

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА**  
**ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ**  
**КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему:

**«ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІДДАЛЕНОГО  
УПРАВЛІННЯ РОЗУМНИМ БУДИНКОМ»**

Виконала: здобувачка 2 курсу  
спеціальності 126 «Інформаційні системи  
та технології»

\_\_\_\_\_ Бальковська Р. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: \_\_\_\_\_ Пташник В. В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: \_\_\_\_\_ Сиротюк С. В.

(прізвище та ініціали)

**ДУБЛЯНИ-2022**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ  
ОСВІТИ  
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Другий (магістерський) рівень вищої освіти  
Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

(підпис)

д.т.н., професор, Тригуба А. М.

(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ ” \_\_\_\_\_ 202 року

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Бальковська Роксолана Олегівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження інформаційних систем віддаленого управління розумним будинком»

керівник роботи к. т. н., доцент., Пташник В. В.

(наук. ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НУП від 30.06.2022 року №137/к-с

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: характеристика комерційних систем віддаленого управління «розумним будинком»; паспорти та технічна документація до комерційних мікропроцесорних систем домашньої автоматизації; правила улаштування електроустановок; науково-технічна і довідкова література; технічна документація до мікропроцесорних систем Fibaro, Easy Smart Box, Inwion, SenseHome тощо.

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

Вступ

1. Сучасні технології управління розумним будинком

2. Проектування системи розумний будинок

3. Реалізація системи віддаленого управління розумним будинком

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Ефективність прийнятих рішень

Висновки

Список використаних джерел

## 5. Перелік графічного матеріалу

*Графічний матеріал подається у вигляді презентації*

## 6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	<i>Пташник В. В., к.т.н., доцент</i>			
4	<i>Городецький І. М., к.т.н., доцент</i>			

7. Дата видачі завдання 30 червня 2022 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	<i>Складання інженерної характеристики об'єкту проектування</i>	<i>01.07.2022 – 31.07.2022</i>	
2	<i>Аналіз промислових стандартів та мікропроцесорних систем управління «розумним будинком»</i>	<i>01.08.2022 – 31.08.2022</i>	
3	<i>Проектування системи «розумний будинок» з розробленням системи віддаленого управління</i>	<i>01.09.2022 – 30.09.2022</i>	
4	<i>Обґрунтування економічної ефективності прийнятих рішень</i>	<i>01.10.2022 – 15.10.2022</i>	
5	<i>Розгляд питань з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>16.10.2022 – 31.10.2022</i>	
6	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентаційного матеріалу</i>	<i>01.11.2022 – 30.11.2022</i>	
7	<i>Завершення роботи в цілому. Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи</i>	<i>01.12.2022 – 10.12.2022</i>	

Здобувач

\_\_\_\_\_ *Бальковська Р. О.*  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ *Пташник В. В.*  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

## УДК 681.527 / 681.518

Дослідження інформаційних систем віддаленого управління розумним будинком Бальковська Р. О. Кафедра інформаційних технологій – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2022.

Кваліфікаційна робота: 65 сторінок текстової частини, 23 рисунки, 3 таблиці, 21 джерело літератури.

*Мета роботи* полягає у розробенні інформаційних систем віддаленого управління розумним будинком.

*Об'єктом дослідження* є програмні та апаратні засоби розумного будинку, необхідні для забезпечення віддаленого управління.

*Предмет дослідження* вивчає будову, різновиди та можливості віддаленого управління різноманітними функціональними системами розумного будинку.

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз промислових систем віддаленого управління розумним будинком. Описано основні функціональні можливості таких систем та особливості їх апаратної реалізації. Здійснено вибір принципу побудови системи віддаленого управління розумним будинком та відповідного комунікаційного середовища. Запропоновано низку програмних та апаратних рішень для ефективного проектування таких систем. Також описано вимоги до охорони праці під час монтажу елементів розумного будинку. Окремо проаналізовано технічну можливість та економічну доцільність впровадження систем віддаленого управління у бюджетні системи домашньої автоматизації, порівняно з промисловими аналогами.

**Ключові слова:** розумний будинок, інформаційна система, віддалене управління, мікропроцесор, хмара.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ РОЗУМНИМ БУДНКОМ .	9
1.1 Аналітичний огляд готових рішень системи розумний будинок .....	9
1.1.1 Ajax StarterKit .....	9
1.1.2 Xiaomi .....	11
1.1.3 Redmond .....	12
1.1.4 Google.....	13
1.1.5 Amazon .....	14
1.1.6 Fibaro Starter Kit.....	15
1.1.7 Easy Smart Box.....	16
1.1.8 Порівняльний аналіз систем управління розумним будинком .....	17
1.2 Класифікація систем управління обладнанням розумного будинку .....	19
1.2.1 Фізичні елементи управління .....	19
1.2.2 Програмне дистанційне управління .....	20
1.2.3 Дистанційне управління за допомогою радіоканалу.....	20
1.2.4 Пасивне інфрачервоне управління .....	21
1.2.5 Центральна панель управління .....	22
1.2.6 Голосове управління .....	22
1.2.7 Розподілене управління .....	23
1.2.8 Управляючі смарт-сценарії .....	24
1.2.9 Управління за допомогою веб-браузера .....	24
1.2.10 Управління за допомогою віджетів .....	25
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ РОЗУМНИЙ БУДИНОК .....	26
2.1 Вибір принципу побудови системи.....	26
2.1.1 Централізовані системи автоматизації .....	26
2.1.2 Децентралізовані системи автоматизації .....	27
2.1.3 Змішана система управління .....	27

2.2 Вибір способу побудови комутаційного середовища .....	28
2.2.1 Провідні системи автоматизації .....	28
2.2.2 Безпровідні системи автоматизації .....	29
2.3 Протоколи і інтерфейси в системі розумного будинку .....	30
2.3.1 Протокол X10 .....	30
2.3.2 Протокол Modbus .....	31
2.3.3 Протокол Rs-485 .....	32
2.5 Безпровідні технології в системі розумний будинок .....	32
<b>РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО УПРАВЛІННЯ</b>	
<b>РОЗУМНИМ БУДИНКОМ.....</b>	<b>35</b>
3.1 Розробка структури віддаленого управління розумним будинком .....	35
3.2 Апаратна реалізація віддаленого управління розумним будинком.....	38
3.2.1 Модуль збору даних.....	38
3.2.2 Модуль виконавчих пристроїв .....	40
3.3 Програмна реалізація віддаленого управління розумним будинком .....	42
3.3.1 Модуль збору даних .....	42
3.3.2 Модуль виконавчих пристроїв .....	45
<b>РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ</b>	
<b>СИТУАЦІЯХ .....</b>	<b>51</b>
4.1 Аналіз умов праці під час монтажу та обслуговування електрообладнання.....	51
4.2 Заходи безпеки під час проведення електромонтажних робіт.....	53
4.3 Розробка заходів зменшення травматизму під час проведення електромонтажних робіт.....	55
4.4 Розробка заходів щодо безпеки у надзвичайних ситуаціях .....	58
<b>РОЗДІЛ 5 ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ .....</b>	
5.1 Аналіз конкурентних рішень .....	60
5.2 Розрахунок вартості розробленої системи.....	62
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>63</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>64</b>

## ВСТУП

Сьогодні системи домашньої автоматизації користуються значною популярністю у світі. Їх будують з нуля, купують і інсталиують під час ремонту, а також самостійно збирають з доступних комплектуючих.

Системи домашньої автоматизації вирішують наступні завдання:

- 1) Дистанційне керування електроприладами, розміщеними у приміщенні та за його межами.
- 2) Забезпечення комфортного середовища.
- 3) Вивільнення часу, необхідного на виконання рутинних завдань.
- 4) Підвищення якості життя людини в цілому.

Часто як синонім терміну «система домашньої автоматизації» використовують поняття «розумний будинок», але це не зовсім точно. Поняття розумний будинок дещо ширше. Крім реалізації сценаріїв управління побутовими приладами і інженерними системами розумний будинок, забезпечує спільну, скоординовану роботу всіх систем. Управління розумним будинком здійснюється на основі сценаріїв. Усі системи розумного будинку використовують покази наявних датчиків, і на їх основі реалізують ті або інші сценарії. Складність сценаріїв може бути різною: від найпростіших автоматів до використання компонентів штучного інтелекту. У розумному будинку завжди повинен бути закладений компенсаторний варіант роботи системи, коли при відмові будь-якого обладнання система не виходить з ладу, а використовує альтернативний сценарій роботи. Розумний будинок повинен працювати, ґрунтуючись на стилі життя господаря. Система повинна легко перебудовуватися на різні режими роботи: вихідні, відпустку, гості, день, ніч тощо.

Більшість технічних рішень доступних на ринку мають подібний функціонал. Тому основними параметрами, що впливають на вибір

користувачів є вартість системи, зокрема її інсталяція та обслуговування, впізнаваність бренду та зручність у використанні. Саме зручності та інтуїтивності очікує користувач від системи розумного будинку. Цей фактор надзвичайно відчутно впливає і на повноту використання усіх можливостей будинку, адже незручні функції зазвичай не використовують.

Метою даної роботи є розробка інформаційної системи віддаленого управління розумним будинком. Основний акцент зроблено на механізми збору та передачі інформації та команд від кінцевого обладнання до віддаленої хмари. Водночас система повинна відповідати трьом найважливішим критеріям: доступна ціна, надійність та можливість подальшого розширення функціоналу шляхом додавання нових апаратних і програмних модулів.

У даній роботі вирішені наступні завдання:

- огляд предметної області;
- порівняльний аналіз існуючих систем;
- розробка структури системи;
- проектування і реалізація апаратної частини системи;
- розробка програмного забезпечення;
- дослідна експлуатація системи, визначення напрямків подальшого розвитку.

У результаті роботи створено систему розумний будинок, побудовану на базі мікроконтролера Arduino та мікрокомп'ютера Raspberry. Реалізовано збір інформації від різних датчиків, її кодування та подальшу передачу у хмару через інтернет. Також передбачена можливість віддаленого керування виконавчими пристроями розумного будинку через веб-інтерфейс. Для зв'язку обладнання використано бездротовий зв'язок з частотою 433МГц, а під'єднання розумного будинку до інтернету реалізовано через мережевий SHH протокол.



## РОЗДІЛ 1

### СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ РОЗУМНИМ БУДНКОМ

#### 1.1 Аналітичний огляд готових рішень системи розумний будинок

Існує два варіанти організації ефективного та зручного управління елементами розумного будинку [12]:

1. Зібрати схему своїми руками, використовуючи різні хаби. Для кожного пристрою вручну підібрати і налаштувати відповідний плагін. Організувати управління елементами за допомогою саморобних додатків.

2. Купити готовий стартовий набір, після чого придбати сумісні з ним пристрої, підключити їх до хабу, скачати спеціальний додаток на смартфон і керувати власним інтелектуальним житлом.

У другому випадку користувач отримує готове рішення і гарантований результат. При цьому сума вкладень може бути цілком демократичною. Досить придбати базовий комплект для контролю безпеки при пожежі, витоків води та несанкціонованому проникненні.

Сьогодні існує багато технології об'єднання і управління системами розумного будинку. Розглянемо деякі популярні готові рішення і проаналізуємо їх переваги та недоліки [12].

##### 1.1.1 Ajax StarterKit

Український бренд Ajax представляє систему свого смарт будинку, із забезпеченням контролю безпеки. Ajax StarterKit (рис. 1.1) попередить власника про несанкціоноване проникнення, спалах, затоплення. У комплект поставки входять:

- центральний контролер;
- сирена;
- брелок з функцією пульта;
- сенсори положення дверей і вікон (відкрито/закрито);
- сенсор розбитого скла;
- сенсор протікання води;
- сенсор руху, який розрізняє людей та тварин.



Рисунок 1.1 – Система розумного будинку Ajax StarterKit

*Переваги системи Ajax StarterKit:*

- використання захищеного радіоканалу;
- простота налаштування і управління системою;
- швидке оповіщення;
- резервне живлення контролера.

*Недоліки:*

- система виконує виключно охоронні функції;
- середня ціна комплекту сягає 6500 грн.

### 1.1.2 Xiaomi

Відома китайська компанія Xiaomi, що випускає високоякісну електроніку. Екосистема її розумного будинку, не обмежуючись базовим набором, оскільки виробляє безліч смарт пристроїв за доступними цінами. Це дозволяє організувати розумний будинок з широким функціоналом.

Шлюз Mijia (рис. 1.2), поєднує в собі функції нічника, радіоприймача, хаба.

Датчики вікон і дверей відстежують несанкціоноване проникнення, відправляють повідомлення власникові і включають камеру. При відкритті вікна вранці, автоматично включається освіжувач повітря. При відкриванні дверей вранці в спальню дитини вмикається приємна мелодія будильника. Бездротовий вимикач (бездротова кнопка) дозволяє одним натисканням розбудити дитину під час приготування сніданку на кухні. Йдучи на роботу, можна одним натисканням знеструмити всі електроприлади.



Рисунок 1.2 – Система розумного будинку Xiaomi Mijia

Інший важливий елемент системи – розумна розетка. Підключивши її до багатфункціонального шлюзу, використовуючи додаток на смартфоні, можна окремо запрограмувати включення і відключення будь-якого електроустаткування за розкладом. Для цього в додатку на кожен прилад налаштовуються свої іконки.

Датчик руху вмикає світло в передпокої при відкриванні вхідних дверей, кондиціонер при відході до сну, запалить нічник або світлодіодну стрічку, якщо вночі знадобитися відвідати туалет.

Весь набір коштує 2900 грн.

*Переваги:*

- реалізація безлічі корисних функцій вже зі стартовим набором елементів;
- сумісність з Android і iPhon;
- все налаштоване «з коробки».

*Недоліки:*

- китайські розетки не придатні для європейських вилок, слід використовувати перехідник;
- шлюз в режимі радіоприймача приймає тільки китайські радіостанції.

### **1.1.3 Redmond**

Продукція бренду Redmond відрізняється найширшим вибором пристроїв, керованих одним додатком. Голосове управління поки не реалізовано, але за кількістю виробленого обладнання Redmond знаходиться в лідерах. У комплект (рис. 1.3) входять: розетка, датчик руху, герконовий датчик контролю положення дверей. Решта пристроїв, включаючи центр управління Redmond SkyCenter 11S, купуються окремо.

В сумі базовий комплект коштує 3200 грн.

*Переваги:*

- величезна кількість IoT пристроїв,
- можливість повної автоматизації будинку;
- якість і надійність.



Рисунок 1.3 – Система розумного будинку Redmond

*Недоліки:*

- відсутність голосового управління;
- для дистанційного керування екосистемою зі смартфона потрібна наявність смарт пристрою в будинку (планшет або смартфон).

### 1.1.4 Google

Продукція американського бренду китайського виробництва Google і мобільним додатком, і голосом. Асистент відгукнеться на вітання «Окей Гугл» і виконає прохання включити музику, завести будильник тощо.

В якості керуючого центру використовується музична колонка (єдиний пристрій, який виробляє Google). Всі інші гаджети розробляються фірмами-партнерами гіганта – Xiaomi, TP-Link або Phillips. Тому список сумісного обладнання досить великий.

Середня ціна колонки Google Home (рис. 1.4) – 3900 грн. Решта обладнання купується окремо, від інших виробників. Вартість комплекту, здатного регулювати освітлення, тепло, воду, управляти іншим домашнім обладнанням, в кожному окремому випадку визначається індивідуально.



Рисунок 1.4 – Колонка Google Home

*Переваги:*

- можливість голосового управління;
- безліч сумісного з екосистемою домашнього обладнання від різних виробників.

*Недоліки:*

- висока ціна.

### **1.1.5 Amazon**

Найближчий конкурент Google Home – американець китайського виробництва Amazon. Екосистема побудована навколо своєї смарт колонки, з якої чудово працюють IoT пристрою від різноманітних виробників. Це полегшує користувачам комплектацію необхідного набору, з можливістю подальшого розширення. Amazon вважається самим гнучким і перспективним брендом в цьому ряду, з урахуванням широкої сумісності, високої якості, маси новітніх розробок і помірних цін.

Так само як і Google Home, Amazon виробляє лише колонку Amazon Echo (рис. 1.5), середня ціна якої дорівнює 3750 грн. Решта обладнання комплектується іншими виробниками.



Рисунок 1.5 – Розумна колонка Amazon Echo

*Переваги:*

- гнучкість системи;
- можливість налаштування великої кількості сценаріїв автоматизації;
- сумісність з багатьма виробниками;
- голосове керування.

*Недоліки:*

- відсутність української мови.

### **1.1.6 Fibaro Starter Kit**

Fibaro Starter Kit (рис. 1.6) [1] це набір, що складається з центрального контролера Fibaro, датчиків руху, задимлення, протікання, відкриття дверей і вікна, а також модуля управління електроприладами. Вартість обладнання починається з 16200 грн.

Даний комплект є стартовим набором з можливістю розширення. Зв'язок модулів здійснюється за допомогою радіоканалу. Є можливість додатково підключити до системи датчики температури, вологості, освітленості, а також інші модулі для управління електроприладами.



Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд стартового комплекту Fibaro Starter Kit

*Переваги:*

- гнучкість системи;
- управління через мобільний додаток та веб-портал;
- голосове керування.

*Недоліки:*

- висока ціна.

### **1.1.7 Easy Smart Box**

Система Easy Smart Box [3] пропонує стартовий набір для розумного будинку, який включає у себе можливості керування штатним освітленням, протипаварійну сигналізацію, управління електронавантаженням без контролю потужності, функції охоронної сигналізації, управління та моніторинг стану системи в реальному часі, програмне забезпечення з графічним інтерфейсом,



взаємодія з будь-якими мобільними телефонами, можливість віддаленого управління розумним будинком. Вартість такої системи сягає 32000 грн.

Систему можна розширити, але кількість додаткових модулів досить обмежена. Крім того виробник не дає точних даних про наявні датчики та особливості їх комутації, тому не можливо достовірно визначити функціональність всієї системи загалом. Оскільки для керування даною системою використовують універсальний програмний комплекс то інтеграція додаткового обладнання вимагатиме додаткових затрат часу та ресурсів.

*Переваги:*

- наявність голосового управління;
- програмне забезпечення з підтримкою різних операційних систем;
- можливість повної автоматизації будинку;
- висока надійність обладнання.

*Недоліки:*

- обмежена кількість сумісних пристроїв,
- висока вартість системи;
- додаткові затрати на обслуговування.

### **1.1.8 Порівняльний аналіз систем управління розумним будинком**

Огляд популярних систем інсталяції розумного будинку показав, що їх функціональні можливості практично ідентичні. Основними конкурентними перевагами найпопулярніших виробників є цінова політика, можливість взаємодії з обладнанням від сторонніх виробників, зручність налаштування та управління системою. Більшість виробників використовують закрите програмне забезпечення. Також у вільному доступі відсутні повні технічні характеристики центральних управляючих модулів. лідністю.

Порівняльні характеристики різних екосистем для розумного будинку наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика екосистем для розумного будинку

Екосистема	Ajax StarterKit	Xiaomi Mijia	Redmond	Google Home	Amazon	Fibaro Starter Kit	Easy Smart Box
Простота налаштування	+	+	+	+	+	+	+
Відкритість системи	-	+	-	+	+	-	-
Мобільний додаток	+	+	-	+	+	+	-
Web-інтерфейс	+	+	+	+	+	+	+
Голосове керування	-	-	-	+	+	+	+
Базова вартість системи*, грн.	6500	2900	3200	3900 + 5700	3750 + 6100	16200	32000

\*Ціни розраховані виходячи з вартості обладнання без урахування кабельної та електромонтажної продукції.

З розглянутих готових програмно-апаратних рішень найбільшим функціоналом і простотою інтеграції відрізняються Google Home і Amazon, оскільки вони елементарні в налаштуванні і встановленні додаткового обладнання. Але через високу ціну і необхідність «будувати» систему з пристроїв від різних виробників ці варіанти не є ідеальними.

## 1.2 Класифікація систем управління обладнанням розумного будинку

Розглянемо можливості та особливості використання різних систем управління засобами домашньої автоматизації, які кардинально відрізняються між собою, але дозволяють власнику розумного будинку вдало вийти з типових життєвих ситуацій. Господаря немає вдома, але його долають сумніви: чи вимкнено вентилятор (праску, чайник, пральну машину, тостер, паяльник, тощо)? Чи поставив він будинок на охоронну сигналізацію? Що діти роблять, коли його немає? І навіть коли він не хоче вставати з улюбленого крісла, щоб піти та вимкнути світло у спальні на другому поверсі.

Налаштувавши систему віддаленого управління розумним будинком, власник позбавляється цих турбот. З її допомогою він може підключати побутову техніку та інтелектуальні пристрої у своєму будинку, щоб вони взаємодіяли один з одним та з людиною.

### 1.2.1 Фізичні елементи управління

Перш ніж встановити і почати використовувати систему розумного будинку, домовласники використовували фізичні настінні вимикачі, щоб вмикати і вимикати світло. Вони звичні, надійні та інтуїтивно зрозумілі, що є їх незаперечною перевагою. Тим більше, що у користувачів часто виникає резонне питання: а що робити, якщо після заміни фізичних вимикачів на смарт-вимикачі, потрапити в ситуацію, коли немає інтернет-з'єднання, як тоді включити/вимкнути світло? У даному випадку найпростіший настінний механічний вимикач вирішує це питання.

У цьому випадку зазвичай використовують спеціальні модулі, що встановлюються всередині коробки під механічним вимикачем, що дозволяє підключати датчики з сухими контактами та різні типи зовнішніх перемикачів

для управління освітленням або побутовою технікою, наприклад, перемикачі SPDT і кнопкові перемикачі NC/NO. Такий модуль лише додає функцію управління вмиканням/вимкненням світла з використанням мережі Інтернет, і світло можна буде включати та вимикати за допомогою звичайного зовнішнього перемикача, підключеного до роз'єму MINIR2, у разі збою в мережі.

### **1.2.2 Програмне дистанційне управління**

Система розумного будинку може керуватися за допомогою програми, що використовує віддалену хмару для зв'язку з домашньою мережею, в яку з'єднані всі (або окремі) смарт-пристрої. Це є досить зручним та простим інструментом для керування пристроями розумного будинку. Мобільний телефон майже завжди перебуває поруч з його власником, тому керувати роботою побутової техніки за допомогою програми на мобільному телефоні зовсім нескладно.

Сьогодні переважна більшість пристроїв розумного будинку підтримує віддалене керування, зокрема: рольставні, світильники, жалюзі, обігрівачі тощо. Найзручнішою перевагою віддаленого управління через програму є те, що власник можете перевіряти стан побутової техніки та включати або вимикати її одним дотиком у додатку, що допомагає заощадити гроші на щомісячному рахунку за електроенергію та підвищує безпеку, коли він знаходиться далеко від дому.

### **1.2.3 Дистанційне управління за допомогою радіоканалу**

433 МГц – це діапазон бездротового радіозв'язку та частота, на якій можуть передавати сигнал домашні пристрої. Радіоканал використовується для управління вимикачами, моторизованими жалюзі, гаражними воротами,

стельовими вентиляторами з лампами, освітленням та іншими пристроями. Порівняно з інфрачервоним, цей тип управління має очевидну перевагу в якості технології дистанційного управління, оскільки він може проходити крізь непрозорі перешкоди і навіть стіни. Компанії, що займаються розумним будинком, використовують частоту 433 МГц для продукції з дистанційним управлінням.

Використання відкритого частотного каналу 433 МГц для керування підключеними побутовими приладами також є перевагою такої технології управління, оскільки не вимагає жодних узгоджень та ліцензування. Крім того 433 МГц – це досить низька частота порівняно з технологією Z-Wave (868-928 МГц), Zigbee (2,4 ГГц) або Wi-Fi (2,4 або 5,8 ГГц), що означає, що вона підтримує передачу менших обсягів інформації, але здатна краще проходити крізь стіни.

#### **1.2.4 Пасивне інфрачервоне управління**

Датчик руху – це ще одна пара очей, що спостерігає за усім, що відбувається. Найбільш поширеним датчиком руху, що використовується в домашніх умовах, є пасивний інфрачервоний датчик, що називається датчиком PIR. Датчики цього типу використовуються в домашній безпеці або для зручності увімкнення та вимкнення світла шляхом виявлення пересування людини. Зазвичай датчики руху встановлюють в житлових приміщеннях, коридорі, санвузлах і навіть на балконі та на вулиці.

Після цього розробляється сценарій при якому світло активується при виявленні руху. Також ці датчики дають можливість створити домашню систему сигналізації, в якій на мобільний телефон відправляється тривожне повідомлення при виявленні будь-якого підозрілого руху.

### **1.2.5 Центральна панель управління**

Одним із найпоширеніших способів взаємодії людини із системами розумного будинку є інтелектуальна панель управління. Це більше, ніж набір кнопок на дисплей. Це головний центр, який створює розумний будинок. З його допомогою можна легко керувати налаштуваннями термостата, керувати всіма інтелектуальними пристроями у будинку, включаючи та вимикаючи, а також налаштовуючи їх. Всі пристрої розумного будинку можуть бути контрольовані в єдиній системі, за допомогою якої можна автоматично керувати великою кількістю приладів за заданими схемами.

Крім того, розумні пристрої можуть виконувати роль домашнього асистента, виконуючи роль центральної системи управління пристроями розумного будинку. Користувач може отримати доступ до цієї платформи управління через веб-інтерфейс і додати інтелектуальні пристрої в одну систему для управління.

Пристрої, що підтримують самостійну установку (режим DIY) можна інтегрувати до домашнього асистента за допомогою виявлення mDNS. Інші інтелектуальні пристрої без режиму DIY необхідно в ручному режимі прив'язати до облікового запису. Тобто будь-який із способів керування дозволяє інтегрувати обладнання розумного будинку до роботи відповідного сценарію, щоб спростити керування.

### **1.2.6 Голосове управління**

Технології голосового керування обладнанням розробляються вже досить давно. Оскільки розпізнавання мови розвинене досить добре, то воно може використовувати як ще один спосіб віддаленого управління обладнанням розумного будинку, наприклад коли ми намочили руки і не хочемо випадково потрапити під дію електричного струму, або якщо руки банально зайняті, або користувач не хоче витратити час на переміщення до

вимикачів. У такі моменти голосове керування може замінити вам руки, необхідні, щоб дістатися до різних елементів керування.

Багато смарт-пристроїв підтримують можливість голосової активації через роботу з голосовими помічниками, такими як Amazon Alexa, Google Assistant тощо.

Для реалізації принципу голосового управління обладнанням слід забезпечити програмну та апаратну підтримку голосового помічника та приєднати до системи пристрій зчитування голосових команд. У свою чергу такий пристрій може працювати централізовано, або ж розташовуватись у різних зонах розумного будинку.

### **1.2.7 Розподілене управління**

Ще однією тенденцією є впровадження технології розподіленого керування за допомогою пов'язаних між собою розумних гаджетів. Дуже часто для цих цілей використовують розумні годинники та смартфони.

Хоча загалом крос-девайсний контроль дозволяє контролювати розумний будинок з значно ширшого спектру обладнання, такого як смартфони, ПК, настільні комп'ютери, планшети, інтелектуальні пристрої, такі як Chromecast та Apple TV, переносних пристроях і багато іншого.

Тобто користувач може керувати своєю побутовою технікою на розумному годиннику. Це означає, що він може не тільки стежити за здоров'ям та фітнесом, відправляти повідомлення та дзвонити, але й запускати на них свій розумний будинок і при цьому використовуватимете саме той пристрій, з яким він найбільше звик взаємодіяти. Незалежно від того, де знаходитесь користувач побутовою технікою завжди можна керувати з зап'ястя у будь-який час, включаючи керування одним пристроєм, групове керування і навіть інтелектуальне керування сценаріями роботи розумного будинку.

### **1.2.8 Управляючі смарт-сценарії**

Сценарій роботи розумного будинку – один із основних способів управління розумним будинком. За фактом це цілий набір команд та дій з управління різними пристроями. Керування сценарієм також називається його налаштуванням, що вказує на те, що користувач можете налаштувати пристрій для керування запрограмованим сценарієм, наприклад передпокій освітлюється, коли людина штовхає двері вночі. Використання керування сценаріями в системі розумний будинок також спрощує життя, дозволяючи активувати кілька налаштувань за допомогою натискання лише однієї кнопки.

Сценарії зазвичай використовуються в запрограмованих на замовлення системах автоматизації, крім того замовник можете самостійно зробити систему розумного будинку для різного ступеня управління. Одним із бонусних елементів налаштування сценаріїв у системі домашньої автоматизації є те, що сцени не обмежуються використанням одного датчика чи виконавчого механізму. А тригерною умовою для активації сценарію може бути не лише команда людини, але і показ будь-якого датчика.

### **1.2.9 Управління за допомогою веб-браузера**

Крім класичної функції дистанційного керування через мобільний додаток на смартфонах, існує безліч пристроїв, якими можна керувати віддалено через веб-браузер. Як правило, веб-технологія для віддаленого управління пристроями не вимагає від власника завантаження та встановлення чогось, слід просто зайти на веб-сайт і увійти до свого облікового запису.

Однак перш ніж увійти на веб-сторінку програми необхідно враховувати ключовий момент – сумісність обладнання. Чимало веб-платформ для розгортання системи управління розумним будинком мають істотні обмеження щодо доступного обладнання.



### 1.2.10 Управління за допомогою віджетів

Віджети є вкрай важливим аспектом налаштування екрана смартфона. За допомогою віджету управління користувач може отримати короткий огляд смарт-пристроїв, смарт-сцен або індивідуальної групи, доступної прямо з головного екрану смартфона. Чимало сучасних віджетів також підтримують інтеграцію з голосовими помічниками. Використання віджетів дозволяє користувачу мати швидкий доступ до налаштування розумного будинку, та контролю його стану. Більшість комерційних віджетів розумного будинку є кросплатформенними і відрізняються досить якісною та оперативною технічною підтримкою. Особливо стрімко розвивається програмне забезпечення тих систем, що підтримують роботу зі сторонніми апаратними засобами.

Таким чином проведений аналіз різноманітних систем віддаленого управління розумним будинком дозволяє констатувати, що більшість виробників намагаються підтримувати декілька різноманітних способів віддаленого управління розумним будинком. Крім того більшість виробників дозволяють користувачу додатково здійснювати «тонке» налаштування засобів управління. Таким чином вони досягають найвищої лояльності користувачів та намагаються збільшити продажі додаткових апаратних засобі. Також очевидно, що впровадження систем віддаленого управління розумним будинком зазвичай вимагає формування додаткових елементів екосистеми розумного будинку, які будуть відповідати за взаємодію з віддаленими елементами системи: віддалений сервер, хмара, база даних тощо. Втім основна складова ціноутворення зосереджена на програмних та алгоритмічних рішеннях.

## РОЗДІЛ 2

# ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ РОЗУМНИЙ БУДИНОК

### 2.1 Вибір принципу побудови системи

На першому етапі проектування розумного будинку необхідно визначити принципи побудови системи, уточнити її функціонал, розробити структурну схему, визначитися з вибором комплектуючих. Для того, щоб визначити яким саме чином і за допомогою якого обладнання доцільно проектувати систему автоматизації потрібно розібратися в основних параметрах і вибрати відповідне обладнання.

Виділяють три типи організації управління системами автоматизації [5]: централізовані, децентралізовані і змішані системи.

#### 2.1.1 Централізовані системи автоматизації

Суть централізованого розумного будинку полягає в тому, що йде програмування тільки одного центрального логічного модуля. Зазвичай це вільно програмований контролер, в який записується заздалегідь спеціально створена під об'єкт програма, на основі якої йде управління виконавчими пристроями і інженерними системами. Це дозволяє використовувати широкий вибір обладнання та складні сценарії.

*Переваги:*

- єдиний інтерфейс управління;
- створення складних сценаріїв, прив'язаних до часу доби, стану мешканця, температури, місячних циклів тощо;

- простота початкового налаштування та комутації, адже усі маніпуляції виконуються тільки на центральному контролері.

*Недоліки:*

- обов'язкове програмування системи;
- повна залежність системи від центрального контролера та складність його дублювання;
- вимагає наявності резервного модульного обладнання.

### **2.1.2 Децентралізовані системи автоматизації**

У розподілених системах розумних будинків кожен виконавчий пристрій містить мікропроцесор з енергонезалежною пам'яттю. Цим пояснюється надійність таких систем. При виході з ладу одного пристрою усе інше обладнання може продовжити своє функціонування.

*Переваги:*

- висока надійність.

*Недоліки:*

- висока вартість обладнання;
- складне початкове програмування обладнання;
- складність інтеграції з іншими апаратними рішеннями;
- закритий протокол управління переважної більшості обладнання.

### **2.1.3 Змішана система управління**

Переважає більшість нових технічних рішень, що зустрічаються у галузі на сьогоднішній день – це системи зі змішаним управлінням. Роль центру управління виконує мікроконтролер, але додаткові керуючі модулі також мають вбудовані функції управління. Таким чином, при виході з ладу

центрального мікроконтролера усі життєво важливі системи переходять на ручне керування.

*Переваги:*

- висока надійність;
- відносно низька вартість обладнання;
- легкість початкового налаштування;
- наявність резервного обладнання не є обов'язковою.

В даній роботі було прийнято рішення використовувати змішану систему управління обладнанням. Вона поєднує в собі всі плюси децентралізованої і централізованої системи. При цьому має невисоку вартість і високу надійність.

## **2.2 Вибір способу побудови комутаційного середовища**

Для того, щоб центральний контролер міг збирати інформацію з датчиків і передавати сигнали керування виконавчим пристроям потрібно вибрати спосіб передачі інформації між окремими елементами системи. Розрізняють два основні типи передачі інформаційних сигналів – провідний і безпровідний.

### **2.2.1 Провідні системи автоматизації**

Усі керуючі пристрої – датчики, вимикачі, пристрої управління кліматом, керуючі панелі зв'язують єдиною інформаційною шиною, якою йдуть сигнали до виконавчих пристроїв, розташованих в електричному щиті. Для побудови інформаційної шини використовуються спеціальні сигнальні

проводи різного перерізу, а в окремих випадках звичайну виту пару. У провідної системи є свої переваги і недоліки.

*Переваги:*

- висока завадостійкість;
- висока швидкість відгуку;
- великий вибір дизайну керуючих елементів;
- відносна простота інтеграції з іншими системами;
- передача сигналів на великі відстані.

*Недоліки:*

- проектування системи відбувається на стадії ремонту;
- необхідність прокладання великої кількості проводів;
- високі вимоги до кваліфікації інсталлятора, який виконуватиме установку і обслуговування системи.

### **2.2.2 Безпроводні системи автоматизації**

У цих системах, сигнал від керуючих пристроїв до виконавчих передається радіоканалом. Це дозволяє скоротити кількість проводів, а також час на інсталяцію системи. Такі системи можна монтувати на об'єктах з завершеним ремонтом та класичною проводкою.

*Переваги:*

- можна встановлювати в квартири без проведення ремонтних робіт;
- невелика кількість проводів;
- швидкий монтаж.

*Недоліки:*

- низька завадостійкість;
- потреби у витратних матеріалах;
- складна інтеграція з іншими системами;
- низький рівень безпеки передачі інформаційних повідомлень;

- складності реєстрації деяких радіочастот в Україні;
- складність передачі радіосигналу через товсті перегородки;
- складність передачі радіосигналу на великі відстані.

У даному проекті прийнято рішення використовувати провідну систему передачі сигналів керування до проміжних вузлів. Це забезпечує високу надійність усієї системи і високу швидкодію. Водночас зв'язок проміжних вузлів відбувається безпроводним радіоканалом для яких монтаж провідних ліній є невиправданим.

## **2.3 Протоколи і інтерфейси в системі розумного будинку**

Усі системи розумного будинку можуть мати як відкритий, так і закритий протокол управління. Відкритий протокол дозволяє кінцевому користувачу самостійно розробляти програмне забезпечення і під'єднувати нове обладнання. Також є можливість повної модифікації всієї системи. Закритий протокол керування не дозволяє користувачу змінювати вбудоване програмне забезпечення або проводити його модифікацію. У таких системах користувач може виконувати лише налаштування наявного обладнання та програмного забезпечення. Натомість користувач може розраховувати на надійність та безвідмовність запропонованих продуктів і значно нижчу вартість.

### **2.3.1 Протокол X10**

Протокол X10 є однією з перших інтерфейсних технологій, яка знайшла застосування при створенні розумного будинку. Вона була розроблена компанією Pico Electronics у 1970 році [4, 5]. Протокол засновано на передачі

інформаційних сигналів з використанням наявної у будинку електричної проводки. Тобто побудувати мережу X10 можливо простим підключенням пристроїв у електричні розетки. Плюсом такого рішення є простота налаштування та інсталяції. До основних мінусів цього протоколу зв'язку можна віднести низьку швидкість передачі даних, відсутність зворотного зв'язку і низьку завадостійкість лінії.

### 2.3.2 Протокол Modbus

Комунікаційний протокол, що використовує клієнт-серверну архітектуру Modbus [6]. Цей протокол було розроблено у першу чергу для практичного використання у програмованих логічних контролерах. Сьогодні цей протокол набув значного поширення і активно використовується для побудови різноманітних промислових системах автоматички. Також його ефективно використовують для передачі даних за допомогою послідовних ліній зв'язку, базуючись на інтерфейсах RS-485, RS-422, RS-232. На початку розвитку застосовувався інтерфейс RS-232, як один з найбільш простих промислових інтерфейсів для послідовної передачі даних. На даний час протокол часто використовується поверх інтерфейсу RS-485, що дозволяє забезпечити високу швидкість передачі даних, працює на великих відстанях і підтримує об'єднання декількох пристроїв в єдину мережу, що є особливо цінним, адже протокол Modbus підтримує адресацію. Широка поширеність протоколу Modbus, обумовлена його простотою і надійністю та можливістю легкої інтеграції в єдину мережу пристроїв, що підтримують Modbus.

Основною особливістю протоколу є наявність в мережі одного ведучого пристрою – Master. Тільки ведучий пристрій може опитувати інші пристрої мережі, які є відомими – Slave. Підлеглий пристрій не може самостійно ініціювати передачу даних або запитувати будь-які дані у інших пристроїв, робота мережі будується тільки за принципом "запит-відповідь". Ведучий

пристрій також може видати циркулярний запит, адресований до усіх пристроїв у мережі.

### **2.3.3 Протокол Rs-485**

Розгалужена інформаційна мережа, побудована на основі інтерфейсу RS-485, складається з різноманітних давачів та виконавчих пристроїв, з'єднаних (послідовно або паралельно) за допомогою виті пари – восьми попарно скручених провідників [7].

В основі роботи інтерфейсу RS-485 лежить принцип диференціальної (балансної) передачі даних. Його суть полягає у передачі одного сигналу двома окремими проводами. Один з проводів виті пари передає інформаційний сигнал, а інший провід передає його інвертовану копію. Іншими словами, якщо на одному проводі виставлено логічну одиницю, то на іншому – логічний нуль і навпаки. Таким чином, між двома проводами виті пари завжди підтримується різниця потенціалів: при логічній одиниці вона позитивна, а при передачі логічного нуля – негативна.

Саме різниця потенціалів і забезпечує передачу сигналу, такий спосіб забезпечує високу стійкість до синфазних перешкод.

## **2.5 Безпроводні технології в системі розумний будинок**

Незважаючи на те, що основною технологією реалізації міжапаратного зв'язку у розроблюваній системі обрано передачу даних через проводи, очевидно, що для подальшого розширення і доповнення функціонала, необхідно передбачити і можливість безпроводного зв'язку.



Z-Wave – безпроводний протокол в основі якого покладено коміркову мережу (mesh-мережа) [5].

Кожен пристрій в мережі Z-Wave є як приймачем, так і передавачем сигналу. Завдяки цьому збільшується надійність мережі (при виході з ладу одного пристрою, сигнал піде через сусідні), а зона покриття розширюється простим додаванням нових пристроїв, які можуть працювати в якості повторювачів сигналу. У мережі Z-Wave не потрібні додаткові ретранслятори і підсилювачі сигналу, досить, щоб будь-який пристрій мережі Z-Wave знаходилося в радіусі дії сусіднього пристрою.

Техноолгія Wi-Fi – (англ. Wireless Fidelity – безпроводна висока точність) дозволяє передавати дані на високих швидкостях [8].

Робочі частоти мереж Wi-Fi 2,4 ГГц та 5 ГГц. У якості стандартів на даний момент прийняті 802.11a, 802.11b і 802.11g зі швидкостями 54 Мбіт/с, 11 Мбіт/с та 100 Мбіт/с відповідно. Ця технологія має високу захищеність і стійкість до перешкод.

Також у розумних будинках часто використовують технологію Bluetooth [14]. Оскільки Bluetooth має малий радіус дії, то його зручно використовувати для ідентифікації користувача, наприклад, по мобільному телефону.

Радіоканал широко використовується в розумних будинках для дистанційного керування [8].

Чимало сучасних пультів керування і датчиків мають вбудований радіопередавач, який відправляє дані на радіоприймач головного контролера. Можна використовувати як закодований, так і відкритий радіоканал.

Інфрачервоне управління здебільшого використовується для керування кліматичною технікою а також теле та аудіо апаратурою [9]. Сфера його застосування дещо обмежена, оскільки інфрачервоний сигнал – це сигнал прямого бачення, тому всі дистанційні пульти повинні знаходитися в зоні дії приймача.

Оскільки найчастіше в розумних будинках застосовують рішення, побудовані на різних інтерфейсах було прийнято рішення в проектованій системі розумного будинку використовувати контролер, що підтримує максимальну кількість інтерфейсів. Також контролер повинен мати можливість установки плат розширення для активації необхідного інтерфейсу.

За результатами аналізу способів реалізації комунікаційної підсистеми прийнято рішення про організацію основної взаємодії модулів розумного будинку через фізичні лінії зв'язку. Зважаючи на високу надійність та значне поширення в якості основного інтерфейсу проектованого будинку обрано інтерфейс RS-485. Інтерфейс підтримує можливість підключення пристроїв через проводи, а також дозволяє реалізувати підтримку протоколів Modbus RTU, а значить відповідає висунутим умовам. Як основну кабельну продукцію обрано виту пара категорії Cat 5e, оскільки вона є досить доступною і задовольняє запитам провідної системи управління. Надалі передбачається можливість розширення системи за рахунок використання безпроводних каналів зв'язку, тому при виборі центрального модуля керування доцільно передбачити наявність каналів безпроводного зв'язку.

## РОЗДІЛ 3

# РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО УПРАВЛІННЯ РОЗУМНИМ БУДИНКОМ

### 3.1 Розробка структури віддаленого управління розумним будинком

Основними завданнями та етапами формування системи віддаленого управління розумним будинком є:

- збір первинних даних за допомогою сенсорів, розташованих в безпосередній близькості від реальних об'єктів;
- керування об'єктами через актуатори, підключені до мікрокомп'ютерів та мікроконтролерів;
- передача первинних даних від мікрокомп'ютерів до обчислювального хаба та у зворотному напрямку;
- первинна обробка даних у обчислювальному хабі, формування пакетів даних та їх передача у хмару;
- отримання та зберігання даних у хмарі;
- аналітична обробка у хмарі та формування ключових показників ефективності на основі даних про об'єкти, даних від сторонніх джерел, історичних даних;
- візуалізація даних та результатів аналізу на різних платформах: мобільних пристроях, електроніці, планшетах, комп'ютерах, моніторах та ін.;
- прийом команд від зовнішніх керуючих консолей;
- передача керуючих повідомлень до віддалених обчислювальних хабів.

Структуру такої системи схематично подано на рис. 3.1.

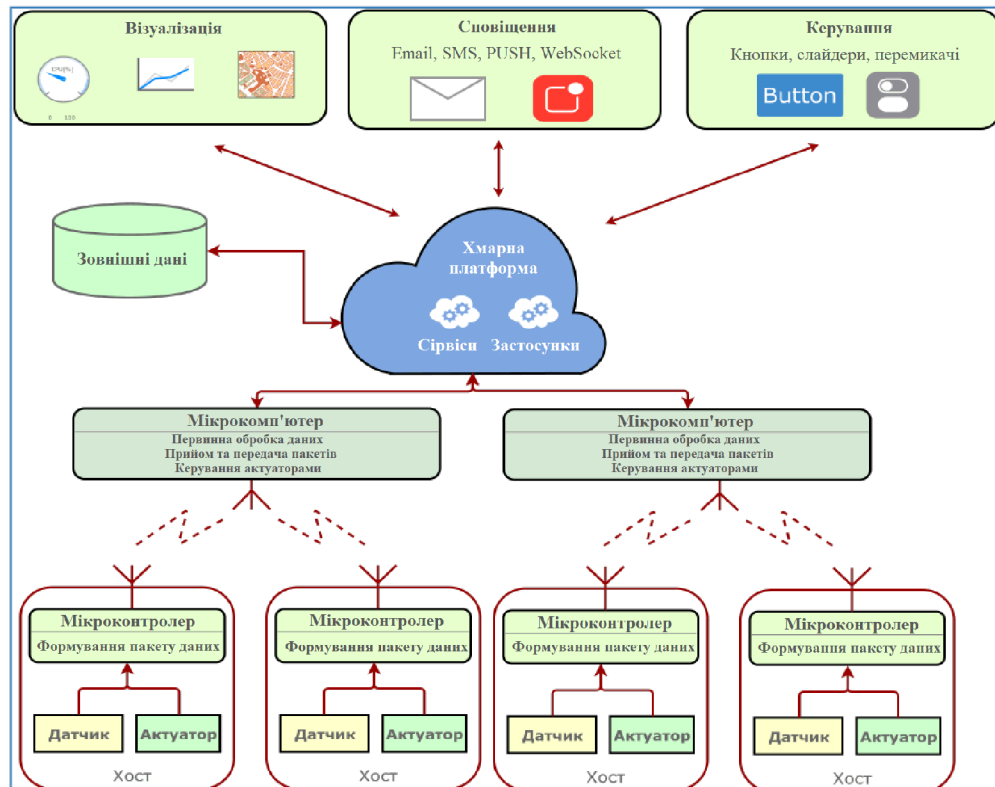


Рисунок 3.1 – Структура системи віддаленого управління розумним будинком

Для практичної реалізації системи віддаленого управління розумним будинком використано наступне обладнання:

- світлодіоди та п'єзовипромінювач як імітація актуаторів;
- датчики для реєстрації необхідних параметрів об'єкта (наприклад, датчики температури та кута повороту);
- мікрокомп'ютери Arduino Uno для керування актуаторами та отримання даних від датчиків;
- бездротові радіочастотні модулі RF 433 МГц для комутації мікрокомп'ютерів із обчислювальним хабом;
- плата розширення Gove для підключення датчиків, актуаторів та RF модулів до мікрокомп'ютера;
- мікрокомп'ютер RaspberryPi 2 як обчислювальний хаб;
- хмарна платформа IBM Bluemix для реалізації сервісів зберігання, аналітичної обробки та візуалізації даних.

Виконаємо словесний опис основних функціональних зв'язків та етапів функціонування розроблюваної системи. Інформація від датчиків через роз'єми на розширювальних платах Grove передається в мікрокомп'ютер Arduino. Прийом інформації здійснюється під керуванням програми написаної мовою C із заданою розробником періодичністю. Зібрані дані збираються в пакети та об'єднуються з ідентифікаторами номера датчика.

Через радіомодуль RF433 дані з багатьох мікроконтролерів передаються в обчислювальний хаб (RaspberryPi). Хаб формує пакети MQTT і передає їх у хмару Bluemix для обробки та збереження. Назад з хмари хаб отримує команди управління актуаторами (світлодіодами). Таким чином, за командою виконується увімкнення та вимкнення світлодіодів.

Дані з MQTT пакету надходять у брокер у складі сервісу IoT Foundation. Параметри підключених пристроїв зберігаються в базі даних Cloudant. Підписником даних є програма Node-Red, яка дозволяє маніпулювати ними за допомогою простих візуальних засобів. Множина елементарних блоків (нодів) є JavaScript додатками, пов'язаними між собою потоками даних. Таким чином, JavaScript програми в Node-Red виконують збереження отриманих даних у базі dashDB.

За отриманими первинними даними та передиктивними даними будуються графіки, які візуалізуються на html сторінці, доступній для перегляду в броузері.

На сторінці відтворюється кнопка оператора, при натисканні на яку формується пакет MQTT, який через брокер надходить в хаб RaspberryPi і ініціює перемикання стану першого світлодіода. У разі перевищення предиктивних показів встановленої межі автоматично формується інший пакет MQTT, який призводить до перемикання другого світлодіода.

Повна функціональна схема розроблюваної системи управління розумним будинком наведена на рис. 3.2.

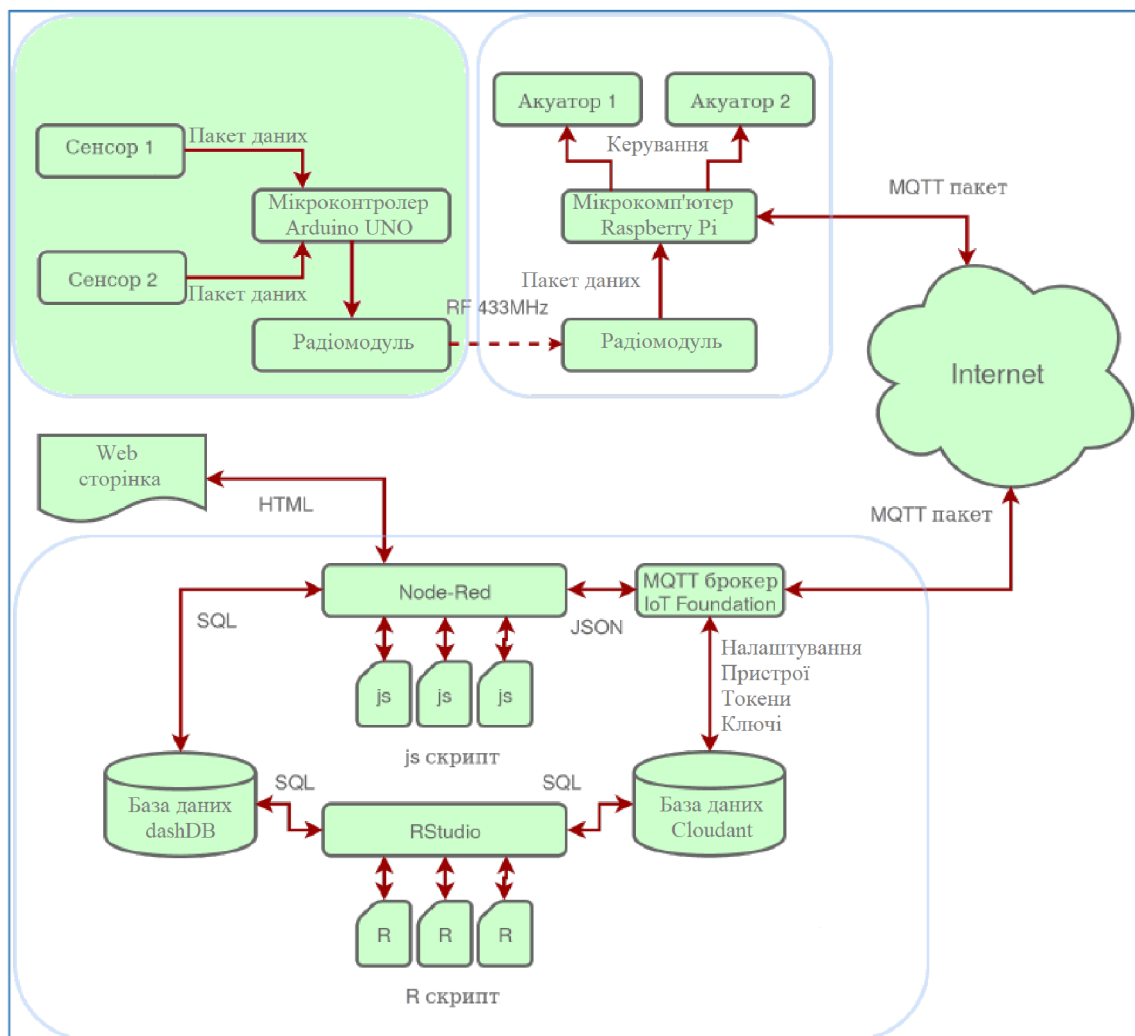


Рисунок 3.2 – Функціональна схема проекту віддаленого управління розумним будинком

## 3.2 Апаратна реалізація віддаленого управління розумним будинком

### 3.2.1 Модуль збору даних

Модуль збору даних реалізовано на базі платформи Arduino UNO (рис. 3.3 а). Для зручного підключення периферійного обладнання її доповнено платою розширення Grove (рис. 3.3 б), до якої під'єднано енкодер кута повороту (рис. 3.3 в), датчик температури (рис. 3.3 г) та радіомодуль (рис. 3.3 д).

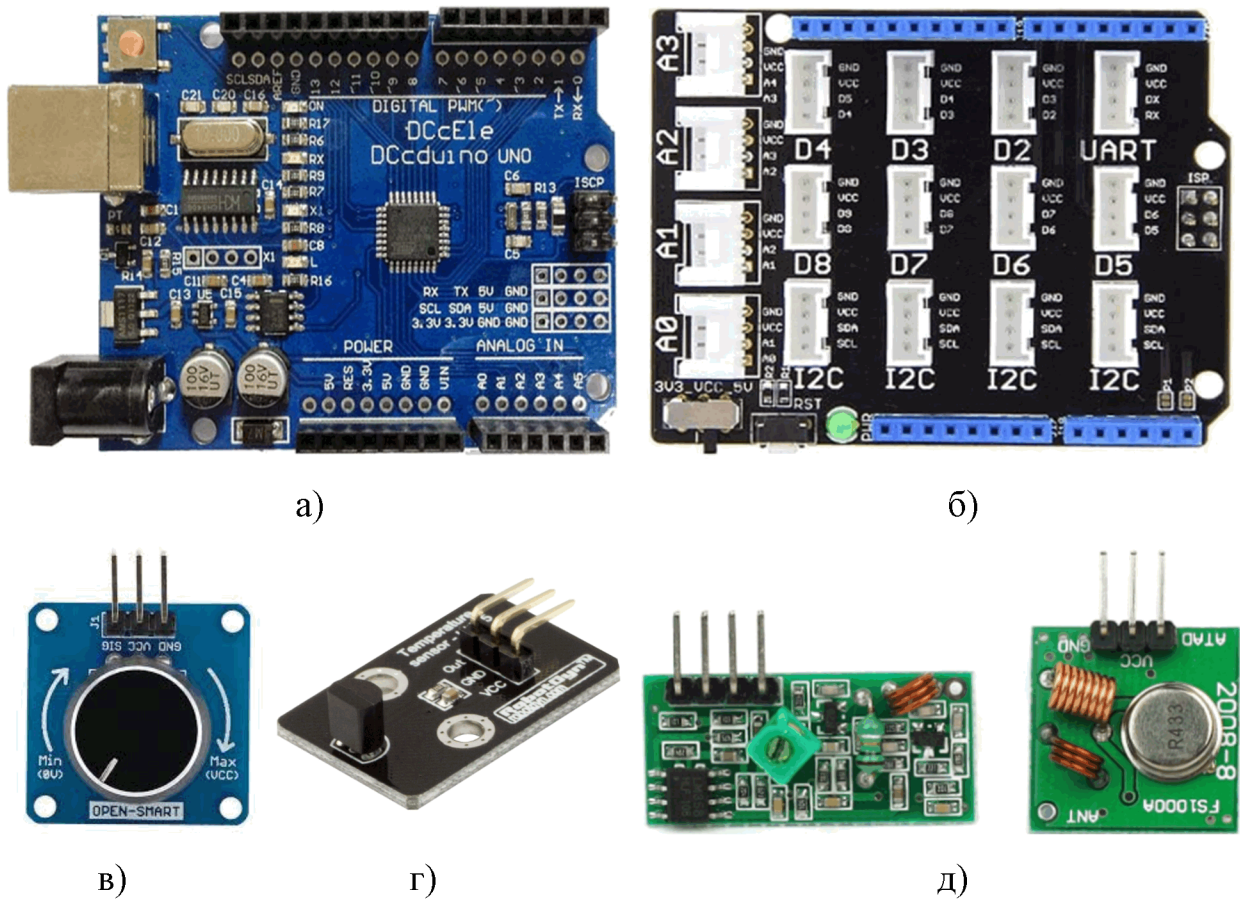


Рисунок 3.3 – Елементи модуля збору даних: а) платформа Arduino UNO; б) плата розширення Grove; в) енкодер кута повороту; г) аналоговий датчик температури LM35; д) радіомодуль RF 315/433

Обидва запропонованих датчики генерують аналоговий сигнал, тому їх можна приєднати до будь-якого аналогового вихода на розширювальній платі Grove, яка комутується безпосередньо до пінів платформи Arduino. Підключимо енкодер до виходу A0 за допомогою тридротового роз'єму (+5V,  $V_{out}$ , GND). Аналогічно підключаємо датчик температури LM35 до аналогового виходу A1. Радіопередавач підключається до цифрового виводу D2. На етапі відлагодження живлення цього модуля відбуватиметься через USB-роз'єм.

Перевагою сенсорів з аналоговим сигналом є простота використання з Arduino. Крім того покази такого датчика можна зчитувати «з коробки» лише однією командою, що дозволяє зменшити алгоритм та економити кілобайти

пам'яті мікроконтролера не витрачаючи їх на зберігання алгоритму розшифровки протоколу цифрових сенсорів.

Головним недоліком аналогового сигналу є нестійкість до зовнішніх шумів. Якщо провід від сенсора до мікроконтролера буде надто довгим, він почне працювати як антена і вловлювати зовнішні електромагнітні поля: провід сам впливатиме на вихідну напругу і тим самим спотворюватиме покази. Тому розумна межа довжини дроту для аналогового сенсора – не більше 50 см. Щоб зменшити вплив перешкод на корисний сигнал, можна скористатися усередненням. Оскільки перешкоди носять випадковий характер, вони впливатимуть на корисний сигнал, тим менше, чим більше вибірок використовується для усереднення.

### 3.2.2 Модуль виконавчих пристроїв

Модуль виконавчих пристроїв реалізовано на базі платформи мікрокомп'ютера Raspberry (рис. 3.4 а), до якого приєднується приймач радіомодуля (рис. 3.3 д) та п'єзовипромінювач (рис. 3.4 б).

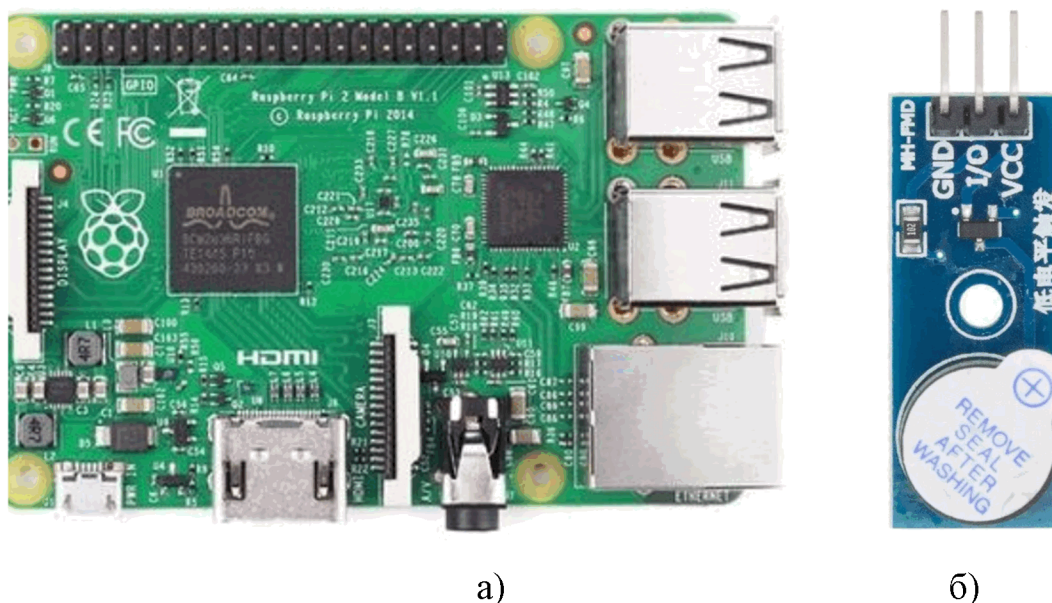


Рисунок 3.4 – Елементи модуля виконавчих пристроїв: а) мікрокомп'ютер Raspberry; б) п'єзовипромінювач



Перед початком монтажу слід встановити SD-карту з операційною системою Raspbian у гніздо на платі Raspberry. У гнізді плата фіксується завдяки блокуючого механізму. Оскільки Raspberry повинна приймати дані з Arduino через радіоканал, нам потрібно встановити на неї приймач з комплекту RF 315/433. Підключення здійснюється за допомогою чотиридротового роз'єму (+5V,  $V_{out}$ , GND, Addr). Живлення подається за стандартною схемою, вихід  $V_{out}$  слід приєднати до роз'єма GPIO27, а вихід Addr не використовується.

Необхідно також підключити п'єзовипромінювач. Виходи GND та Vcc приєднуються до живлення мікрокомп'ютера (4 та 14 пін), а сигнальний роз'єм I/O приєднується до 15-того піна (GPIO22).

Живлення плати здійснюється через mini-usb дріт.

Raspberry також потребуватиме доступу до Інтернету для зв'язку з віддаленими серверами IBM, тому слід підключити ethernet-кабель у відповідне гніздо. Підключення до плати здійснюватиметься через SSH з'єднання.

В ОС Linux налаштування SSH з'єднання з Raspberry Pi здійснюється наступним чином:

```
ssh pi@XX.XX.XX.XX
```

де XX.XX.XX.XX – визначена IP адреса пристрою.

В ОС Windows можна скористатися програмою Putty.

У полі Ім'я хоста вказуємо IP адресу Raspberry в мережі, порт 22 і тип підключення SSH. Пароль користувача pi: raspberry.

### 3.3 Програмна реалізація віддаленого управління розумним будинком

#### 3.3.1 Модуль збору даних

Мікроконтролер Arduino програмувався за допомогою C-подібної мови програмування у середовищі розробки Arduino IDE.

У загальних налаштуваннях створено константу GROUP\_ID для формування унікального ідентифікатора у радіоканалі. Оскільки всі передавачі працюють на одній частоті, то в першу чергу необхідно виділяти серед інших дані саме з необхідних датчиків. Також виконано підключення бібліотеки радіомодуля, його налаштування та активацію. Код загальних налаштувань наведено на рис. 3.5.

---

```
#define GROUP_ID 1 // визначення ідентифікатора радіоканалу
#include "RCSwitch.h" // підключення бібліотеки для роботи з радіомодулем
RCSwitch sender = RCSwitch();
#define TRANSMITTER_PIN 2 // визначення піна для роботи з радіопередавачем
void setup() {
  sender.enableTransmit(TRANSMITTER_PIN);
  sender.setRepeatTransmit(4); // активація радіомодуля
}
```

---

Рисунок 3.5 – Код загальних налаштувань плати Arduino UNO

Для періодичного зчитування значень аналогового датчика температури LM35 використовується стандартна функція analogRead() з подальшим перетворенням значень вимірної напруги до нормалізованих значень температури у градусах Цельсія.

Код для датчика температури наведено на рис. 3.6.

---

```

#define TEMPERATURE_SENSOR A1
#define B 3975 // ідентифікатор задіяного термістора
int getTemperature() {
    int value = analogRead(TEMPERATURE_SENSOR); // зчитування показів
    // датчика температури LM35
    float resistance = (float)(1023 - value) * 10000 / value;
    float temperature = 1 / (log(resistance / 10000) / B + 1/298.15) - 273.15;
    // перетворення виміряного значення напруги у температуру
    return temperature;
}

```

---

Рисунок 3.6 – Код для роботи датчика температури

Аналогічно відбувається опрацювання показів енкодера (рис. 3.7), який також передає вимірний сигнал за допомогою широтно-імпульсної модуляції.

---

```

#define ROTARY_ANGLE_SENSOR A0
#define ADC_REF 5 // встановлення значення напруги живлення
#define FULL_ANGLE 300 // встановлення максимальне значення кута
// повороту енкодера
#define GROVE_VCC 5 // встановлення значення напруги живлення плати
// розширення GROVE
int getAngle() {
    int value = analogRead(ROTARY_ANGLE_SENSOR); // зчитування показів
    float voltage = (float)value * ADC_REF / 1023; // нормалізація показів
    return voltage * FULL_ANGLE / GROVE_VCC;
}

```

---

Рисунок 3.7 – Код для роботи енкодера кута повороту

Розглянемо функцію, що забезпечує кодування повідомлень, які передаються через радіоканал (рис. 3.8). Вона забезпечує об'єднання в один пакет інформації про ідентифікатор групи, номер датчика та його поточний показ завдяки технології побітового зсуву. Узагальнена структура повідомлення, що пересилається наведена на рис. 3.9.

---

```

/*
Формат даних:
  group – ідентифікатор групи (8 біт)
  n – номер датчика (8 біт)
  data – поточний показ (16 біт)
*/
unsigned long encode(byte group, byte n, int data) {
  return (unsigned long)group << 24 | (unsigned long)n << 16 | data & 0xffff;
}

```

---

Рисунок 3.8 – Функція кодування повідомлень

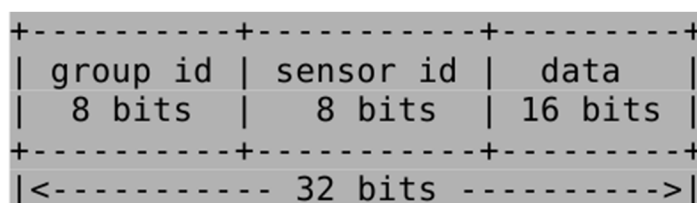


Рисунок 3.9 – Структура повідомлення, що пересилається радіоканалом

У тілі циклічної функції програми (рис. 3.10) відбувається почерговий виклик усіх вищеописаних функцій: спочатку відбувається зчитування значення температури за допомогою функції `getTemperature()`, потім – кута повороту енкодера за допомогою функції `getAngle()`. Після цього функція `sender.send ()` почергово з затримкою у 500 мс надсилає у радіоканал закодоване значення температури та кута повороту.

---

```

#define GROUP_ID 1

void loop() {
    int temp = getTemperature(); // зчитування значення температури
    int degree = getAngle(); // зчитування значення кута повороту
    sender.send(encode(GROUP_ID, 0, temp), 32); // кодування та надсилання
// значення температури
    delay(500); // затримка 500 мс
    sender.send(encode(GROUP_ID, 1, degree), 32); // кодування та надсилання
// значення кута повороту
    delay(500); }

```

---

Рисунок 3.10 – Циклічна функція мікроконтролера

### 3.3.2 Модуль виконавчих пристроїв

Для програмування модуля виконавчих пристроїв обрано мову програмування Python, яка надає зручний інструментарій як для роботи з датчиками, так і з серверами Bluemix. Оскільки для реалізації комунікаційного протоколу буде використовуватись бібліотека `pi_switch`, основний код програми написано у стандарті Python 2. Оскільки нам необхідна далеко не вся інформація у радіопросторі, слід перед декодуванням пакета перевіряти номер групи (рис. 3.11).

---

```

from pi_switch import RCSwitchReceiver # підключення бібліотеки pi_switch
receiver = RCSwitchReceiver() # отримання пакету даних
receiver.enableReceive(2)
def check_group(packet):
    return (packet >> 24) == GROUP_ID # виокремлення номера групи

```

---

Рисунок 3.11 – Взаємодія з радіомодулем

Далі необхідно виконати повне декодування отриманого пакета даних, тобто визначити ідентифікатор датчика та дані цього датчика, врахувавши, що покази датчика підлягали додатковому кодуванню (рис 3.12).

---

```
def decode(packet):
    sid = (packet >> 16) & 0xff # виокремлення номера датчика
    data = packet & 0xffff # виокремлення показів датчика
    # Перетворення негативного значення
    if data & 0x8000:
        data = data - 0x10000
    return sid, data
```

---

Рисунок 3.12 – Повне декодування пакету даних

Використана бібліотека передбачає неперервну неблокуючу взаємодію з радіоканалом: дані накопичуються у внутрішньому буфері, поки пакет не буде повністю отриманий, після чого можна переходити до опрацювання отриманих даних (рис. 3.13).

---

```
def receive_if_available():
    # Перевірка наявності даних у буфері
    if not receiver.available():
        return
    # Отримання даних та скидання буфера
    packet = receiver.getReceivedValue()
    receiver.resetAvailable()
    # Перевірка номера групи у пакеті
    if packet and check_group(packet):
        return decode(packet)
```

---

Рисунок 3.13 – Взаємодія з радіомодулем

Оскільки концепція системи віддаленого управління розумним будинком передбачає збереження частини зібраної інформації у хмарному сховищі необхідно здійснити реєстрацію та налагодити канал зв'язку з віддаленим сервером. Для цього логічно використовувати протоколи, що базуються на TCP або UDP. У даному проекті використовується протокол MQTT.

Після реєстрації нашого пристрою у хмарному середовищі буде отримано дані для авторизації, які можна помістити у окремий файл `device.cfg`:

- `org` – ідентифікатор організації;
- `type` – тип ліцензії;
- `id` – ідентифікатор пристрою;
- `auth-method` – метод авторизації;
- `auth-token` – токен авторизації.

Далі необхідно ініціювати з'єднання з бібліотекою `ibmiotf`, яка є невеликою надбудовою над MQTT та відповідає за уникнення конфліктів при формуванні пакетів даних MQTT (рис. 3.14).

---

```
import ibmiotf.device
def connect(config):
    options = ibmiotf.device.ParseConfigFile(config)
    client = ibmiotf.device.Client(options)
    client.connect()
    return client
client = connect('device.cfg')
```

---

Рисунок 3.14 – Взаємодія з бібліотекою `ibmiotf` для залагодження конфліктів передачі пакетів MQTT

Процес передачі даних реалізовано шляхом публікації окремих подій (`sid_to_topic`), які публікуються за допомогою команди `client.publishEvent()`, а передаються за допомогою команди `send_data()` (рис. 3.15).

---

```

sid_to_topic=['temperature', 'angle']
def send_data(sid, data):
    topic = sid_to_topic[sid]
    client.publishEvent(topic, 'json', data)

```

---

Рисунок 3.15 – Механізм публікації та відправки подій

Реалізація процесу відправки в хмару даних, отриманих мікрокомп'ютером Raspberry від плати мікроконтролера Arduino по 433MHz-радіоканалу наведено на рис. 3.16. Зауважимо, що очікувати на пакет потрібно лише за відсутності даних. Якщо чекати незалежно від результату, то це може призвести до накопичення в буфері непотрібних пакетів (отриманих помилково) або в результаті затримки на Arduino.

---

```

def main():
    while True:
        payload = receive_if_available()
        if payload:
            sid, data = payload
            if 0 <= sid <= 1:
                send_data(sid, data) # надсилання пакета даних
            else:
                time.sleep(0.1) # очікування формування пакета даних

```

---

Рисунок 3.16 – Алгоритм відправки MQTT пакету у хмару

На рис. 3.17 описано процес отримання даних з хмарного середовища та формування відповідних команд для наявних актуаторів. Передбачено можливість активації сигнального динаміка, підключеного безпосередньо до мікрокомп'ютера після натискання користувачем на інтерактивну кнопку у



веб-інтерфейсі. Для реалізації такої функції використовується бібліотека RPIO, які відповідає за взаємодію з портами введення/виведення мікрокомп'ютера Raspberry.

---

```
# Конігурація порта GPIO
import RPIO
BUZZER = 22
RPIO.setup(BUZZER, RPIO.OUT, initial=RPIO.LOW)
# Підключення до віддаленої хмари Bluemix для отримання даних
def connect(config):
    # ...
    client.commandCallback = on_message
    return client
# Функція для обробки події «Надходження команди з хмари»
def on_message(cmd):
    if cmd.command != 'button':
        return
    RPIO.output(BUZZER, 1)
    time.sleep(.05)
    RPIO.output(BUZZER, 0)
    print cmd
```

---

Рисунок 3.17 – Алгоритм прийому MQTT пакету з хмари

Після ініціалізації з'єднання бібліотека створює окремий потік для очкування подій (команд), що надходять до мікрокомп'ютера. Після отримання відповідної команди управління передається до обробника подій.

Також слід окремо розглянути процес налаштування віддаленої хмари для взаємодії з нашим обладнанням. Розглянемо процес на прикладі хмари IBM Cloud (BlueMix). Під час першої реєстрації у системі злід заповнити

персональні дані та обрати тип ліцензії (наприклад, можна обрати тестову ліцензію на 30 днів). Після цього слід активувати свій акаунт, зайти у власний робочий простір та перейти у розділ *DashBoard*.

Далі слід перейти у меню *Catalog* та додати у робочий простір компонент *Internet of Things Foundation Starter*. Разом з цим компонентом буде автоматично додано застосунки *SDK for Node.js* та сервіс *Cloudant NoSQL DB*. Після чого у проект можна буде додати сервіс *IoT Foundation*. Цей сервіс є інтегрованим компонентом на основі брокера MQTT запитів. Для його використання необхідно виконати конфігурацію брокера для отримання пакетів від Raspberry Pi.

Для зв'язку *SDK for Node.js* з MQTT брокером доцільно одразу вказати ім'я розробленого нами застосунку у полі *App* сервісу *IoT Foundation*. Для того, щоб додати фізичний пристрій також необхідно визначити для нього унікальний номер *DeviceID*.

На наступному етапі налаштування необхідно обрати один з двох можливих варіантів: використати автоматично сгенерований токен, або додати існуючий токен пристрою. У навчальних цілях зручно обрати перший варіант – для цього слід поле *token* залишити порожнім. Після цього система згенерує інформацію для налаштування пристрою, які необхідно зберегти для подальшого використання. Для подальшої перевірки працездатності системи та пошуку можливих помилок доцільно використовувати автоматичне логування MQTT запитів.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1 Аналіз умов праці під час монтажу та обслуговування електрообладнання

Заходи з охорони праці спрямовані на створення безпечних і здорових умов праці та відпочинку. Залежно від характеру виконуваної роботи на працівника можуть впливати найрізноманітніші поля та фактори впливу: механічні, хімічні, електричні, теплові, електромагнітні, біологічні, радіаційні тощо.

Тривалість та інтенсивність такого впливу виробничого середовища на організм людини визначає рівень його небезпеки та ймовірність настання незворотних уражень.

За межами допустимих рівнів і тривалості виникає пошкодження організму, яке при певних інтенсивностях класифікується як нещасний випадок або травма. Безпосереднім джерелом таких пошкоджень може виступати кожен з компонентів виробничого середовища.

Ушкодження організму можуть виникати внаслідок безпосередньої контактної дії (механічного, хімічного або електричного походження) або дистанційного впливу (світлового, теплового). Проявляться такі ушкодження можуть одразу після дії або через деякий проміжок часу (наприклад, у разі радіоактивного опромінення).

Серед різних факторів виробництва, що можуть спричинити певні дії на людину, можна виділити шкідливі та небезпечні виробничі фактори. В процесі виконання роботи на електромонтажника можуть впливати, в основному, такі небезпечні і шкідливі виробничі фактори [16]:

- електричний струм, шлях якого в разі замикання може пройти через тіло людини;
- розташування робочого місця на висоті, наприклад, при роботі з драбини;
- виліт пороху та твердих частинок (наприклад, при пробиванні отворів);
- гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхні інструментів, вузлів, механізмів, устаткування, інструменту;
- незручна робоча поза, наприклад, при монтажі освітлювальної системи;
- недостатня освітленість робочої зони;
- відсутність огорожень і запобіжних поясів при роботі на висоті;
- робота без спецодягу та засобів індивідуального захисту;
- експлуатація несправного інструменту;
- незадовільне утримання робочого місця.

Електромонтажнику слід пам'ятати про те, що основна небезпека ураження електричним струмом полягає в тому, що людина не здатна своєчасно виявити електричний струм до початку його дії і, отже, реально усвідомити наявну небезпеку і застосувати запобіжні заходи.

Для попередження нещасних випадків електромонтажник під час роботи повинен користуватися спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів [17].

Крім того електромонтажнику забороняється виконувати роботи, до яких він не допущений в установленому порядку, а також користуватися інструментом і устаткуванням, з якими він не має навичок безпечного поводження.

Умови праці на робочому місці, технологічний стан обладнання, машин і механізмів, санітарно-побутові умови тощо повинні відповідати

вимогам діючих нормативних актів про охорону праці.

Працівник має право відмовитися від виконання робіт, якщо склалась виробнича ситуація, потенційно небезпечна для його життя чи здоров'я, або для життя чи здоров'я оточуючих людей та навколишнього середовища.

Належним чином організована робота з охорони праці – одна з основних умов зниження травматизму на виробництві, професійних захворювань і підвищення продуктивності праці.

Аналіз статистичних даних щодо виробничого травматизму показує, що більшість нещасних випадків під час проведення електромонтажних робіт відбулися внаслідок порушення правил та інструкцій з техніки безпеки.

#### **4.2 Заходи безпеки під час проведення електромонтажних робіт**

Правилами техніки безпеки при монтажі електричного обладнання дозволено виконання таких робіт особами, які пройшли спеціальне навчання, вступний інструктаж і перевірку знань. Обладнання повинно відповідати правилам безпечного використання: якість матеріалів, електропроводки, засобів кріплень тощо.

Під час монтажу електрообладнання різного типу необхідно дотримуватися наступних рекомендацій [18]:

1. Перед проведенням монтажу електрообладнання робітники повинні перевірити наявність справного робочого інструменту і додаткового оснащення (рукавиці, вимірювальні прилади тощо).

2. Перед установкою електрообладнання необхідно ознайомитися з інструкцією і, дотримуючись рекомендацій виробника, приступити до монтажу, оскільки різні виробники пред'являють індивідуальні вимоги до

процесу установки. Також на безпечність робіт впливає складність і масштаб виконуваних операцій.

3. Після монтажу електрообладнання робочий персонал зобов'язаний проводити регулярний огляд стану приладів у встановлені терміни. У процесі перевірки проводиться аналіз цілісності корпусу, клем, доступних електромереж, щитка. У разі монтажу обладнання в особливо забруднених зонах перевірка проводиться за попередньо підготовленим графіком.

4. Установка електрообладнання повинна проходити при повному знеструмленні мережі.

5. Заборонено вести електромонтажні роботи увімкнених слабкострумових кабельних мереж в приміщенні з високою вологістю.

6. Допускається використання драбин і приставних драбин при монтажі на висоті не більше 5 метрів. У разі перевищення даного показника необхідно використовувати крани та інші висотні установки.

7. Для якісного виконання своїх обов'язків працівники (електрики, монтажники) повинні регулярно проходити інструктаж з техніки безпеки і охорони праці.

8. У разі внесення змін до рекомендації по установці електрообладнання бригадир повинен донести це нововведення до початку виконання робіт.

9. До роботи з електрифікованим і пневматичним інструментом допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли спеціальне навчання, склали відповідні іспити і мають запис про це у посвідченні з техніки безпеки.

10. У приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних, а також в зовнішніх установках напруга електроінструменту не повинно перевищувати 42 В. В особливо небезпечних приміщеннях робота цим інструментом дозволяється тільки із застосуванням захисних засобів (рукавичок, килимків та ін.).

11. Для продзвонки кабелів і проводів забороняється застосовувати напругу понад 42 В.

Технічне обслуговування електричних мереж виконує спеціально навчений персонал. Якщо з електроустановки напругою до 500 В зняти напругу не можна, допускають проведення робіт під напругою. В цьому випадку сусідні струмоведучі частини огорожують ізолюючими накладками, працюють інструментом з ізольованими рукоятками, в захисних окулярах, головному уборі і з застібнутими рукавами, стоячи на ізолюючій підставці або в діелектричних калошах.

У цехах промислових підприємств чистку і обслуговування високо розташованого електрообладнання проводить бригада в складі не менше двох електромонтерів, при цьому виконавець робіт повинен мати III кваліфікаційну групу. Обидва виконавці повинні бути допущені до верхолазних робіт. При роботі дотримуються запобіжних заходів від попадання під напругу, від падіння з висоти, від випадкового пуску крана.

### **4.3 Розробка заходів зменшення травматизму під час проведення електромонтажних робіт**

Навіть незначна травма на виробництві може трактуватись як нещасний випадок, що потягне за собою розслідування, виплату компенсацій потерпілому працівнику, а можливо, і перевірку трудової інспекції. Тому працівники, відповідальні за рівень охорони праці на підприємстві повинні сконцентрувати свої зусилля на запобігання нещасному випадку.

На зниження виробничого травматизму безпосередньо впливають:

- вибір відповідного приміщення і якісного обладнання для роботи;
- грамотний підбір працівників, навчання правильним прийомам роботи;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
- своєчасне проведення оцінки умов праці на робочих місцях;

- надання співробітникам встановлених пілґ;
- своєчасне проходження працівниками медичних оглядів;
- роз'яснення працівникам правил охорони праці, наочна демонстрація, чому важливо їх дотримуватися;
- контроль засвоєних знань і перевірка виконання встановлених вимог тощо.

Вищенаведені напрямки профілактики нещасних випадків на виробництві підходять практично до будь-якої організації і не залежать від сфери діяльності. Однак деякі з них відіграють найбільше значення для профілактики травматизму під час проведення електромонтажних робіт.

Для підбору робочого приміщення необхідно визначити:

- площу, необхідні для розміщення виробничого обладнання, зони відпочинку і харчування тощо;
- можливість розміщення в приміщеннях засобів колективного захисту працівників, пожежної сигналізації;
- можливість модернізації приміщень або їх складових частин, в разі розширення виробництва.

Ще одним важливим чинником є якість та різноманіття виробничого обладнання. Очевидно, що краще віддати перевагу сучасному, автоматизованому, безпечного і надійного устаткування. Якою б великою не була б спокуса заощадити, подальші витрати на ремонт і технічне обслуговування обладнання будуть дуже відчутними. Крім того, використання застарілого обладнання безпосередньо впливає на ймовірність виникнення аварійних ситуацій і травм персоналу. Це може швидко звести до нуля вигоду від початкової економії.

Якщо підприємство працює не перший рік і питання виробничого травматизму стоїть гостро, слід задуматися про модернізацію виробничого процесу. При обмеженому бюджеті її проводять поступово: наприклад, можна почати з системи вентиляції та освітлення, які поліпшать умови праці, а



значить, знизять ймовірність нещасних випадків. Потім планомірно покращувати і інші аспекти умов праці: оновлювати виробничі технології та обладнання.

Ще одним заходом щодо профілактики нещасних випадків на виробництві є ретельний підбір персоналу. Практика показує, що з кваліфікованими працівниками нещасні випадки відбуваються набагато рідше, ніж з їх менш підготовленими колегами.

Проте навчати доведеться навіть кваліфікованих співробітників. Вирішальну роль у цьому питанні відіграє фаховість працівника з охорони праці. Він проводить вступний інструктаж з новими співробітниками незалежно від їх посади. Важливо не зводити вступний інструктаж до формального збору підписів, а проводити повноцінне навчання з кожним конкретним співробітником. Саме на цьому етапі у працівників закладається подальше ставлення до охорони праці.

Після вступного інструктажу з охорони праці працівники направляються в структурні підрозділи організації, де з ними проводять первинний інструктаж на робочому місці.

Після первинного інструктажу для працівників, які будуть працювати у шкідливих умовах, необхідно провести стажування на робочому місці. В ході стажування співробітник отримує практичні навички необхідні для майбутньої роботи. Таке навчання знижує ймовірність нещасного випадку, оскільки акцентує увагу працівника на тих особливостях виробництва, які несуть реальну загрозу його життю та здоров'ю.

Отже кваліфіковане проведення вступного, на робочому місці, періодичного (повторний), позапланового та поточного інструктажів працівників з техніки безпеки також відносять до ефективних заходів профілактики нещасних випадків та виробничого травматизму.

#### 4.4 Розробка заходів щодо безпеки у надзвичайних ситуаціях

Надзвичайні ситуації виникають у наслідок природного або техногенного впливу. При цьому є ймовірність одночасної відмови основної та резервної лінії електропостачання від централізованих енергоджерел, що спричиняє повне знеструмлення розподільчої мережі.

Найефективнішими технічними засобами гарантованого електроживлення споживачів є використання незалежних (автономних) джерел безперебійного живлення. Енергопостачальна компанія під час видачі технічних умов на підключення до системи централізованого електропостачання нових відповідальних споживачів повинна особливо обумовити необхідність спорудження ними стаціонарних або пересувних ДБЖ за рахунок власних фінансових та матеріально-технічних ресурсів [19].

Стаціонарні ДБЖ призначено для підтримки працездатності життєзабезпечуючих, технологічних та інженерних споруд, забезпечення безаварійної зупинки виробництв, уникнення розладів складних виробничих процесів та запобігання виникненню і розвитку техногенних аварій.

Пересувні ДБЖ забезпечують оперативне використання, з метою запобігання розвитку аварій і проведення відновлювально-рятувальних робіт, а також при ремонтних роботах.

Потужність ДБЖ повинна відповідати сумарній потужності струмоприймачів з урахуванням коефіцієнту одночасності розрахункової потужності. З метою зменшення потужності ДБЖ на період його роботи вводять примусовий графік електропостачання шляхом відключення невідповідальних споживачів, а також зсуву в часі технологічних виробничих процесів.

Пересувні ДБЖ потужністю більше 30 кВт в надзвичайних ситуаціях слід підключати за допомогою спеціального перемикаючого пристрою в разі

відсутності пошкоджень розподільної мережі 0,4 кВ. Стаціонарні ДБЖ слід розміщувати в окремій будівлі, розрахованій на опір зовнішнім чинникам. У сейсмічних районах з величиною проектного землетрусу 7 балів і вище проектування повинно здійснюватися з урахуванням забезпечення сейсмічності будівельних конструкцій і технологічного устаткування.

У разі виходу з ладу системи внутрішнього електропостачання відповідального споживача, розподіл електроенергії від ДБЖ слід здійснювати по тимчасово прокладеним лініям, які розташовують на висоті не менше 6 м від поверхні землі на кронштейнах по стінах будівель, або з використанням тимчасових опор.

У разі використання ДБЖ слід виключити ймовірність зворотної подачі напруги від ДБЖ в пошкоджену електричну мережу. Для цього повинні бути передбачені відповідні технічні засоби і розроблені необхідні експлуатаційні та посадові інструкції [20].

Для підвищення ефективності, використання обладнання пересувної підстанції резервного живлення її рекомендується використовувати:

- в період планово-попереджувальних і капітальних ремонтів і технічного обслуговування діючих однострансформаторних підстанцій;
- в якості резервної установки на час пікових сезонних навантажень при нестачі основної потужності;
- для електропостачання будівельних майданчиків, а також споруд промислових об'єктів уздовж діючих повітряних ліній 110 і 35 кВ;
- для топлення ожеледі на проводах і тросах повітряних ліній.

## РОЗДІЛ 5

### ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

#### 5.1 Аналіз конкурентних рішень

Проведемо порівняльний аналіз економічних та функціональних показників розглянутих у роботі комерційних рішень для автоматизації розумного будинку. Це дозволить встановити основні критерії ціноутворення, шляхи зменшення вартості запропонованих систем, їх конкурентні переваги і шляхи подальшого вдосконалення. Як було визначено у попередніх розділах, основні функціональні можливості та перелік кінцевого обладнання промислових систем практично не відрізняється, що у дешевому, що у дорогому ціновому сегменті. Основними критеріями ціноутворення є можливість взаємодії зі стороннім обладнанням, впізнаваність бренду та зручність у використанні, яка досягається шляхом спрощення операцій з використання розумного будинку та їх інтеграції до звичних процесів користувача. Тому саме ці показники покладено в основу порівняння контролерів та периферійного обладнання розумного будинку наведеного у табл. 5.1.

Аналіз зібраних даних дозволяє зробити висновок, що як у дешевому, так і у дорогому ціновому сегменті не виявлено унікальних ідей та функцій. Переважна більшість програмних та апаратних рішень у тій чи іншій комбінації зустрічаються у системах різних виробників. Водночас окремі виробники здійснюють профілювання своїх виробів, наприклад під охоронні або розважальні цілі, що дозволяє їм зменшити витрати на розвиток та підтримання периферійного обладнання, спростити налаштування системи і таким чином позиціонувати себе як лідера у цій ніші ринку.

Таблиця 5.1 – Технічні та економічні параметри систем домашньої автоматизації

Назва виробу	Ajax StarterKit	Xiaomi Mijia	Redmond	Google Home	Amazon	Fibaro Starter Kit	Easy Smart Box
Комплектація	центральний процесор, набір охоронних датчиків	процесор, набір охоронних і безпекових датчиків	лише базовий набір датчиків	лише колонка-хаб	лише колонка-хаб	центральний процесор, базовий набір датчиків	процесор, розширений набір датчиків та охорона
Простота налаштування	+	+	+	+	+	+	+
Бездротові канали зв'язку	закритий протокол	+	закритий протокол	+	+	+	закритий протокол
Відкритість системи	–	+	–	+	+	–	–
Способи віддаленого управління	Моб. додат. Web-інтерф.	Моб. додат. Web-інтерф.	Web-інтерф.	Моб. додат. Web-інтерф. голосове керування	Моб. додат. Web-інтерф. голосове керування	Моб. додат. Web-інтерф. голосове керування	web-інтерфейс, голосове керування
Автономна робота	32 год	28 год	–	18 год	15 год	12 год	12 год
Базова вартість системи, грн.	6500	2900	3200	3900 + 5700	3750 + 6100	16200	32000

## 5.2 Розрахунок вартості розробленої системи

Проведемо розрахунок витрат на впровадження розробленої системи віддаленого управління розумним будинком на основі мікроконтролера Arduino та мікрокомп'ютера Raspberry (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Структура витрат на впровадження системи віддаленого управління розумним будинком

Стаття витрат	Розмір витрат, грн.
Мікроконтролер Arduino Uno	480
Мікрокомп'ютер RaspberryPi 2	1500
Плата розширення Grove	180
Модуль резервного живлення WB-UPS	1500
Модуль бездротового зв'язку RF 433	270
Енкодер кута повороту	30
Датчик температури LM-35	50
Актуатори	40
З'єднувальні елементи	150
Доступ до хмарного середовища (річний пакет)	3700
Всього:	7900

Таким чином вартість основних компонентів розроблюваної системи не перевищує вартості комерційних аналогів, а її технічні можливості не поступаються, зберігаючи при цьому потенціал для розширення, що є її вагомою конкурентною перевагою.

## ВИСНОВКИ

У рамках кваліфікаційної роботи виконано розробку системи віддаленого управління розумним будинком, яка забезпечує опитування різноманітних датчиків, управління цифровими та аналоговими актуаторами, а також дозволяє користувачу зберігати та опрацюовувати статистичну інформацію у віддаленій хмарі.

У роботі проведено аналіз ринку систем розумного будинку та окреслено технології їх реалізації, окремо розглянуто питання віддаленого управління функціональними системами розумного будинку. Сформульовано ряд переваг та недоліків, притаманних промисловим системам автоматизації та запропоновано шляхи їх усунення, зокрема рекомендації щодо використання саморобних систем «розумного будинку». Визначено основні цілі та завдання, які має виконувати така система, зроблено вибір засобів розробки.

Розроблено програмно-апаратний продукт – систему віддаленого управління розумним будинком, що має визначений функціонал та вирішує поставлені завдання – здешевлення системи та її адаптація до потреб користувача. Програмна частина реалізована за допомогою середовища розробки Arduino IDE, програмного застосунку мовою Python, брокера MQTT пакетів та хмарної платформи IBM Cloud, а апаратна включає керуючу плату-мікроконтролер Arduino UNO, мікрокомп'ютер Raspberry Pi, різні датчики та модуль радіозв'язку.

Запропонована система є модельною та відрізняється значним потенціалом для подальшого розвитку, обумовленим запасом обчислювальних та технологічних потужностей плати Arduino UNO та мікрокомп'ютера Raspberry.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lea P. Internet of Things for Architects: Architecting IoT solutions by implementing sensors, communication infrastructure, edge computing, analytics, and security. Birmingham: Packt Publishing, 2018. 524 p.
2. Інтернет речей для індустріальних і гуманітарних застосунків. У трьох томах. Том 1. Основи і технології / За ред. В. С. Харченка. Харків: Національний аерокосмічний університет ХАІ, 2019. 547 с.
3. Internet of Things for Industry and Human Application. In Volumes 1-3. Volume 2. Modelling and Development /V.S. Kharchenko (ed.) Kharkiv:-National Aerospace University KhAI, 2019. 547 p.
4. Інтернет речей для індустріальних і гуманітарних застосунків. У трьох томах. Том 3. Оцінювання та впровадження / За ред. В. С. Харченка. Харків: Національний аерокосмічний університет ХАІ, 2019. 921 с.
5. Кіриленко В. Контролер для ЕПРА виробництва НВО «Інтеграл». Інженерна мікроелектроніка. 2003. №4. URL: [www.chipnews.com.ua/ru/archive/num/?cat\\_id=21#pos212](http://www.chipnews.com.ua/ru/archive/num/?cat_id=21#pos212) (дата звернення: 10.01.2020).
6. Sklyar V.V., Yatskiv V.V., Yatskiv N.G. Dependability and Security of IoT: Practicum / Kharchenko V.S. and Sklyar V.V. (Eds.). Ministry of Education and Science of Ukraine, National Aerospace University “KhAI”, Ternopil National Economic University, 2019. 98 p.
7. Norris D. The Internet of Things: Do-It-Yourself at Home Projects for Arduino, Raspberry Pi and BeagleBone Black. McGraw Hill TAB, 2015. 352 p.
8. Singh R., Gehlot A., Gupta L., Singh B., Swain M. Internet of Things with Raspberry Pi and Arduino. CRC Press, 2019. 190 p.
9. Sokulskyi O., Hilevska K., Chumakevych V., Ptashnyk V., Tryhuba A., Sachenko A. The Internet of Things Solutions in the Investigation of Urban



Passenger Traffic and Passenger Service Quality. 2020 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS), Dortmund, 2020, p. 1-6.

10. ДСТУ 3413-96. Вимоги до електричних побутових мереж. Київ, 2006. 47 с.

11. ДСТУ 3169-95. Монтаж електричної радіоелектронної апаратури та приладі. Київ, 1995. 34 с.

12. Жураковський Б.Ю., Зенів І.О. Технології Інтернету речей: навчальний посібник, Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 271 с.

13. Локотков А. Інтерфейси послідовної передачі даних. Стандарти RS-422/RS-485. СТА. 1997. № 3. С. 110-119.

14. Chumakevych V., Puleko I., Ptashnyk V., Sokulskyi O. Development of an algorithm for increasing the image contrast of objects in an urban agglomeration with high-rise buildings. 15th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Kyiv, 2021, p. 1-5.

15. Петін В. А. Розумний будинок на базі Arduino. Київ: ТріТон, 2018. 180 с.

16. Одарченко М. С., Одарченко А. М., Степанов В. І., Черненко Я. М. Основи охорони праці : підручник. Харків: Стиль-Издат, 2017. 334 с.

17. СНіП РК 2.04.-05.2002. Природне та штучне освітлення. Київ, 2002. 21 с.

18. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці: підручник. Київ: Каравела, 2004. 408 с.

19. Апостолук В. С., Джигирей А. В. та інші. Безпека праці: ергономічні та естетичні основи: навч. пос. Київ: Знання, 2006. 215 с.

20. Грязнова А.Г., Федотова М. А. Оцінка вартості підприємства. Вінниця: Промова, 2013. 544 с.

21. Лучко М. Р., Жукевич С. М., Фаріон А. І. Фінансовий аналіз: навч. пос. Тернопіль: ТНЕУ, 2016. 304 с.