доступ через VPN або проксі-сервер
Безпека	Висока (локальна мережа)	Залежить від захисту хмарної платформи	Висока за правильної конфігурації
Вимоги до інтернету	Необов’язковий	Обов’язковий	Обов’язковий
Зручність	Висока в межах дому	Дуже висока, доступ з будь-якої точки світу	Середня (потрібне налаштування VPN)
Можливість інтеграції	Обмежена	Висока (API, мобільні додатки, голосові асистенти)	Обмежена
Оповіщення та сценарії	Локальні, без зовнішніх сервісів	Миттєві push-сповіщення, автоматизація	Залежить від підтримки додатка
Швидкість реакції	Максимальна, немає затримок	Висока, але залежить від інтернет-з’єднання	Висока
Налаштування	Просте, мінімальні вимоги	Залежить від сервісу (зазвичай дуже просте)	Складніше, потрібні технічні навички

2.5 Безпека мережі електронних комунікацій при керуванні інженерними мережами

Незважаючи на значні переваги та зручність, які надають системи «розумного будинку», питання безпеки залишається одним із найскладніших і найбільш актуальних для сучасної інженерної інфраструктури. Зі зростанням популярності й кількості таких систем зростає і рівень ризику зламу або несанкціонованого доступу до мережі розумного будинку.

Основні виклики безпеки

1. Гетерогенна та динамічна мережа Типова архітектура розумного будинку складається з пристроїв різних виробників, які взаємодіють через різні протоколи, зберігають дані в різних місцях та мають різний рівень захисту. Така динамічна й неоднорідна мережа створює широкий простір для потенційних атак, оскільки уразливість одного пристрою може скомпрометувати всю систему.

2. Швидкість розвитку IoT і низькі стандарти безпеки Завдяки вибуховому зростанню ринку Інтернету речей, з'являється багато нових пристроїв і стартапів, які нерідко зосереджуються на швидкому виведенні продукту на ринок, а не на питаннях безпеки. Це призводить до появи уразливих пристроїв із низьким рівнем захисту, стандартними (або відомими) паролями, відсутністю оновлень та шифрування, які можуть стати «слабким місцем» для всієї мережі.

3. Центральний контролер — ключова ланка Центральний контролер, який об'єднує усі підсистеми, є критичним елементом безпеки. Якщо атакувальник отримає доступ до контролера (через злам хмарного сервера, вразливість у пристрої чи мережі), він може отримати доступ до усіх персональних даних власника, зокрема паролів, адрес, розкладів, електронних адрес тощо. Крім того, невірно захищені резервні копії, які містять ці дані, також можуть бути джерелом витоку інформації.

4. Незахищений обмін файлами конфігурації Обмін конфігураційними файлами (наприклад, при синхронізації або оновленні налаштувань) без використання шифрування може призвести до перехоплення чи підміни інформації. Це дає змогу зловмиснику не лише змінити параметри системи, а й отримати облікові дані користувача.

5. Людський фактор Високий рівень популярності розумних будинків призвів до того, що багато користувачів не мають достатньої підготовки з питань інформаційної безпеки. Встановлення пристроїв з обліковими даними за замовчуванням, відсутність регулярних оновлень чи неправильне налаштування часто стають основною причиною компрометації системи.

Основні заходи захисту

- Використання складних і унікальних паролів для всіх пристроїв та сервісів.

- Шифрування комунікацій між пристроями, контролером і сервером (наприклад, використання HTTPS, TLS, WPA3 тощо).
- Регулярне оновлення програмного забезпечення всіх елементів системи (контролерів, датчиків, виконавчих механізмів).
- Перевірка та аудит сторонніх додатків і підключень, недопущення використання несертифікованих або підозрілих пристроїв.
- Використання сучасних стандартів безпеки (наприклад, Thread, який забезпечує автентифікацію та шифрування на всіх рівнях взаємодії між пристроями).
- Впровадження багатофакторної автентифікації та обмеження прав доступу для різних користувачів.
- Моніторинг і аналіз подій безпеки в реальному часі для своєчасного виявлення аномальної активності.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» НА БАЗІ КОНТРОЛЕРА ARDUINO

3.1 Архітектура і алгоритм роботи системи керування

Для реалізації системи управління в проекті «розумного будинку» доцільно використати централізовану архітектуру. Такий підхід дозволяє використовувати недорогі та компактні датчики, а також значно спрощує процес розробки: програмування необхідно здійснювати лише для центрального контролера, що обробляє усі сигнали від підключених сенсорів.

На блок-схемі (рис. 3.1) представлена структура запропонованої централізованої системи керування.

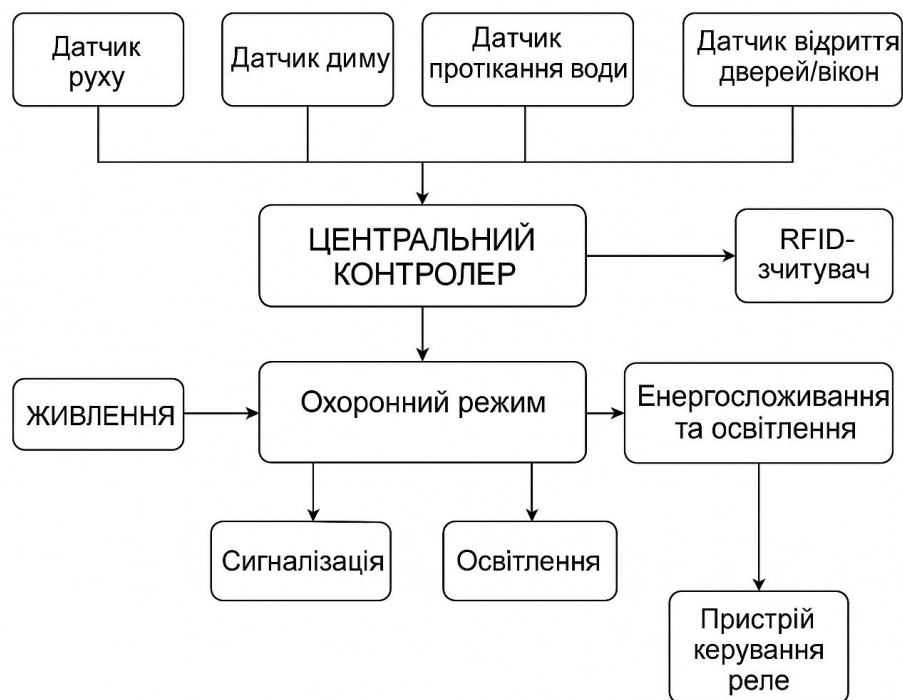


Рисунок 3.1 – Блок-схема централізованої системи керування «розумного будинку»

У межах проекту моніторинг параметрів навколишнього середовища здійснюється на основі показників від датчиків руху, диму, протікання води, відкриття дверей та вікон, які розташовані у різних зонах будинку. Вся зібрана

інформація передається на центральний контролер, де аналізується у реальному часі. На основі результатів аналізу система автоматично виконує відповідні дії для забезпечення безпеки, енергоефективності чи зручності користувача.

Особливістю даної моделі є можливість перемикання між різними режимами роботи за допомогою RFID-ключа. Кожний користувач має персональний RFID-ключ, зареєстрований у системі. У разі спроби використання невідомого ключа зчитувач автоматично блокується на визначений період, не змінюючи поточного режиму.

Модель включає два основних режими роботи з відповідними алгоритмами:

1. Охоронний режим. У цьому режимі активується підсистема безпеки: надається живлення датчикам руху, відкриття дверей/вікон і сигналізації. У випадку фіксації руху або несанкціонованого відкриття дверей/вікон система одразу вмикає сигналізацію та надсилає сповіщення користувачу.
2. Режим енергоспоживання та освітлення. Під час цього режиму здійснюється подача живлення на електромережу будинку. Освітлення у кімнатах вмикається автоматично при появі людини, а якщо рух відсутній протягом певного часу – світло вимикається для економії електроенергії. Це особливо корисно, коли власник залишає приміщення на тривалий час.

Джерелом живлення системи є як основне (мережа), так і альтернативні (вітрогенератор, акумулятор, зарядний пристрій) джерела електроенергії, що підвищує надійність роботи системи навіть за умов аварійного відключення електрики.

3.2 Вибір апаратних засобів

Для побудови центрального контролера запропоновано використати платформу Arduino UNO, яка є однією з найпопулярніших відкритих апаратних платформ для створення прототипів електронних систем. Arduino UNO — це компактна друкована плата на базі мікроконтролера, що характеризується відкритою архітектурою та широкою підтримкою з боку спільноти розробників.

Такий вибір обумовлений доступною вартістю, простотою підключення периферійних пристроїв та зручністю програмування.

Переваги платформи Arduino:

- Arduino UNO є самостійним обчислювальним пристроєм із власною пам'яттю, що підтримує підключення різних сенсорів, датчиків, моторів та інших виконавчих механізмів.
- Плата дозволяє зчитувати аналогові та цифрові сигнали з підключених датчиків, обробляти ці сигнали відповідно до заданих алгоритмів і формувати вихідні сигнали для управління зовнішніми пристроями.
- Завдяки відкритій платформі можливо змінювати схему пристрою та інтегрувати додаткові модулі й розширення, що підвищує гнучкість і масштабованість проєкту.

Технічні особливості Arduino UNO R3: Arduino UNO R3 (на мікроконтролері ATmega328P із додатковим чіпом ATmega16U2) має 14 цифрових входів/виходів (з них 6 можуть працювати у режимі ШІМ), а також 6 аналогових входів. Чіп Atmega16U2 дозволяє використовувати плату як USB-пристрій різних типів (наприклад, миша, клавіатура або накопичувач). Можливості плати можуть бути розширені за допомогою додаткових модулів.

Живлення плати здійснюється через USB або зовнішнє джерело живлення (напруга 7–12 В рекомендована). Максимальний струм для одного цифрового виводу — до 40 мА, загальний для всієї плати — до 200 мА.



Рисунок 3.2 – Плата Arduino UNO

Таблиці 3.1 – Основні характеристики Arduino UNO R3

Параметр	Значення
Тип мікроконтролера	ATmega328P
Напруга живлення мікроконтролера	5 В
Рекомендована напруга живлення плати	7–12 В
Максимально допустима напруга	6–20 В
Максимальний струм мікроконтролера	200 мА
Кількість цифрових входів/виходів	14
Кількість виходів ШІМ	6
Кількість аналогових входів	6
Допустимий струм цифрових виходів	20 мА
Струм виходу 3,3 В	50 мА
Об'єм флеш-пам'яті	32 кБ
Об'єм оперативної пам'яті	2 кБ
Об'єм енергонезалежної пам'яті	1 кБ
Частота тактування	16 МГц
Довжина плати	68,6 мм
Ширина плати	53,4 мм
Вага	25 г

Зчитування даних з Arduino здійснюється через USB-інтерфейс, після чого комп'ютер розпізнає плату як пристрій з COM-портом. Платформа також може функціонувати автономно при підключенні зовнішнього живлення або використанні альтернативного каналу зв'язку.

Для роботи системи також необхідно застосовувати додаткові сенсорні модулі, зокрема RFID-зчитувач RC522, який відповідає за ідентифікацію користувача для доступу до функцій системи, керування сигналізацією та живленням електромережі. До комплекту входять RFID-ключ та карта, які ідентифікують користувача безконтактно (рис. 3.2).

Радіочастотна ідентифікація (RFID) — це технологія автоматичної безконтактної ідентифікації об'єктів через унікальний цифровий код, що міститься в електронній мітці. Зчитувач генерує електромагнітне поле, мітка відповідає власним сигналом, який обробляється і передається для подальшої обробки.

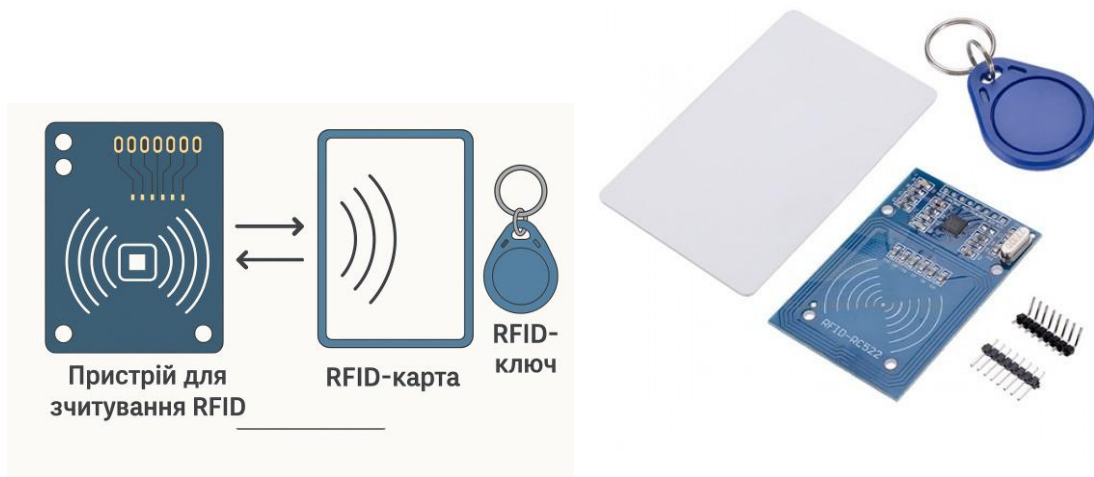


Рисунок 3.3 – Зчитувач RFID RC522, RFID-карта і RFID-ключ

Для автономної роботи і живлення системи використовується компактний зарядний пристрій на базі контролера TP4056 із вбудованим захистом для літєвих акумуляторів, струмом до 1А. Цей пристрій підтримує підключення через microUSB або клеми та може використовуватися для живлення як самої плати Arduino, так і зовнішніх сенсорів і модулів (рис. 3.3).

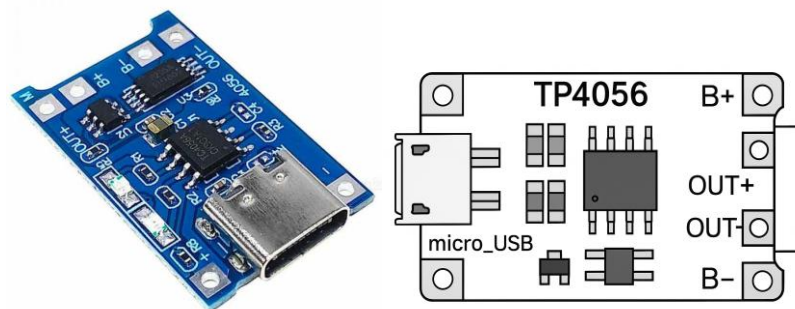


Рисунок 3.4 – Зарядний пристрій з контролем і захистом TP4056

Схема підключення системи «Розумний будинок» на базі контролера Arduino UNO охоплює основні функціональні блоки, необхідні для забезпечення автоматизованого моніторингу та керування параметрами житлового приміщення. Кожен модуль підключається до визначених цифрових входів/виходів плати Arduino відповідно до його призначення:

- Датчик руху (PIR) підключено до цифрового входу D2, що дозволяє фіксувати присутність людини у приміщенні.
- Датчик відкриття дверей/вікон підключається до входу D3 і слугує для контролю стану доступу до житла (відкриття або закриття дверей та вікон).
- Датчик диму під'єднано до входу D4, забезпечуючи виявлення задимлення у приміщенні та підвищення рівня пожежної безпеки.
- Датчик протікання води підключається до входу D5, що дозволяє своєчасно фіксувати аварійні ситуації, пов'язані з витоками води.
- Світлодіод (який імітує систему освітлення) підключено до виходу D7 для демонстрації автоматичного керування освітленням.
- Сирена (звуковий індикатор тривоги) підключається до виходу D8 і активується при виникненні аварійної або нештатної ситуації (наприклад, проникнення чи пожежа).
- RFID-зчитувач RC522 підключається за допомогою інтерфейсу SPI:
 - SCK – D13,
 - MISO – D12,
 - MOSI – D11,
 - SS (SDA) – D10,
 - RST – D9,
 - Живлення (3.3V) – до 3.3V плати Arduino,
 - GND – до GND плати Arduino.

Джерело живлення для контролера Arduino UNO забезпечується через USB-кабель або зовнішній адаптер (7-12 В), а RFID-модуль живиться стабільною напругою 3.3 В.

Така схема (рисунк 3.5) забезпечує централізовану обробку інформації з усіх підключених датчиків. Arduino UNO у режимі реального часу реагує на зміну стану будь-якого з датчиків і виконує відповідні дії: вмикає або вимикає освітлення, активує сирену, змінює режими роботи залежно від ідентифікації RFID-ключа. Це дозволяє досягти автоматизації основних процесів житла та підвищити рівень безпеки, комфорту й енергоефективності.

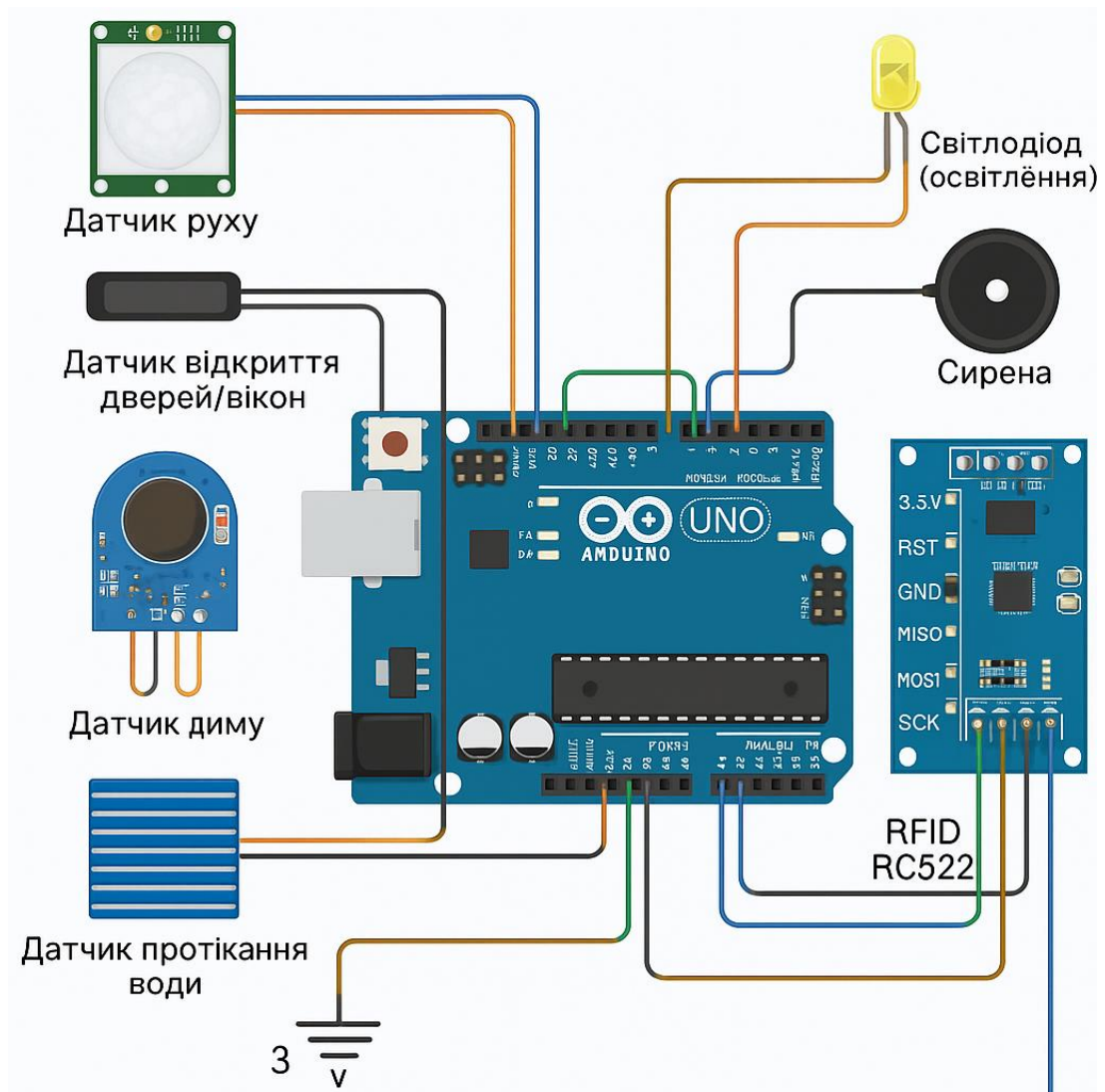


Рисунок 3.5 – Схема підключення основних компонентів для системи керування «розумним будинком» на Arduino UNO

3.3 Програмна реалізація системи керування

Для програмної реалізації системи керування обрано середовище розробки Arduino IDE, оскільки воно повністю відповідає сучасним вимогам до створення вбудованих систем керування:

- підтримує кросплатформеність (доступне для Windows, Linux, macOS),
- є безкоштовним і з відкритим вихідним кодом,
- має простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс,
- забезпечує легке налаштування та встановлення,

- підтримує широкий вибір бібліотек для розширення функціоналу, що дозволяє швидко підключати додаткові модулі, датчики та периферію.

Інтерфейс середовища Arduino IDE наведено на рис. 3.6.

В якості мови програмування використовується C/C++, яка є основною для платформ Arduino. Ця мова забезпечує гнучкість, модульність, підтримку об'єктно-орієнтованих принципів і надає доступ до широкого спектру функцій для роботи з електронікою та низькорівневого керування пристроями. Саме C/C++ найкраще підходить для розробки програмного забезпечення для мікроконтролерів, оскільки вона оптимізована для роботи з обмеженими ресурсами.

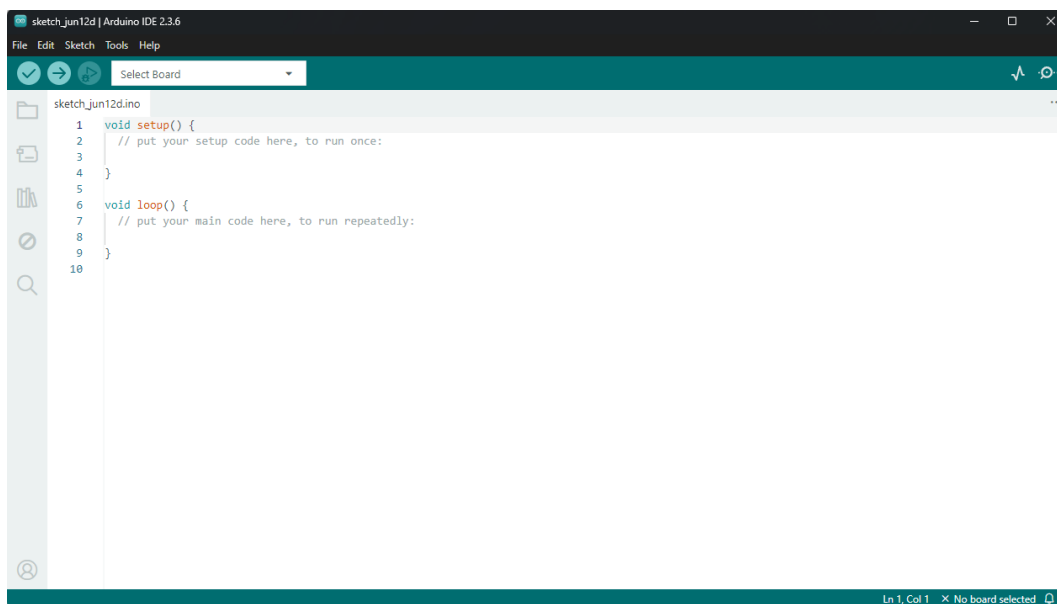


Рисунок 3.6 – Інтерфейс середовища програмування Arduino IDE

Програмна логіка системи реалізується таким чином, що центральний контролер (Arduino UNO) постійно опитує підключені датчики, аналізує отримані значення і приймає рішення про виконання відповідних дій — наприклад, ввімкнення сигналізації, керування освітленням чи зміна режиму роботи системи. Алгоритм системи не вимагає постійного втручання користувача: всі базові процеси відбуваються автономно, за заданими правилами.

Перемикання режимів здійснюється за допомогою RFID-зчитувача: користувач прикладає зареєстрований RFID-ключ або карту, і контролер

автоматично змінює стан системи (наприклад, «Охоронний режим», «Режим енергозбереження» тощо).

Функціональна схема роботи системи наведена на рис. 3.7. У цій схемі датчики фіксують стан середовища (рух, дим, вода, відчинення дверей), передають сигнали на центральний контролер, який у разі відхилення параметрів від еталонних автоматично формує керуючу дію — активує сигналізацію, вмикає/вимикає освітлення або надсилає оповіщення.

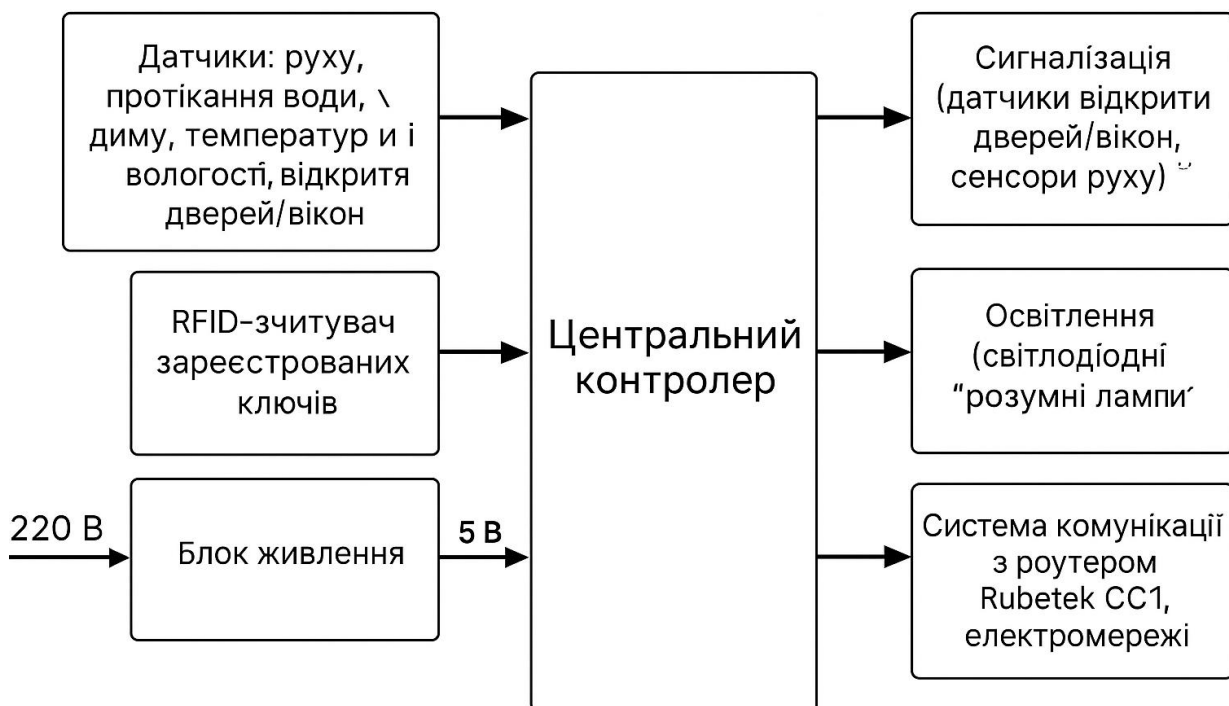
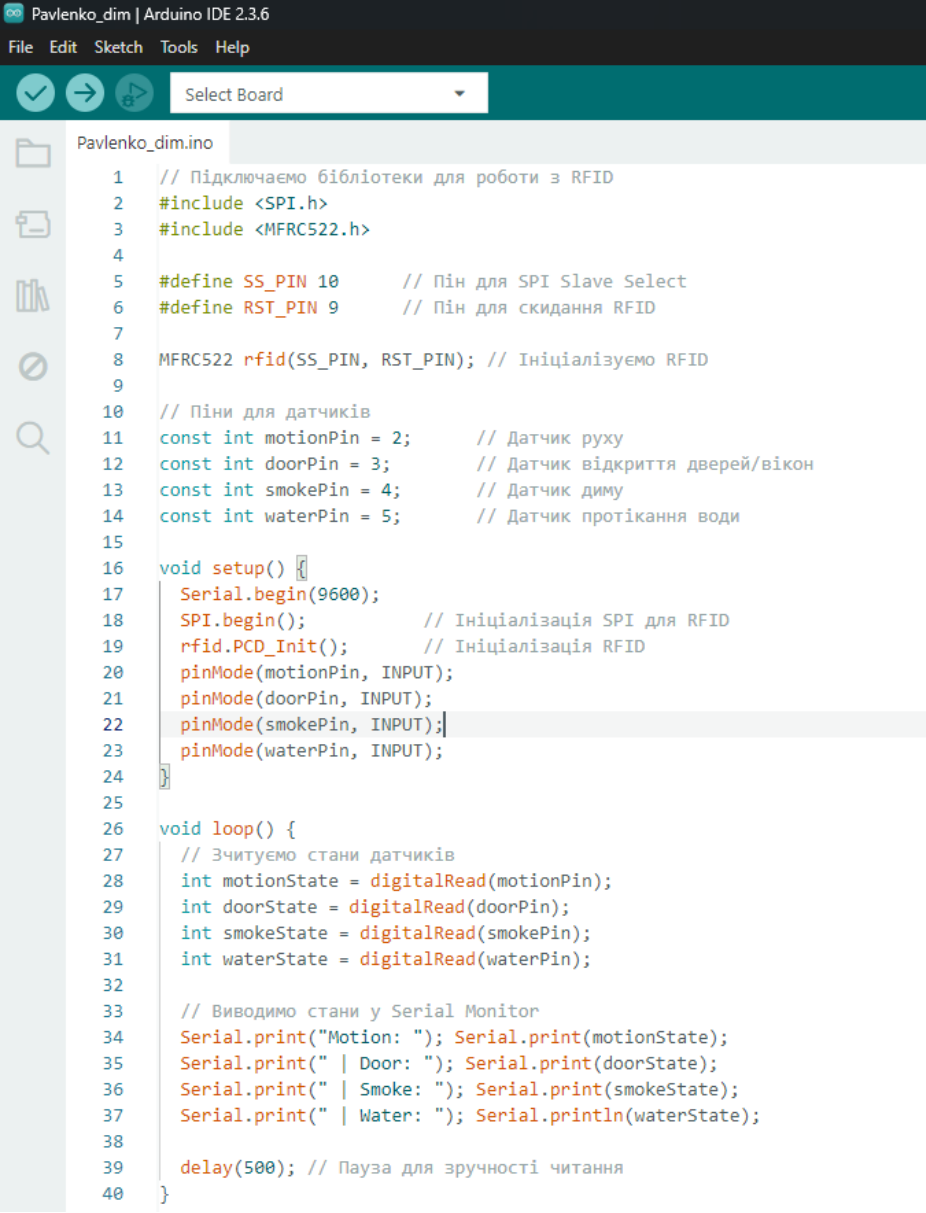


Рисунок 3.7 – Функціональна схема розумного будинку

Далі в Arduino IDE розроблено програмний код, що реалізує логіку роботи системи. Для взаємодії з RFID-зчитувачем та передачею даних використано бібліотеки MFRC522.h і SPI.h. Частина коду, яка забезпечує ініціалізацію і зчитування вхідних даних із сенсорів, представлена на рис. 3.8.



```

Pavlenko_dim | Arduino IDE 2.3.6
File Edit Sketch Tools Help

Select Board

Pavlenko_dim.ino
1 // Підключаємо бібліотеки для роботи з RFID
2 #include <SPI.h>
3 #include <MFRC522.h>
4
5 #define SS_PIN 10 // Пін для SPI Slave Select
6 #define RST_PIN 9 // Пін для скидання RFID
7
8 MFRC522 rfid(SS_PIN, RST_PIN); // Ініціалізуємо RFID
9
10 // Піни для датчиків
11 const int motionPin = 2; // Датчик руху
12 const int doorPin = 3; // Датчик відкриття дверей/вікон
13 const int smokePin = 4; // Датчик диму
14 const int waterPin = 5; // Датчик протікання води
15
16 void setup() {
17   Serial.begin(9600);
18   SPI.begin(); // Ініціалізація SPI для RFID
19   rfid.PCD_Init(); // Ініціалізація RFID
20   pinMode(motionPin, INPUT);
21   pinMode(doorPin, INPUT);
22   pinMode(smokePin, INPUT);
23   pinMode(waterPin, INPUT);
24 }
25
26 void loop() {
27   // Зчитуємо стани датчиків
28   int motionState = digitalRead(motionPin);
29   int doorState = digitalRead(doorPin);
30   int smokeState = digitalRead(smokePin);
31   int waterState = digitalRead(waterPin);
32
33   // Виводимо стани у Serial Monitor
34   Serial.print("Motion: "); Serial.print(motionState);
35   Serial.print(" | Door: "); Serial.print(doorState);
36   Serial.print(" | Smoke: "); Serial.print(smokeState);
37   Serial.print(" | Water: "); Serial.println(waterState);
38
39   delay(500); // Пауза для зручності читання
40 }

```

Рисунок 3.8 – Введення вхідних даних

На рис. 3.9 показано процес реалізації сигналізації для «розумного будинку».

На рис. 3.10 показано керування освітленням «розумного будинку». Частина коду на рис. 3.11 забезпечує зрівняння міток (зареєстрованих ключів) за допомогою радіозв'язку.

```

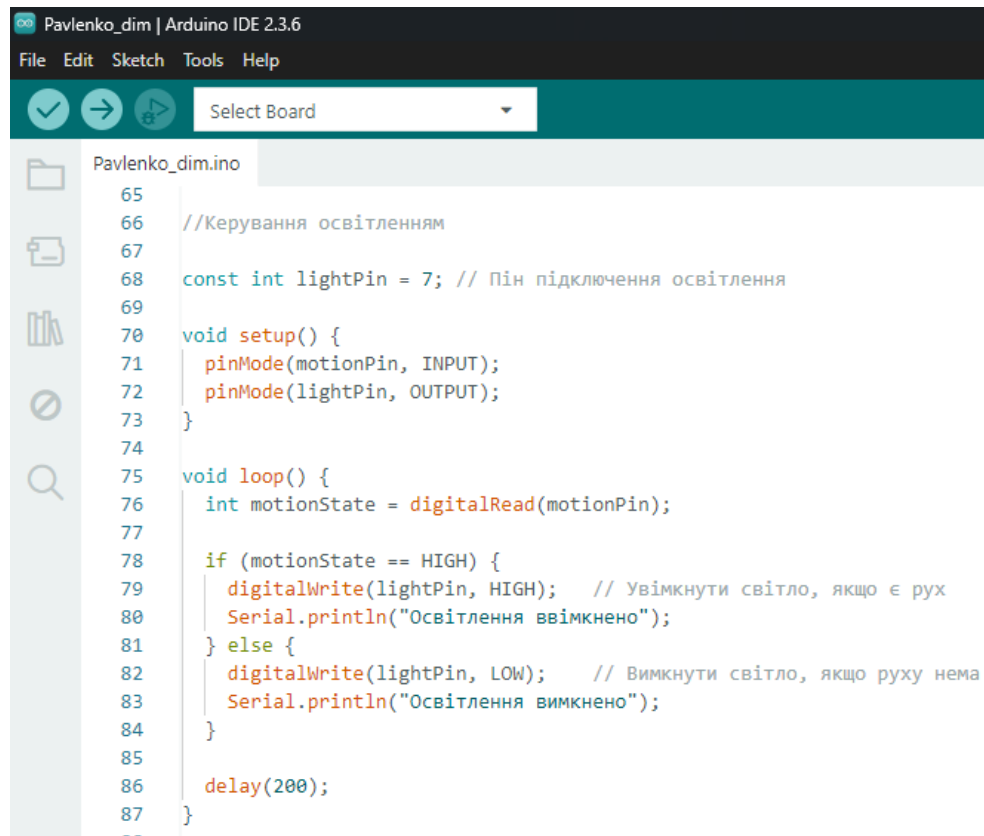
Pavlenko_dim.ino
41
42 //Реалізація сигналізації
43 const int sirenPin = 8; // Пін підключення сирени
44
45 void setup() {
46   pinMode(motionPin, INPUT);
47   pinMode(doorPin, INPUT);
48   pinMode(sirenPin, OUTPUT);
49 }
50
51 void loop() {
52   int motionState = digitalRead(motionPin);
53   int doorState = digitalRead(doorPin);
54
55   // Якщо виявлено рух або відкриті двері - вмикаємо сирену
56   if (motionState == HIGH || doorState == HIGH) {
57     digitalWrite(sirenPin, HIGH); // Сирена увімкнена
58     Serial.println("Тривога! Виявлено рух або відкриття дверей!");
59   } else {
60     digitalWrite(sirenPin, LOW); // Сирена вимкнена
61   }
62
63   delay(200);
64 }
65
66

```

Рисунок 3.9 – Реалізація сигналізації

Для управління «розумним будинком» вибрано централізовану систему, яка дозволяє підібрати дешеві і компактні датчики, а також спростить розробку, так як треба буде програмувати лише центральний процесор.

В проекті «розумного будинку» моніторинг параметрів здійснюється на підставі датчиків руху, диму, протікання води, відкриття дверей/вікон. Датчики встановлюються в приміщеннях. Інформація з датчиків надходить на центральний контролер, який її обробляє і на основі отриманих даних здійснює вплив, відповідно до події, що відбулася. Центральний контролер побудовано на базі Arduino UNO, для програмування якого використано мову C/C ++.



```

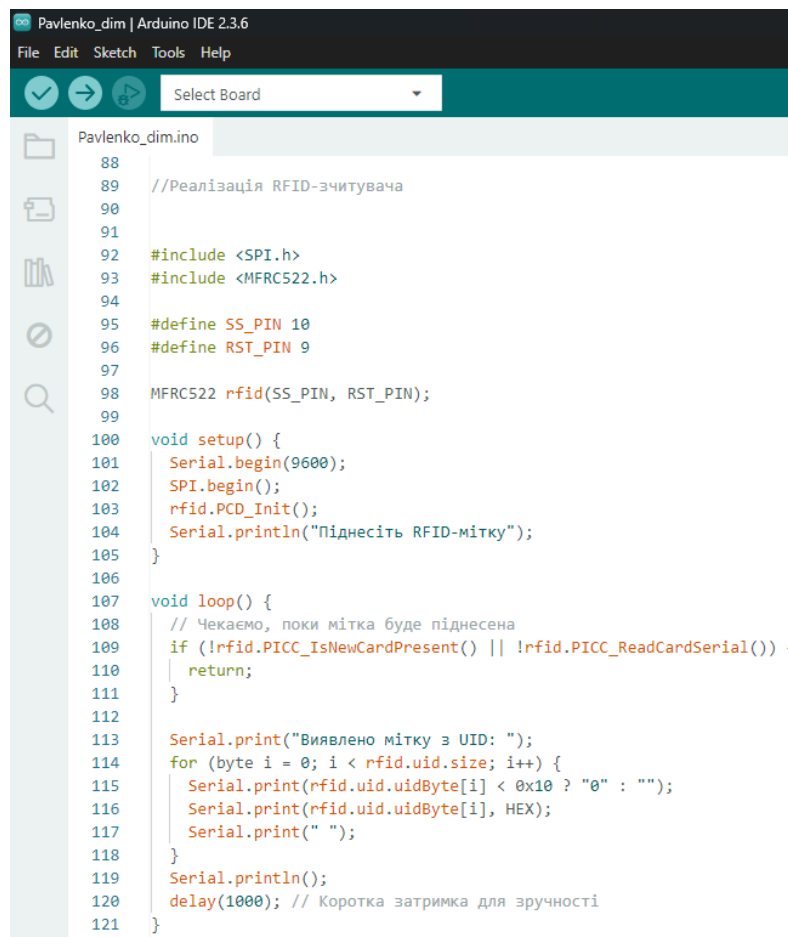
Pavlenko_dim | Arduino IDE 2.3.6
File Edit Sketch Tools Help

Select Board

Pavlenko_dim.ino
65
66 //Керування освітленням
67
68 const int lightPin = 7; // Пін підключення освітлення
69
70 void setup() {
71   pinMode(motionPin, INPUT);
72   pinMode(lightPin, OUTPUT);
73 }
74
75 void loop() {
76   int motionState = digitalRead(motionPin);
77
78   if (motionState == HIGH) {
79     digitalWrite(lightPin, HIGH); // Увімкнути світло, якщо є рух
80     Serial.println("Освітлення ввімкнено");
81   } else {
82     digitalWrite(lightPin, LOW); // Вимкнути світло, якщо руху нема
83     Serial.println("Освітлення вимкнено");
84   }
85
86   delay(200);
87 }

```

Рисунок 3.10 – Реалізація керування освітленням



```

Pavlenko_dim | Arduino IDE 2.3.6
File Edit Sketch Tools Help

Select Board

Pavlenko_dim.ino
88
89 //Реалізація RFID-зчитувача
90
91
92 #include <SPI.h>
93 #include <MFRC522.h>
94
95 #define SS_PIN 10
96 #define RST_PIN 9
97
98 MFRC522 rfid(SS_PIN, RST_PIN);
99
100 void setup() {
101   Serial.begin(9600);
102   SPI.begin();
103   rfid.PCD_Init();
104   Serial.println("Піднесіть RFID-мітку");
105 }
106
107 void loop() {
108   // Чекаємо, поки мітка буде піднесена
109   if (!rfid.PICC_IsNewCardPresent() || !rfid.PICC_ReadCardSerial()) {
110     return;
111   }
112
113   Serial.print("Виявлено мітку з UID: ");
114   for (byte i = 0; i < rfid.uid.size; i++) {
115     Serial.print(rfid.uid.uidByte[i] < 0x10 ? "0" : "");
116     Serial.print(rfid.uid.uidByte[i], HEX);
117     Serial.print(" ");
118   }
119   Serial.println();
120   delay(1000); // Коротка затримка для зручності
121 }

```

Рисунок 3.11 – Реалізація RFID-зчитувача

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці при роботі з електронікою полягає в дотриманні комплексу заходів, що забезпечують безпечні умови праці для запобігання травмам, ураженню електричним струмом, пожежам і впливу шкідливих факторів. Перш за все, усі електронні пристрої та інструменти повинні відповідати технічним стандартам і регулярно проходити перевірку на справність. Працівники повинні бути навчені правилам безпеки та мати допуск до роботи з електрообладнанням відповідного рівня.

Електроніка, особливо високовольтна або промислова, становить небезпеку у разі неправильного поводження. Тому особливу увагу приділяють електробезпеці: обладнання має бути заземлене, а робоче місце — обладнане діелектричними килимками, рукавичками, інструментами з ізольованими ручками. Забороняється працювати на увімкненому обладнанні без потреби, а перед будь-яким втручанням пристрій необхідно знеструмити.

У приміщеннях, де працюють з електронікою, важливо підтримувати нормальний мікроклімат, уникати надмірної вологості або запиленості, які можуть призвести до коротких замикань. Робоче місце повинно мати достатнє освітлення, вентиляцію та бути обладнане засобами пожежогасіння — переважно вуглекислотними або порошковими вогнегасниками, що не пошкоджують чутливу електроніку [25].

Під час проектування електронної системи керування розумним будинком на працівника могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена чи понижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; підвищена чи понижена іонізація повітря; пряма і відбита блискість; підвищення яскравість; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: статичне перевантаження; розумове перевантаження; емоційні перевантаження.

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

4.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Під робочим місцем проєктанта електронної системи керування розумним будинком мається на увазі зона його трудової діяльності, оснащення необхідними засобами праці.

Загальною вимогою раціональної організації робочих місць є створення працівникам максимальної зручності для здійснення їх діяльності, вивільнення від нераціональних переміщень та рухів, зниження на цій основі витрат праці на виконувану роботу. Економія часу і сил працівника - головні критерії раціональності організації робочих місць.

Робоче місце і взаємне розташування усіх її елементів має відповідати антропометричним, фізичним і неординарним психологічним вимогам [26]. Важливе значення має також характеру роботи. Зокрема, з організацією робочого місця проєктувальника мають бути дотримані такі основні умови:

- оптимальне розміщення устаткування, що до складу робочого місця;
- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи, і переміщення;
- необхідне природне, і штучне висвітлення до виконання поставлених завдань;
- рівень акустичного шуму, який не перевищує допустимого значення;
- достатня вентиляція робочого місця;

Головними елементами робочого місця розробника є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи організується відповідно до вимог [26].

Необхідно передбачити при проєктуванні можливість різного розміщення документів: збоку від ПК, між монітором і клавіатурою і т.п. Крім того, у випадках, коли ПК має низьку якість зображення, наприклад, помітні миготіння,

відстань від очей до екрана роблять більшою (близько 700 мм), ніж відстань від ока до документа (300...450 мм). В загальному випадку, при високій якості зображення на ПК відстань від очей користувача до екрана, документа і клавіатури може бути рівним.

Велике значення надається характеристикам робочого крісла [27]. При проектуванні крісла виходять з того, що при будь-якому робочому положенні дослідника 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 забезпечити вільне переміщення корпусу і кінцівок тіла один щодо одного;
- допускати регулювання висоти в залежності від росту працюючої людини (в межах від 400 до 550 мм);
- мати злегка увігнуту поверхню, мати невеликий нахил, тому поверхню сидіння рекомендується робити м'якою, передній край закругленим, а кут нахилу спинки робочого крісла - регульованим.

Приміщення, де здійснювалася робота за небезпекою ураження електричним струмом можна віднести до 1 класу, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки (сухе, мало заповишене, з нормальною температурою повітря, ізолюваними підлогами і малим числом заземлених приладів) [28].

На робочому місці з усього обладнання металевим є лише корпус системного блоку комп'ютера, в якого крім робочої ізоляції передбачений елемент для заземлення та провід з заземлюючий жилою для приєднання до джерела живлення.

Електротехнічне устаткування: апаратури, кабелі й керівництва, розподільні пристрої всіх видів і напруг по своїх номінальних параметрах задовольняє умовам роботи як при нормальних режимах, так і при коротких замиканнях, перенапругах, перевантаженнях.

Для забезпечення безпеки установлюються наступні технічні рішення:

Забезпечено недоступність струмопровідних частин (застосована схована проводка, кабель прокладений у спеціальних ринвах).

Забезпечено ізолювання струмопровідних частин з використанням ізоляції, опір якої не нижче 1кОм/В, передбачені постійний контроль і профілактика ізоляції.

Напруга освітлювальної мережі приймається 220 В із заземленою нейтраллю.

У випадку виникнення аварійної ситуації працівник зобов'язаний:

- у всіх випадках виявлення пошкодження проводів електричного живлення, несправності заземлення та інших пошкодженнях електрообладнання, виникненні запаху гарі, диму - негайно вимкнути електричне живлення і повідомити про аварійну ситуацію свого безпосереднього керівника й чергового електрика;
- при попаданні людини під електричну напругу негайно звільнити її від дії струму шляхом вимкнення електричного живлення, до прибуття лікаря надати потерпілому долікарську медичну допомогу;
- при будь-яких випадках порушень роботи технічного обладнання або програмного забезпечення негайно викликати представника технічної служби з питань експлуатації обчислювальної техніки;
- у випадку виникнення різі в очах, різкого погіршення зору, виникнення головного болю, больових відчуттів у пальцях та кистях рук, посилення серцебиття - негайно припинити роботу з використанням ПК, повідомити про те, що сталося, свого безпосереднього керівника й звернутися до медичної установи;
- при загорянні обладнання негайно відключити його від електромережі;
- про загорання повідомити свого безпосереднього керівника, оперативного чергового, пожежну службу; ужити заходів щодо ліквідації вогню за допомогою вуглекислотного або порошкового вогнегасника.

4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1. Мікроклімат

Робота, яка виконується розробником, згідно за енерговитратами відноситься до категорії І а (енерговитрати до 139Дж/с) [29]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл. 4.2.1 (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [6]).

Таблиця 4.2.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено система опалення, система кондиціювання та систематичне вологе прибирання.

Вимірювання параметрів мікроклімату проводиться на робочому місці і в робочій зоні на початку, в середині та в кінці робочої зміни. Вимірювання здійснюються не менше 2-х разів на рік (теплий та холодний періоди року) у порядку поточного санітарного нагляду, а також при прийманні до експлуатації нового технологічного устаткування, внесенні технічних змін в конструкцію діючого устаткування, організації нових робочих місць тощо.

4.2.2. Склад повітря робочої зони

У сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Для визначення небезпечності досліджується вплив цих речовин на організм людини і встановлюють безпечні

для людини концентрації та дози, які можуть потрапити різними шляхами в організм людини [30].

Для створення здорових і безпечних умов праці потрібно мати гігієнічне нормування шкідливих речовин, надійні способи визначення їх концентрацій у повітрі і сучасне технічне та організаційне забезпечення їх знешкодження.

В приміщенні, де здійснюється робота можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил та озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 4.2.2.

Таблиця 4.2.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Середньо добова	Клас небезпечності
	Максимально разова		
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	4

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл. 4.2.3).

Таблиця 4.2.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року і доби, чергування праці і відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

4.2.3. Виробниче освітлення

Серед чинників зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, світло посідає одне з перших місць. Адже відомо, що майже 90 % усієї інформації про довкілля людина одержує через органи зору. Підчас здійснення будь-якої трудової діяльності втомлюваність очей, в основному, залежить від напруженості процесів, що супроводжують зорове сприйняття. До таких процесів належать адаптація, акомодация та конвергенція.

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. У разі поганого освітлення людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні, які необхідно забезпечити під час виконання роботи зазначені у таблиці 4.2.4 (відповідно ДБН В.2.5-28-2018 [31]):

Таблиця 4.2.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.

2) Система природного освітлення доповнюється загальним штучним освітленням, що створюється за допомогою люмінесцентних ламп.

4.2.4. Виробничий шум

Для робочих місць в приміщеннях із ПК характерна наявність механічних шумів (виникають внаслідок коливання деталей машин та їхнім взаємним переміщенням), аеродинамічних шумів (виникають в пружних конструкціях у газі або рідині) та шумів електричних машин.

Деякі ПК є потенційними джерелами цілого ряду звукових коливань як чутного, так і ультразвукового діапазону. Найчастіше рівні акустичного випромінювання, що виходить від ПК, охоплюють діапазон частот від 6,3 до 40 кГц.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [32]. Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 4.2.5.

Таблиця 4.2.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму доцільно використовувати комп'ютери з пасивним охолодженням та встановити пластикові вікна, які мають достатню звукоізоляцію.

4.2.5. Виробничі випромінювання

Під час проектування електронної системи керування розумним будинком існує ризик виникнення підвищеного рівня електромагнітного поля. Несприятливу дію на організм людини мають електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону, джерелами яких є телевізійні і радіомовні станції, пристрої стільникового радіозв'язку, апарати високочастотного нагрівання і навіть побутова апаратура.

Електромагнітні поля чинять термічний і морфологічний вплив на організм людини, викликаючи в ньому функціональні зміни.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітора комп'ютера представлені в табл. 4.2.6.

Таблиця 4.2.6 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10В / м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати: для дорослих користувачів для дітей дошкільних установ і що вчаться середніх спеціальних і вищих навчальних закладів	20кВ / м 15кВ / м

Для зниження дії цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання (MPR-II, TCO-92, TCO-99, TCO-03), а також дотримувати регламентовані режими праці і відпочинку.

5.3. Пожежна безпека

Метою пожежної безпеки об'єкта є попередження виникнення пожежі на визначеному чинними нормативами рівні, а у випадку виникнення пожежі –

обмеження її розповсюдження, своєчасне виявлення, гасіння пожежі, захист людей і матеріальних цінностей.

В приміщенні, де здійснювалося проектування використовуються тільки негорючі речовини та матеріали у холодному стані, тому за ступенем вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення відноситься до категорії «Д».

За вогнестійкістю приміщення відноситься до другої категорії [33]. Робоча зона розробника відноситься до класу вибухонебезпечності В-Па, оскільки вибухонебезпечна концентрація пилу і волокон може утворюватися лише внаслідок аварії або несправності.

4.3.1. Технічні рішення системи запобігання пожежі

Система попередження пожежі – це комплекс організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на усунення умов виникнення пожежі.

У дослідженому приміщенні є відповідальний за пожежну безпеку працівник. Меблі та обладнання розміщені таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційний прохід до дверей виходу з приміщення. Евакуаційні шляхи та виходи постійно утримуються вільними.

Документи, папір та інші горючі матеріали зберігаються на відстані не менше 1 м від електрощитів, електрозборок і електрокабелів, 0,5 м від світильників та 0,25 м від приладів опалення. Засоби протипожежного захисту (пожежні крани, пожежна та охороно - пожежна сигналізація, первинні засоби пожежегасіння тощо), які є у приміщенні утримуються у справному стані.

Можливі причини виникнення пожежі у приміщенні такі:

- несправна електропроводка (іскріння, перегрів провідників, пересихання електроізоляційних матеріалів);
- використання електропобутових пристроїв (електрочайники, обігрівачі); попадання вологи на працююче електрообладнання;

Для запобігання виникнення пожежі здійснюються такі заходи: щорічне проведення повторних протипожежних інструктажів та занять за програмою пожежно-технічного мінімуму з особами, що відповідальні за пожежну безпеку; утримання в справному стані засобів протипожежного захисту; своєчасне інформування про несправність пожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання тощо.

4.3.2. Технічні рішення системи протипожежного захисту

Система протипожежного захисту – це сукупність організаційних заходів, а також технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріальних збитків від неї.

У приміщенні на випадок виникнення пожежі для обмеження її розповсюдження знаходиться переносний вуглекислотний вогнегасник типу ОУ-5, що відповідає нормам. Підходи до засобів первинного пожежогасіння та відключення електросхем устаткування вільні.

З метою дотримання протипожежного захисту забороняється:

- влаштовувати тимчасові електромережі, застосовувати саморобні плавкі вставки в запобіжниках, прокладати електричні проводи безпосередньо по горючій основі, експлуатувати світильники зі знятими ковпаками (розсіювачами), використовувати саморобні подовжувачі, які не відповідають вимогам Правил улаштування електроустановок;
- пристосовувати вимикачі, штепсельні розетки для підвішування одягу та інших предметів, обгортати електролампі й світильники, заклеювати ділянки електропроводки горючою тканиною, папером;
- використовувати побутові електрокип'ятильники, чайники і таке інше (окрім приміщень, спеціально відведених та обладнаних для цього), залишати без нагляду увімкненими в електромережу кондиціонери, комп'ютери, лічильні та друкарські машинки тощо;
- захищати підступи до засобів пожежегасіння, використовувати пожежні крани, рукави й пожежний інвентар не за призначенням, зберігати

документи, різні матеріали, предмети та інвентар у шафах (нішах) інженерних комунікацій;

- палити (окрім спеціально відведених для цього адміністрацією місць, позначених написом «Місце для паління» та забезпечених урною чи попільницею з негорючого матеріалу), проводити зварювальні та інші вогневі роботи без оформлення відповідального дозволу, застосовувати легкозаймисті рідини.

ВИСНОВКИ

У ході виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було здійснено комплексний аналіз сучасних систем «розумний будинок», їхньої архітектури, функціональних можливостей, тенденцій розвитку та практичних аспектів впровадження. Одержані результати дозволяють зробити низку важливих висновків щодо теоретичних та прикладних основ побудови інтелектуальних систем автоматизації житлового простору.

1. Системи «розумний будинок» є одним із ключових напрямів розвитку цифрових технологій у побуті та комерційному секторі. Їх упровадження забезпечує новий рівень комфорту, безпеки, енергоефективності та оптимізації ресурсів. Інтеграція різноманітних датчиків, виконавчих механізмів, контролерів і програмних платформ дозволяє автоматизувати більшість рутинних завдань та оперативно реагувати на зміну умов середовища.

2. Актуальність впровадження таких систем підтверджується зростанням ринку розумних будинків у всьому світі, розвитком інтернету речей, мобільних та хмарних технологій, а також зростаючим попитом на безпечне, енергоефективне й комфортне житло. На сьогоднішній день розумний будинок став доступним не лише для елітного сегмента, але й для широкого кола користувачів завдяки зниженню вартості компонентів і розширенню асортименту пристроїв.

3. Ключовими перевагами розумного будинку є:

- можливість централізованого і дистанційного управління інженерними мережами та побутовими приладами;
- підвищення рівня безпеки за рахунок інтегрованих систем відеоспостереження, сигналізації, контролю доступу та моніторингу аварійних ситуацій;
- оптимізація енергоспоживання та автоматичне регулювання роботи освітлення, опалення, вентиляції, що знижує витрати на комунальні послуги;
- адаптація системи до індивідуальних потреб мешканців, підвищення рівня комфорту та якості життя.

4. Разом із перевагами існують і певні проблеми, що стримують масове впровадження розумних технологій:

- відсутність єдиних стандартів сумісності між пристроями різних виробників;
- питання захисту персональних даних та інформаційної безпеки;
- складність налаштування для недосвідчених користувачів;
- порівняно висока вартість комплексних систем.

5. У роботі розглянуті сучасні рішення для підвищення ефективності розумних будинків, зокрема впровадження оптимізованих алгоритмів керування на основі штучного інтелекту, застосування відкритих протоколів зв'язку (Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Bluetooth, Matter), організація хмарного та віддаленого доступу, а також підвищення захищеності мережевої інфраструктури.

6. Важливим результатом роботи є розробка та реалізація програми для керування основними функціями розумного будинку, що розглядається у третьому розділі. У цьому розділі детально описано архітектуру програмного забезпечення, принципи побудови користувацького інтерфейсу, алгоритми взаємодії із датчиками, виконавчими пристроями та контролерами. Розроблена програма дозволяє здійснювати централізоване та дистанційне управління інженерними системами будинку (освітлення, клімат-контроль, безпека, контроль протікання води і газу тощо), отримувати оперативні повідомлення про стан систем у реальному часі, налаштовувати індивідуальні сценарії автоматизації відповідно до потреб користувачів, інтегруватися з мобільними пристроями, а також підвищувати енергоефективність і безпеку за рахунок автоматичного аналізу даних та оптимізації режимів роботи обладнання. Під час розробки враховано питання захисту інформації, використання сучасних протоколів зв'язку та масштабованість системи для подальшого розширення функціоналу. Програма продемонструвала ефективність роботи як у тестовому середовищі, так і в умовах, наближених до реальної експлуатації.

7. Зроблено висновок, що подальший розвиток галузі буде пов'язаний із глибшою інтеграцією систем штучного інтелекту, розширенням можливостей

персоналізації, створенням відкритих і безпечних платформ, а також із впровадженням енергоефективних та інклюзивних технологій. Це забезпечить підвищення якості життя, безпеки й екологічної стійкості житлового середовища.

Таким чином, результати бакалаврської кваліфікаційної роботи можуть бути використані для подальших наукових досліджень, розробки практичних рекомендацій щодо впровадження та оптимізації систем розумного будинку, а також для підвищення рівня цифрової грамотності користувачів у сучасних умовах розвитку інформаційного суспільства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Caflisch T. The evolution of smart home technology. Medium. URL: <https://tcaflisch.medium.com/the-evolution-of-smart-home-technology-c3b3f918fc8c> (дата звернення: 10.10.2024).
2. Efficient connectivity in smart homes: enhancing living comfort through iot infrastructure. MDPI. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/9/2761> (дата звернення: 10.10.2024).
3. History of the smart home from 1963 - 2024: milestones. Smartest Home - Konzeption & Planung KNX Smart Home. URL: <https://www.smartest-home.com/en/history-of-smart-home/> (дата звернення: 10.10.2024).
4. How to build a smart home automation app: main features and useful tips. SmartTek Solutions. URL: <https://smarttek.solutions/blog/how-to-start-building-a-smart-home-app/> (дата звернення: 12.10.2024).
5. Smart home solution | tuyu smart. Tuya Smart - Global Cloud Platform Service Provider. URL: <https://www.tuya.com/solution/scene/smart-home> (дата звернення: 12.10.2024).
6. Voice assistant technology for iot platforms. webbylab. URL: <https://webbylab.com/blog/voice-assistance-for-iot-platforms/> (дата звернення: 16.10.2024).
7. SmartThings by Samsung unveils new interface. GadgetMatch. URL: <https://www.gadgetmatch.com/smartthings-by-samsung-unveils-new-interface/> (дата звернення: 16.10.2024).
8. Top 7 smart home protocols compared | leMBERg solutions. Lemberg Solutions | Tech consulting & software engineering company. URL: <https://leMBERgsolutions.com/blog/smart-home-protocols-explained> (дата звернення: 18.10.2024).
9. Smart home protocols compared in 2024, which one is the best?. Roombanker. URL: <https://www.roombanker.com/blog/smart-home-protocol/> (дата звернення: 18.10.2024).

10. Alva Fusion. Cloud vs. local hosting of smart home servers: making the right choice. LinkedIn: Log In or Sign Up. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/cloud-vs-local-hosting-smart-home-servers-making-right-choice/> (дата звернення: 22.10.2024).
11. Domb M. Smart home systems based on internet of things. ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/Advanced-smart-home-integrating-smart-home-IoT-and-cloud-computing_fig2_331615662 (дата звернення: 22.10.2024).
12. 6 advantages of smart home technology to live A better life. WeatherFlow-Tempest, Inc. URL: <https://tempest.earth/resources/advantages-of-smart-home/> (дата звернення: 22.10.2024).
13. What are the pros of having a smart home? And are there any cons?. TheRecursive.com. URL: <https://therecursive.com/what-are-the-pros-of-having-a-smart-home-and-are-there-any-cons/> (дата звернення: 28.10.2024)
14. Smart home devices global market report 2024. Global Market Research Reports & Consulting The Business Research Company. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/smart-home-devices-global-market-report> (дата звернення: 28.10.2024).
15. 5G and smart homes: what you need to know. IoT Evolution World. URL: <https://www.iotevolutionworld.com/smart-home/articles/442986-5g-smart-homes-what-need-know.htm> (дата звернення: 04.11.2024).
16. 6 advantages of smart home technology to live A better life. WeatherFlow-Tempest, Inc. URL: <https://tempest.earth/resources/advantages-of-smart-home/> (дата звернення: 04.11.2024).
17. Fang Hsu L. State's role in shaping the smart city industry development. Taylor & Francis. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/12265934.2024.2438249#d1e119> (дата звернення: 04.11.2024).
18. Granzer W. P. Security in Building Automation Systems / Wolfgang Praus Granzer. Munich: Appress, 2018. – 578 с.
19. Що таке розумний будинок? Все що потрібно знати про систему Розумний Дім [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу:

<https://bron.ua/article/scho-take-rozumnij-budinok-vse-scho-potrбно-znati-pro-sistemu-rozumnij-dm/5/>

20. Розумне освітлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://milight.com.ua/ua/umnoe-osveshchenie/>

21. Технологія розумного будинку: як AI створює простір, комфортний для життя [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.everest.ua/tehnologiya-rozumnogo-budynku-yak-ai-stvoryuye-prostir-komfortnyj-dlya-zhyttya/>

22. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку: ДСН 3.3.6.037-99-2000

23. Power Load Event Detection and Classification Based on Edge Symbol Analysis and Support Vector Machine [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.hindawi.com/journals/acisc/2012/742461/>.

24. Продумана інженерія сучасної квартири і її грамотна організація // [Електронний ресурс.] – Режим доступу: <https://vencon.ua/ua/articles/luchshie-inzhenernye-resheniya-dlya-sovremennoj-kvartiry-gramotnaya-organizaciya-inzhenerii-dlya-komfortnoj-zhizni>

25. ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21

26. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=71028.

27. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_праор_0_00-7_15-18_01_ua.php.

28. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

29. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. -

[Електронний ресурс] - Режим доступу:
<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>

30. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу:
<http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

31. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

32. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

33. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

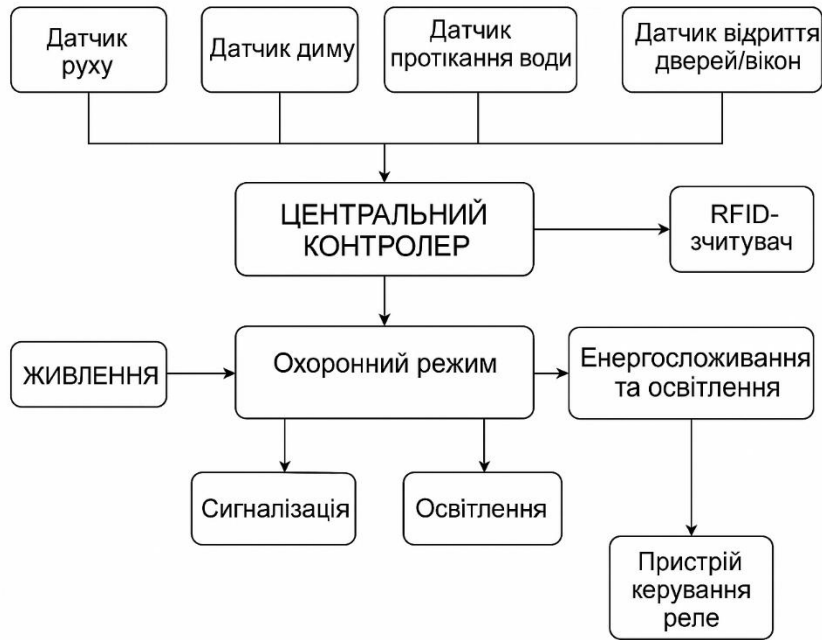


Рисунок А.1 – Блок-схема централізованої системи керування «розумного будинку»

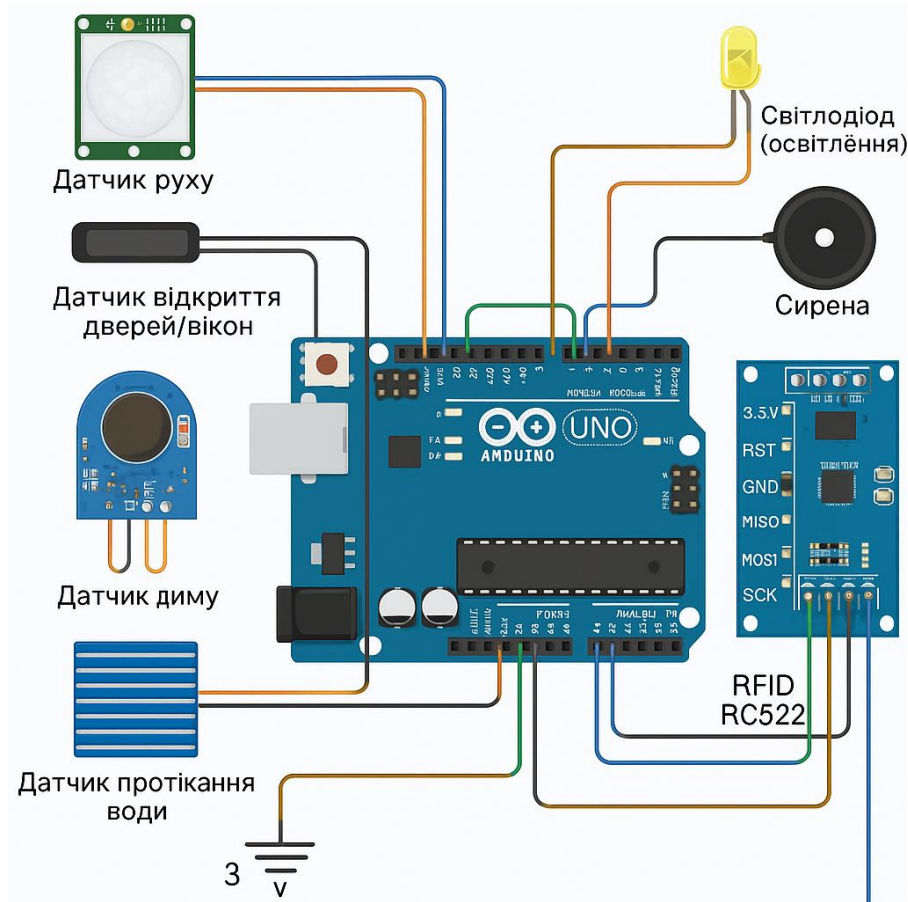


Рисунок А.2 – Схема підключення основних компонентів для системи керування «розумним будинком» на Arduino UNO

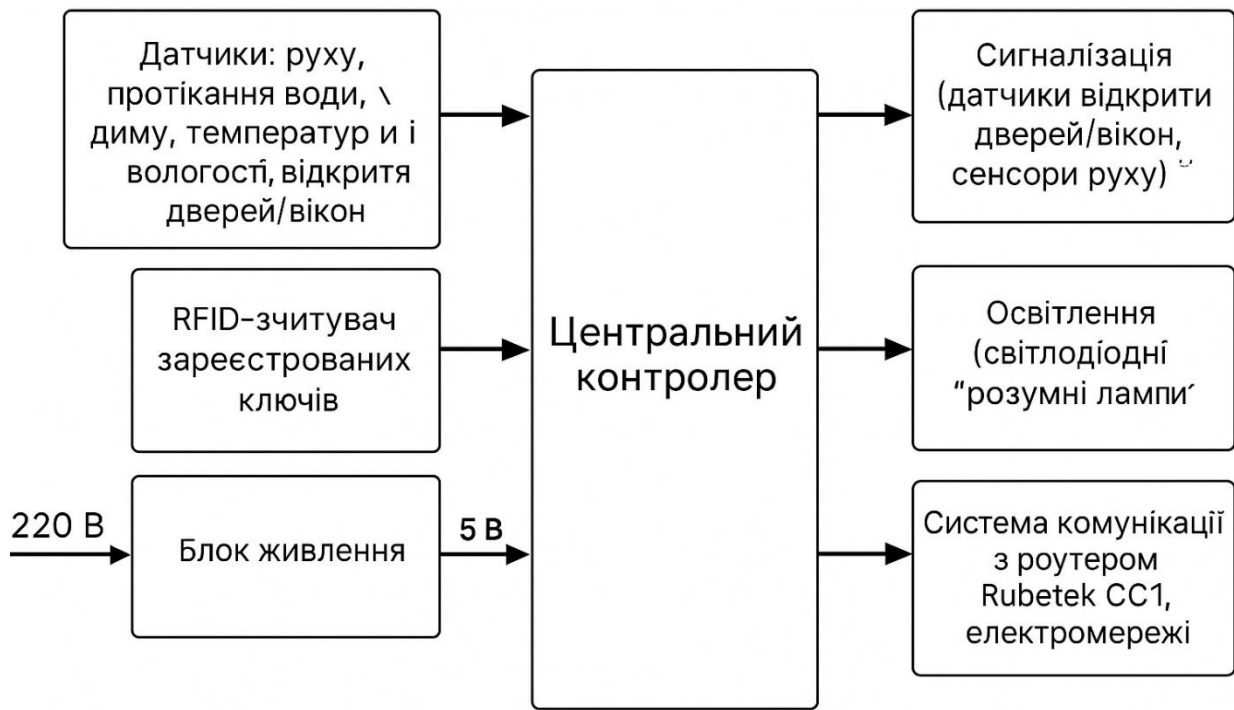


Рисунок А.3 – Функціональна схема розумного будинку

Додаток Б
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Додаток В

Програмна реалізація системи керування

```
// Підключаємо бібліотеки для роботи з RFID
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>

#define SS_PIN 10      // Пін для SPI Slave Select
#define RST_PIN 9      // Пін для скидання RFID

MFRC522 rfid(SS_PIN, RST_PIN); // Ініціалізуємо RFID

// Піни для датчиків
const int motionPin = 2;      // Датчик руху
const int doorPin = 3;        // Датчик відкриття дверей/вікон
const int smokePin = 4;       // Датчик диму
const int waterPin = 5;       // Датчик протікання води

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    SPI.begin();              // Ініціалізація SPI для RFID
    rfid.PCD_Init();          // Ініціалізація RFID
    pinMode(motionPin, INPUT);
    pinMode(doorPin, INPUT);
    pinMode(smokePin, INPUT);
    pinMode(waterPin, INPUT);
}

void loop() {
    // Зчитуємо стани датчиків
    int motionState = digitalRead(motionPin);
    int doorState = digitalRead(doorPin);
    int smokeState = digitalRead(smokePin);
    int waterState = digitalRead(waterPin);

    // Виводимо стани у Serial Monitor
    Serial.print("Motion: "); Serial.print(motionState);
    Serial.print(" | Door: "); Serial.print(doorState);
    Serial.print(" | Smoke: "); Serial.print(smokeState);
    Serial.print(" | Water: "); Serial.println(waterState);

    delay(500); // Пауза для зручності читання
}

//Реалізація сигналізації
const int sirenPin = 8; // Пін підключення сирени

void setup() {
```

```

    pinMode(motionPin, INPUT);
    pinMode(doorPin, INPUT);
    pinMode(sirenPin, OUTPUT);
}

void loop() {
    int motionState = digitalRead(motionPin);
    int doorState = digitalRead(doorPin);

    // Якщо виявлено рух або відкриті двері - вмикаємо сирену
    if (motionState == HIGH || doorState == HIGH) {
        digitalWrite(sirenPin, HIGH); // Сирена увімкнена
        Serial.println("Тривога! Виявлено рух або відкриття дверей!");
    } else {
        digitalWrite(sirenPin, LOW); // Сирена вимкнена
    }

    delay(200);
}

//Керування освітленням

const int lightPin = 7; // Пін підключення освітлення

void setup() {
    pinMode(motionPin, INPUT);
    pinMode(lightPin, OUTPUT);
}

void loop() {
    int motionState = digitalRead(motionPin);

    if (motionState == HIGH) {
        digitalWrite(lightPin, HIGH); // Увімкнути світло, якщо є рух
        Serial.println("Освітлення ввімкнено");
    } else {
        digitalWrite(lightPin, LOW); // Вимкнути світло, якщо руху нема
        Serial.println("Освітлення вимкнено");
    }

    delay(200);
}

//Реалізація RFID-зчитувача

#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>

#define SS_PIN 10

```

```

#define RST_PIN 9

MFRC522 rfid(SS_PIN, RST_PIN);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  SPI.begin();
  rfid.PCD_Init();
  Serial.println("Піднесіть RFID-мітку");
}

void loop() {
  // Чекаємо, поки мітка буде піднесена
  if (!rfid.PICC_IsNewCardPresent() || !rfid.PICC_ReadCardSerial()) {
    return;
  }

  Serial.print("Виявлено мітку з UID: ");
  for (byte i = 0; i < rfid.uid.size; i++) {
    Serial.print(rfid.uid.uidByte[i] < 0x10 ? "0" : "");
    Serial.print(rfid.uid.uidByte[i], HEX);
    Serial.print(" ");
  }
  Serial.println();
  delay(1000); // Коротка затримка для зручності
}

```

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Електронна система керування розумним будинком

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 4,28 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

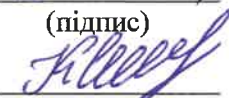
Коваль Л. Г., завідувач кафедри БМІОЕС

(прізвище, ініціали, посада)

Карась О. В., гарант ОПП «Електроніка»

(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)


(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Штофель Д. Х.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлені:

Керівник


(підпис)

Костішин С. В., доц. каф. БМІОЕС

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач


(підпис)

Павленко О. М.

(прізвище, ініціали)