

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Олена НЕЧИПОРУК  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
(ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ  
ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «МАГІСТР»

Тема: Система автоматизації житлового приміщення за концепцією  
“Розумний будинок ” з інтеграцією *IoT* та *AI*-помічником

---

---

Виконавець: \_\_\_\_\_ Владислав ГОЛУБОВ

Керівник: \_\_\_\_\_ Наталія АПЕНЬКО

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_ Євгеній ТУПОТА

Київ 2025

# ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»

Факультет комп'ютерних наук та технологій

Кафедра інтелектуальних кібернетичних систем

Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

(шифр, найменування)

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні системи та технології»

Форма навчання денна

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олена НЕЧИПОРУК

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання кваліфікаційної роботи

Голубов Владислав Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема кваліфікаційної роботи Система автоматизації житлового приміщення за концепцією “Розумний будинок” з інтеграцією модулів *IoT* та *AI*-помічником затверджена наказом ректора від «08» вересня 2025 р. №1762
2. Термін виконання роботи (проєкту): з 29.09.2025 по 31.12.2025
3. Вихідні дані до роботи (проєкту): Нормативні документи та наукові публікації у сфері систем автоматизації житлових приміщень; апаратні засоби на базі *IoT* (*ESP32*, *ESP8266*, *Raspberry Pi*); програмні рішення *Smart Home* (*Home Assistant*, *MQTT*, *Node-RED*); підходи до інтеграції штучного інтелекту; вимоги до інформаційної та технічної безпеки.
4. Зміст пояснювальної записки: Обґрунтування актуальності та мети дослідження; аналіз теоретичних засад побудови систем «Розумний будинок»; дослідження можливостей *IoT*-технологій у формуванні інтелектуального житлового середовища; характеристика підходів до інтеграції штучного інтелекту; побудова структурної й функціональної архітектури системи; опис та реалізація прототипу на базі *Home Assistant*; оцінювання безпеки системи; визначення перспектив розвитку.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу:
  1. Блок-схема алгоритму автоматизації освітлення
  2. Блок-схема алгоритму взаємодії *AI*-помічника з системою *Smart Home*
  3. Структурна схема “Розумний будинок” з інтеграцією модулів *IoT* та *AI*-помічником

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Ознайомитись з постановкою задачі кваліфікаційної роботи	29.09.2025-01.10.2025	
2	Проаналізувати джерела за темою кваліфікаційної роботи	02.10.2025-13.10.2025	
3	Написати перший розділ	14.10.2025-20.10.2025	
4	Визначити необхідні функції застосунку, спроектувати архітектуру та модулі.	21.10.2025-25.10.2025	
5	Написати другий розділ	26.10.2025-02.11.2025	
6	Розробка прототипи “Розумного будинку”	03.11.2025-25.11.2025	
7	Написати третій розділ	26.11.2025-10.12.2025	
8	Оформити поснювальну записку	11.12.2025-16.12.2025	
9	Підготувати графічні матеріали	17.12.2025-21.12.2025	
10	Підготувати доповідь	22.12.2025-25.12.2025	

7. Дата видачі завдання: “29” вересня 2025 р.

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Наталія АПЕНЬКО  
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Владислав ГОЛУБОВ  
(підпис здобувача вищої освіти) (П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Система автоматизації житлового приміщення за концепцією "Розумний будинок" з інтеграцією модулів *IoT* та *AI*-помічником»: 109 с., 12 рис., 3 табл., 50 літературних джерел, 3 додатки.

Об'єкт дослідження – процес автоматизації управління житловим приміщенням на основі концепції «Розумний будинок» з інтеграцією технологій *IoT* і штучного інтелекту для створення інтелектуальної, безпечної та енергоефективної системи.

Предмет дослідження – структура, принципи функціонування та взаємодії підсистем системи автоматизації житлового приміщення за концепцією *Smart Home*.

Мета кваліфікаційної роботи – теоретичне обґрунтування та практична реалізація системи автоматизації житлового приміщення за принципом «Розумний будинок» із використанням технологій *IoT* та *AI*-помічника, визначення архітектури та розробка функціонального прототипу на базі платформи *Home Assistant*.

Метод дослідження і проектування – аналіз і систематизація наукових джерел, метод моделювання, структурно-функціональний підхід; платформа *Home Assistant*, мікроконтролери *Raspberry Pi 4* та *ESP32/ESP8266*, протоколи *MQTT*, *Zigbee*, *Z-Wave*, мова програмування *Python*, формат *YAML*, фреймворк *Lovelace*.

Ключові слова: РОЗУМНИЙ БУДИНОК, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, *HOME ASSISTANT*, АВТОМАТИЗАЦІЯ ЖИТЛА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, *IoT*, *AI*-ПОМІЧНИК.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ “РОЗУМНИЙ БУДИНОК” .....	9
1.1. Поняття, мета та основні принципи системи “Розумний будинок” .....	9
1.2. Інтернет речей ( <i>IoT</i> ) як основа інтелектуальної автоматизації житлових приміщень .....	17
1.3. Інтеграція штучного інтелекту ( <i>AI</i> -помічника) у систему <i>Smart Home</i> ..	27
1.4. Висновки до розділу .....	35
РОЗДІЛ 2 КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ТА СТРУКТУРА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЖИТЛОВОГО ПРИМІЩЕННЯ .....	38
2.1 Архітектура системи "Розумний будинок" .....	38
2.2 Проектування основних функцій автоматизації "Розумний будинок" ...	40
2.3 Модулі <i>IoT</i> та сенсорна інфраструктура.....	50
2.4. Висновки до розділу .....	52
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРОТОТИПУ "РОЗУМНИЙ БУДИНОК" .....	56
3.1 Налаштування середовища <i>Home Assistant</i> .....	56
3.2 Додавання основних автоматизацій.....	63
3.3 Реалізація інтерфейсу користувача .....	73
3.4. Висновки до розділу .....	87
ВИСНОВКИ.....	89
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	92
ДОДАТОК А .....	97
ДОДАТОК Б .....	103
ДОДАТОК В .....	106

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ , СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

*Automation* - автоматизація, алгоритм у *Home Assistant*, який складається з тригера, умови та дії.

*Dashboard* - інформаційна панель інтерфейсу користувача, що відображає стан системи та елементи керування.

*Home Assistant (HA)* - платформа з відкритим кодом для автоматизації розумного будинку.

*Intent* - намір; структура команди, яку аналізує *AI*-помічник у *Home Assistant*.

*Lovelace UI* - редактор інтерфейсу *Home Assistant*, що використовується для створення панелей керування.

*MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)* - легкий мережевий протокол публікації/підписки, що оптимізований для *IoT*-пристроїв.

*Node* - вузол у мережі або окремий компонент автоматизації.

*Node-RED* - інструмент візуального програмування сценаріїв.

*Pipeline (Assist Pipeline)* - модуль у *Home Assistant* для обробки натуральної мови *AI*-помічником.

*Sensor* - сенсор, пристрій для вимірювання певних параметрів (руху, температури, освітленості тощо).

*Smart Home* - розумний будинок; система автоматизованого керування житловим простором.

*Trigger* - тригер; подія, що запускає автоматизацію.

*UI (User Interface)* - інтерфейс користувача.

*Wi-Fi* - бездротовий стандарт зв'язку для передачі даних.

*YAML (YAML Ain't Markup Language)* - формат структурованих конфігураційних файлів, що використовується в *Home Assistant*.

## ВСТУП

Сучасний розвиток цифрових технологій та зростання рівня автоматизації у побутовій сфері спричинили появу нової концепції управління житловими приміщеннями - системи «Розумний будинок». Вона являє собою комплекс технічних, програмних та комунікаційних засобів, об'єднаних у єдину мережу з метою підвищення комфорту, енергоефективності, безпеки та інтерактивності житлового простору. У контексті глобальної тенденції переходу до Інтернету речей (*IoT*) та використання штучного інтелекту (*AI*), система *Smart Home* стає основою формування інтелектуального середовища проживання людини, де всі пристрої взаємодіють між собою, обмінюються даними та приймають рішення у реальному часі.

Актуальність дослідження зумовлена стрімким розвитком технологій автоматизації, цифровізації побуту та поширенням концепції Інтернету речей (*IoT*), які змінюють уявлення про організацію житлового простору. Сучасна людина все частіше прагне не лише комфорту, а й ефективного використання енергоресурсів, підвищення рівня безпеки та інтеграції різних систем управління у єдину мережу. Саме ці фактори визначають потребу у створенні систем «Розумний будинок», здатних забезпечити автоматичний контроль освітлення, клімату, побутових пристроїв, систем безпеки та енергоспоживання.

Особливого значення набуває впровадження елементів штучного інтелекту (*AI*), які перетворюють традиційні системи автоматизації у самонавчальні комплекси, що здатні аналізувати поведінку користувачів, прогнозувати їхні потреби й приймати рішення без прямого втручання людини. Використання модулів *IoT* дозволяє створювати взаємопов'язану мережу пристроїв, що функціонують у реальному часі, а інтеграція *AI*-помічника робить взаємодію з системою інтуїтивною, персоналізованою та більш ефективною.

З огляду на глобальні тенденції розвитку енергоефективних технологій, питання автоматизації житла стає важливою складовою стратегії сталого

розвитку міст і суспільства загалом. Використання інтелектуальних систем керування сприяє зниженню навантаження на енергетичні ресурси, оптимізації побутових процесів, підвищенню безпеки та якості життя населення.

Мета дослідження полягає у теоретичному обґрунтуванні концепції створення системи автоматизації житлового приміщення за принципом «Розумний будинок» із використанням технологій Інтернету речей (*IoT*) та штучного інтелекту (*AI*-помічника), а також у визначенні архітектури, структурних компонентів і принципів функціонування такої системи з позиції енергоефективності, безпеки та інтерактивності.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати сутність, мету та основні принципи побудови систем типу «Розумний будинок»;
- дослідити роль і можливості технологій Інтернету речей (*IoT*) у забезпеченні інтелектуальної автоматизації житлових приміщень;
- розкрити особливості інтеграції штучного інтелекту в інфраструктуру *Smart Home* та визначити функції *AI*-помічника;
- розробити узагальнену концептуальну архітектуру системи автоматизації житлового приміщення, описати її ключові підсистеми та логіку взаємодії між ними;
- визначити принципи функціонування основних модулів системи (освітлення, клімат-контроль, безпека, енергоменеджмент, резервне живлення);
- розглянути питання інформаційної та технічної безпеки систем *Smart Home*, шляхи забезпечення надійності та захисту даних;
- оцінити енергоефективність, екологічні переваги та перспективи подальшого розвитку інтелектуальних систем автоматизації житла.

Предметом дослідження є структура, принципи функціонування та взаємодії підсистем системи автоматизації житлового приміщення за концепцією «Розумний будинок», що базується на використанні технологій Інтернету речей (*IoT*) та штучного інтелекту (*AI*-помічника).

Об'єктом дослідження є процес автоматизації управління житловим приміщенням на основі концепції «Розумний будинок», який передбачає інтеграцію апаратних та програмних засобів, технологій Інтернету речей (*IoT*) і штучного інтелекту (*AI*) для створення інтелектуальної, безпечної та енергоефективної системи керування побутовими процесами.

У процесі дослідження використано комплекс методів, серед яких аналіз і систематизація наукових джерел для вивчення теоретичних засад функціонування систем типу «Розумний будинок», метод моделювання для побудови концептуальної архітектури *Smart Home*, а також структурно-функціональний підхід для визначення взаємодії підсистем і логіки роботи компонентів системи. Для оцінки ефективності й безпеки автоматизованих рішень застосовано елементи порівняльного аналізу сучасних технологій *IoT* та *AI*, що дозволило узагальнити принципи побудови енергоефективної й безпечної інтелектуальної системи управління житловим просторо

## РОЗДІЛ 1

# ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ “РОЗУМНИЙ БУДИНОК”

### 1.1. Поняття, мета та основні принципи системи “Розумний будинок”

У сучасному світі інтенсивного розвитку цифрових технологій особливої актуальності набуває концепція «Розумного будинку» (*Smart Home*), яка є ключовим елементом індустрії 4.0 та цифрової трансформації побутового середовища. Ідея інтелектуалізації житла виникла на стику автоматизації, інформаційних технологій, телекомунікацій та електроніки, що дозволяє створювати інтегровані системи управління всіма процесами життєдіяльності людини у приміщенні. У центрі цієї концепції перебуває користувач, для якого створюються максимально комфортні, безпечні, енергоефективні та персоналізовані умови проживання. Технологічною базою таких систем є мережеві рішення, Інтернет речей (*IoT*), штучний інтелект (*AI*), хмарні сервіси та мобільні додатки, які дозволяють керувати пристроями дистанційно або в автоматичному режимі.

Поняття системи «Розумний будинок» охоплює не просто набір окремих гаджетів, а цілісну кіберфізичну екосистему, у якій апаратні та програмні компоненти інтегруються в єдине інформаційне середовище для безперервного моніторингу стану житла й автоматизованого керування інженерними підсистемами. У такій системі сенсори присутності, освітленості, температури, вологості, диму й витоку газу формують потік даних про реальний контекст, виконавчі пристрої - освітлювальні прилади, термостати, клапани, реле живлення, електрозамки, камери - реалізують керувальні впливи, а мережевий шар забезпечує надійний і захищений обмін повідомленнями між усіма елементами.

<b>Кафедра ІКС</b>				<b>КАІ 25 01 11 000 ПЗ</b>			
<b>Виконав</b>	Голубов В.Р.			<b>ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ “РОЗУМНИЙ БУДИНОК”</b>	<b>Літера</b>	<b>Аркуш</b>	<b>Аркушів</b>
<b>Керівник</b>	Апенько Н.В.				Д	9	109
<b>Консульт.</b>					<b>М-126-24-1-ІТ</b>		
<b>Норм. контр.</b>	Тупота С.В.						
<b>Зав. Каф.</b>	Нечипорук О.П.						

Логіка взаємодії базується на принципах взаємної інтероперабельності та стандартизованих протоколах передачі даних, що робить можливим узгоджену роботу різнорідних пристроїв, поступову масштабованість і гнучку модернізацію без повного переобладнання інфраструктури. Ключовим є те, що «Розумний будинок» функціонує як розподілена система прийняття рішень: алгоритми виводять закономірності з поведінки мешканців, співвідносять їх із показниками середовища, прогнозують потреби, оптимізують енергоспоживання та забезпечують своєчасне реагування на відхилення чи загрози.

Змістовним ядром концепції є інтелектуальна автономність. Система не обмежується виконанням наперед заданих сценаріїв, а оцінює контекст у режимі реального часу, поєднуючи локальну обробку на пристроях «краю» мережі з аналітикою на центральному вузлі або у хмарних сервісах. Завдяки такій архітектурі вона здатна синхронізувати роботу підсистем освітлення, клімат-контролю, безпеки, мультимедіа та енергоменеджменту: приглушувати світло з урахуванням природної освітленості й присутності людей, регулювати температуру з урахуванням розкладу та тарифів, переналаштовувати профілі безпеки відповідно до геолокації власника чи виявленої активності, балансувати навантаження електричної мережі та пріоритезувати живлення критичних споживачів. У центрі цієї взаємодії - користувач, для якого формується персоналізований досвід керування: голосові команди, мобільні додатки й адаптивні інтерфейси доповнюються невидимою «фоновою» автоматизацією, що зменшує кількість рутинних дій, підвищує комфорт і безпеку та знижує витрати ресурсів.

«Розумний будинок» - це інтегрована, контекстно-обізнана й навчальна система, яка поєднує фізичні пристрої з програмними сервісами в єдиному циклі «відчуття-рішення-дія», перетворюючи житловий простір на адаптивне середовище. Вона забезпечує не лише автоматизований контроль окремих приладів, а й системне управління життям оселі на рівні сценаріїв і політик, де рішення приймаються на підставі даних, прогнозів і пріоритетів користувача.

Саме ця здатність до самоорганізації, масштабування й персоналізації відрізняє «Розумний будинок» від традиційної автоматики, підносячи його до рівня інтелектуального партнерства між людиною та технологією.

Мета створення систем «Розумний будинок» полягає у формуванні інтегрованого, адаптивного та передбачуваного житлового середовища, яке максимально зменшує частку рутинних дій мешканця і переводить управління побутовими процесами у площину алгоритмів, що працюють у реальному часі. Ідеться не лише про дистанційне керування приладами, а про об'єднання освітлення, клімату, вентиляції, електроживлення, безпеки, мультимедіа й побутової техніки в єдину інтелектуальну платформу, здатну синхронізувати рішення між підсистемами. Така платформа забезпечує контекстно-обізнане керування: система враховує присутність людей, розклад, тарифи на електроенергію, погодні умови, якість повітря, стан мережі та інші фактори, щоб автоматично підтримувати комфорт, оптимізувати витрати ресурсів і попереджати небажані ситуації. Вона надає мешканцю персоналізовані сценарії - від вечірнього підсвічування та м'якого підігріву до режимів енергозбереження під час відсутності - і водночас формує прозору аналітику про стан систем, допомагаючи приймати зважені побутові рішення[13].

Ключовим вектором мети є енергоефективність та сталий розвиток: «Розумний будинок» зменшує споживання електроенергії, води й тепла завдяки точному регулюванню за потребою, піковому згладжуванню навантажень, відкладеному запуску енергоємних приладів за сприятливих тарифів і використанню прогнозних моделей. Водночас рівень безпеки підвищується за рахунок цілодобового моніторингу і своєчасного виявлення аномалій - витоків газу, задимлення, залиття, несанкціонованого проникнення - з автоматичною реакцією: від відключення живлення й перекриття клапанів до активації сигналізації, сповіщення власника та служб реагування. До мети входить і підвищення надійності та життєстійкості житла: система координує резервне живлення, пріоритезує критичні навантаження, підтримує автономні режими та гарантує безперервність базових функцій у разі перебоїв мережі.

Не менш важливим складником мети є зручність та інклюзивність взаємодії. «Розумний будинок» створює єдиний інтерфейс керування - голосом, мобільним застосунком або автоматично - який підлаштовується під звички й потреби мешканців, у тому числі людей літнього віку та користувачів з обмеженими можливостями. Інтелектуальні сервіси забезпечують предиктивне обслуговування (своєчасні підказки щодо сервісу техніки), формують рекомендації з оздоровлення мікроклімату, підтримують ергономіку освітлення й акустичного середовища. Мета охоплює також конфіденційність і довіру: система має мінімізувати збір надлишкових даних, застосовувати локальну обробку там, де це можливо, та забезпечувати криптографічний захист і контроль доступу, щоб персоналізація і зручність не суперечили приватності. У підсумку «Розумний будинок» покликаний перетворити житло на адаптивну інтелектуальну екосистему, що непомітно підтримує комфорт, безпеку та економію ресурсів, залишаючи мешканцю право на просте, прозоре і безпечне керування[2].

Основні принципи побудови систем "Розумний будинок" формують концептуальну основу для створення ефективної, безпечної та енергоефективної системи автоматизації житлового простору. Для детального аналізу кожного принципу, визначення конкретних механізмів їх реалізації, оцінки очікуваних ефектів та ідентифікації потенційних ризиків із заходами їх мінімізації розроблено таблицю 1.1. Систематизована інформація дозволяє комплексно оцінити взаємозв'язки між технічними, програмними та організаційними аспектами функціонування *Smart Home* та визначити критичні фактори успішності впровадження системи.

Основні принципи побудови системи “Розумний будинок” та їх  
аналітична характеристика

Принцип	Суть	Приклади реалізації	Очікувані ефекти / метрики	Ризики та заходи мінімізації
Інтегрованість	Єдина інфраструктура, де всі підсистеми (світло, клімат, безпека, мультимедіа, енергоменеджмент) працюють узгоджено та обмінюються даними.	Шлюз/хаб з підтримкою кількох протоколів ( <i>MQTT, Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi</i> ); єдине <i>API</i> ; шина подій; синхронізація календаря/геолокації з профілями дому.	Зниження часу реакції системи; менше конфліктів сценаріїв; скорочення дублювання налаштувань; <i>KPI</i> : % інтегрованих пристроїв, середня затримка подій.	Ризики: несумісність протоколів, «зоопарк» пристроїв. Заходи: вибір відкритих стандартів, використання мостів/адаптерів, тест матриця сумісності.
Автоматизація	Виконання дій за сценаріями/правилами на основі даних сенсорів та контексту без участі користувача.	Тригери: «присутність», «сутінки», «відкриття дверей»; сцени «ніч/відпустка»; автоматичне вимкнення навантажень; відкладений старт приладів.	Менше ручних дій; зниження пікових навантажень; <i>KPI</i> : кількість спрацьовувань сценаріїв/добу, частка автоматичних подій, економія часу користувача.	Ризики: помилкові спрацювання, «надмірна автоматика». Заходи: гістерезис, фільтрація шуму сенсорів, ручне перевизначення/пріоритети
Інтелектуальність	Навчання на звичках користувача, прогнозування попиту, адаптація алгоритмів керування.	<i>AI</i> -помічник; прогноз температури/споживання; рекомендації режимів; аномалічний моніторинг (дим, витік, нетипові патерни руху).	Вищий комфорт за нижчих витрат; <i>KPI</i> : <i>MAE</i> прогнозів, % рекомендованих дій, що прийняті; скорочення споживання після впровадження <i>AI</i> .	Ризики: хибні прогнози, упереджені дані. Заходи: періодичне перенавчання, <i>explainable AI</i> , ручні межі/політики безпеки.

## Продовження таблиці 1.1

Модульність і масштабованість	Поступове розширення без перебудови всієї системи; можливість заміни модулів.	Модульні контролери, мікросервісна архітектура; окремі домени ( <i>lighting, climate, security</i> ); гаряче підключення нових датчиків.	Низька <i>TCO</i> ; гнучке нарощення; <i>KPI</i> : час/вартість додавання пристрою, простоїв при розширенні.	Ризики: «дрейф» конфігурацій. Заходи: <i>IaC</i> /бекапи конфігурацій, версіонування, стандартизовані інтерфейси.
Енергоефективність	Оптимізація споживання електроенергії, тепла та води за реальними потребами.	Димінг освітлення; <i>PID</i> /адаптивне керування <i>HVAC</i> ; відкладений запуск пральної машини; пріоритезація критичних навантажень; облік лічильниками.	Зменшення <i>кВт·год/м²</i> ; менші рахунки; <i>KPI</i> : денне/місячне споживання, пікова потужність, економія % проти базової лінії.	Ризики: дискомфорт від надмірної економії. Заходи: «м'які» пороги, профілі користувача, сезонні політики.
Безпека і надійність	Захист доступу й даних, відмовостійкість, безперервність сервісів.	<i>MFA</i> , ролі/права; шифрування трафіку; резервне живлення ( <i>UPS</i> ), <i>watchdog</i> ; офлайн-сценарії та локальні правила при втраті мережі.	Менше інцидентів; висока доступність; <i>KPI</i> : <i>MTBF/MTTR</i> , % зашифрованих сесій, час автономної роботи на <i>UPS</i> .	Ризики: витік даних, <i>DoS</i> , <i>single point of failure</i> . Заходи: сегментація мережі ( <i>VLAN</i> ), бекапи, кластери/фейловер, регулярні оновлення.
Дистанційне керування і мобільність	Керування та моніторинг з будь-якого місця через застосунки, веб, голос.	Мобільний застосунок, веб-панель, інтеграція з голосовими асистентами; <i>push</i> -сповіщення; геозони (прихід/відхід).	Підвищення зручності та швидкості реакції; <i>KPI</i> : середній час реакції на алерт, % ремоут-операцій.	Ризики: комприметація облікових записів, публічні мережі. Заходи: <i>TLS</i> , <i>VPN</i> , <i>device binding</i> , блокування при аномаліях

Персоналізація	Індивідуальні сценарії під стиль життя, розклад і вподобання користувача.	Профілі «робота/сон/відпустка»; адаптивні сцени освітлення/музики; рекомендації AI; «тихий годинник» для сповіщень	Вищий суб'єктивний комфорт; <i>KPI: NPS</i> користувача, частка використаних персональних сцен, зниження ручних втручань	Ризики: надмірна залежність від профілів, конфлікт уподобань мешканців. Заходи: багатокористувацькі профілі, пріоритети/вирішення конфліктів, прозорі налаштування
----------------	---------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Аналіз наведених принципів свідчить, що ефективність функціонування системи “Розумний будинок” ґрунтується на комплексному поєднанні технічних, програмних та організаційних засад, які забезпечують узгоджену взаємодію підсистем, адаптивність до змін середовища, безпеку даних і високий рівень користувацького комфорту. Одним із базових принципів є інтегрованість, що полягає у створенні єдиного інформаційного простору між усіма компонентами системи. Її реалізація забезпечує цілісність архітектури, синхронізацію дій освітлення, клімат-контролю, охоронних систем та мультимедіа, а також дає можливість швидкого обміну даними через універсальні протоколи зв'язку. Саме інтеграція формує основу “розумної” взаємодії, коли рішення приймаються не локально, а з урахуванням усіх чинників, що підвищує ефективність керування і надійність системи загалом.

Наступним визначальним принципом є автоматизація, яка перетворює систему з пасивного набору пристроїв у самокерований механізм, що реагує на зміни в навколишньому середовищі без прямого втручання людини. Завдяки автоматизації система самостійно виконує запрограмовані дії - регулює температуру, вмикає або вимикає освітлення, виявляє присутність людей у приміщенні, оптимізує роботу енергоспоживаючих приладів. Це дозволяє зменшити навантаження на користувача, забезпечити економію ресурсів і підвищити рівень комфорту. Важливим аспектом виступає інтелектуальність - здатність системи навчатися на основі зібраних даних, аналізувати поведінку

користувача та робити прогнози. Використання штучного інтелекту в *Smart Home* дозволяє формувати рекомендації, адаптувати алгоритми до індивідуальних звичок мешканців і підвищувати точність прийнятих рішень.

З огляду на динамічність розвитку технологій, важливою характеристикою сучасного “Розумного будинку” є модульність і масштабованість. Вона забезпечує можливість поступового розширення системи, додавання нових пристроїв або функціональних модулів без потреби в кардинальній реконфігурації інфраструктури. Це суттєво підвищує гнучкість і знижує витрати на оновлення обладнання. Паралельно цьому принципу особливе місце посідає енергоефективність, яка сьогодні є стратегічним завданням для будь-яких автоматизованих систем. Вона забезпечується через точне регулювання параметрів освітлення, температури, споживання електроенергії та використання енергії за реальними потребами користувачів. Таким чином, *Smart Home* не лише створює комфорт, а й сприяє сталому розвитку, знижуючи екологічне навантаження.

Не менш вагомим є принцип безпеки і надійності, який охоплює як фізичну безпеку користувачів, так і кіберзахист інформації. Для цього система передбачає шифрування даних, резервне живлення, автономний режим роботи, багаторівневу авторизацію користувачів і своєчасне виявлення аварійних ситуацій. Безпека є запорукою довіри до технологій, адже будь-яке втручання ззовні або збій у роботі може призвести до серйозних наслідків. Водночас важливою характеристикою залишається дистанційне керування та мобільність, які дозволяють користувачу контролювати стан свого житла з будь-якої точки світу. Мобільні додатки, веб-інтерфейси, голосові асистенти й інтегровані AI-помічники забезпечують безперервний зв'язок між людиною та її домом, надаючи можливість швидкого реагування у випадку небезпеки або зміни параметрів середовища.

Останній, але не менш значущий принцип - персоналізація, яка робить систему по-справжньому “розумною” та орієнтованою на конкретного користувача. Вона полягає у створенні індивідуальних сценаріїв поведінки

пристроїв відповідно до стилю життя, звичок, розкладу чи навіть настрою мешканця. Завдяки цьому *Smart Home* стає не просто технічним комплексом, а інтелектуальним партнером людини, який передбачає її потреби та діє на випередження. У результаті реалізації зазначених принципів формується гармонійна екосистема, у якій взаємодія технологій, даних і людини відбувається з максимальною ефективністю. Це дає змогу системі “Розумний будинок” не лише виконувати функції автоматизації, а й забезпечувати стійкий розвиток, безпеку, зручність та енергетичну незалежність сучасного житлового простору[9].

Отже, система “Розумний будинок” є сучасною формою поєднання інформаційних технологій, автоматизації та штучного інтелекту в межах житлового простору, що спрямована на оптимізацію побутових процесів і підвищення якості життя. Її головна мета полягає у створенні комфортного, безпечного та енергоефективного середовища, здатного до самонавчання та адаптації до змін зовнішніх і внутрішніх умов. Принципи інтегрованості, інтелектуальності, гнучкості та безпеки є фундаментальними для побудови сучасних *Smart Home*-систем, які у найближчому майбутньому стануть невід’ємною частиною сталого розвитку житлової інфраструктури та формування концепції «розумного міста» (*Smart City*).

## **1.2. Інтернет речей (*IoT*) як основа інтелектуальної автоматизації житлових приміщень**

Сучасні тенденції розвитку технологій усе більше орієнтуються на інтеграцію фізичного та цифрового світів, і саме концепція Інтернету речей (*Internet of Things, IoT*) стала тим фундаментом, який забезпечив перехід від традиційної автоматизації до інтелектуальної взаємодії між об’єктами, даними та користувачами. Ідея *IoT* полягає в тому, що будь-який пристрій - від лампочки до холодильника або охоронного датчика - може бути підключений до мережі, обмінюватися інформацією та виконувати дії на основі аналітики

даних. У контексті систем “Розумний будинок” Інтернет речей є не просто технологічною платформою, а цілісною екосистемою, що забезпечує збір, передавання, обробку і використання даних у реальному часі. Саме *IoT* перетворює окремі побутові пристрої на взаємопов’язану інтелектуальну мережу, здатну самостійно приймати рішення, взаємодіяти з користувачем і середовищем, створюючи новий рівень комфорту, безпеки та енергоефективності.

Функціональну структуру *IoT*-екосистеми системи “Розумний будинок” детально представлено в таблиці 1.2, де визначено рівні архітектури, їх призначення, технології реалізації та очікувані результати впровадження.

Таблиця 1.2

Рівні та функціональні елементи *IoT*-екосистеми системи “Розумний будинок”

Рівень / компонент <i>IoT</i> -екосистеми	Функціональне призначення у системі “Розумний будинок”	Типові пристрої та технології реалізації	Характер взаємодії та обробки даних	Очікувані результати / ефекти впровадження
1. Сенсорний рівень (фізичний шар)	Збір первинних даних про стан середовища, моніторинг параметрів мікроклімату, освітлення, руху, безпеки. Забезпечує «відчуття» системи.	Датчики температури, вологості, руху, диму, відкриття дверей, освітленості, відеокамери; мікроконтролери <i>ESP8266</i> , <i>Arduino</i> , <i>Raspberry Pi</i> .	Дані передаються у вигляді сигналів або цифрових потоків через протоколи <i>Zigbee</i> , <i>Z-Wave</i> , <i>BLE</i> , <i>Wi-Fi</i> ; обмін у реальному часі з мінімальною затримкою.	Підвищення точності моніторингу; можливість миттєвої реакції системи на зміни середовища; створення бази даних для аналітики.
2. Рівень контролерів / шлюзів (локальна обробка)	Агрегація даних із сенсорів, первинна аналітика, виконання локальних алгоритмів керування без доступу до інтернету. Забезпечує автономність роботи.	<i>IoT</i> -контролери, мікрокомп’ютери типу <i>Raspberry Pi</i> , <i>NodeMCU</i> , шлюзи <i>MQTT</i> , локальні сервери <i>Home Assistant</i> , <i>OpenHAB</i> .	Локальна обробка сигналів, логіка “якщо – тоді”; обмін даними між підсистемами; синхронізація з хмарними сервісами через <i>API</i> .	Безперервність роботи навіть при втраті зв’язку з мережею; зниження навантаження на хмару; підвищення швидкості реакції системи.

3. Комунікаційний рівень (мережевий шар)	Забезпечення стабільної взаємодії між усіма елементами IoT-екосистеми; маршрутизація, передавання та шифрування даних.	Протоколи передачі даних <i>MQTT, CoAP, HTTP, WebSocket</i> ; бездротові мережі <i>Wi-Fi, Ethernet, Zigbee, LoRa</i> .	Дані передаються пакетами або потоково; реалізація двостороннього зв'язку між користувачем, контролером та хмарними сервісами; <i>QoS</i> -контроль.	Стабільна робота системи; синхронізація дій пристроїв; мінімальні затримки в обміні інформацією; висока надійність з'єднань.
4. Хмарний рівень (аналітична інфраструктура)	Зберігання, аналіз, машинне навчання та обробка великих обсягів даних; формування оптимізаційних стратегій.	Хмарні сервіси <i>AWS IoT, Google Cloud IoT, Microsoft Azure, Firebase</i> ; бази даних <i>InfluxDB, MongoDB</i> ; <i>AI</i> -аналітика.	Дані збираються із шлюзів, обробляються у хмарі, генерується аналітика для сценаріїв <i>Smart Home</i> ; синхронізація із мобільними застосунками.	Підвищення інтелектуальності системи; прогнозування поведінки користувача; автоматичне налаштування алгоритмів керування.
5. Користувацький рівень (інтерфейс взаємодії)	Надає можливість моніторингу, керування і персоналізації системи; забезпечує зворотний зв'язок між людиною та IoT-мережею.	Мобільні застосунки, веб-інтерфейси, голосові асистенти ( <i>Alexa, Google Assistant</i> ), <i>AI</i> -панелі керування.	Дані відображаються у візуальній формі; користувач задає сценарії, які передаються у вигляді команд до шлюзів; інтеграція з <i>AI</i> -помічником.	Підвищення зручності користування; адаптація системи до потреб мешканців; створення інтелектуальної взаємодії “людина–технологія”.
6. Інтеграційний рівень (взаємодія підсистем)	Забезпечує координацію роботи між різними модулями — освітлення, безпека, клімат, енергія, мультимедіа — у межах єдиної екосистеми.	Інтеграційні <i>API</i> , протоколи <i>MQTT, REST, Node-RED, HomeKit</i> ; єдині панелі моніторингу.	Відбувається синхронізація сценаріїв між підсистемами, обмін контекстом (час, присутність, погода, енергоспоживання).	Повна узгодженість роботи всіх компонентів системи; зниження конфліктів сценаріїв; оптимізація енерговитрат і зручності користування.

Аналіз наведених у таблиці даних дає змогу стверджувати, що Інтернет речей (IoT) у системі “Розумний будинок” функціонує як багаторівнева, взаємопов'язана екосистема, у якій кожен компонент відіграє ключову роль у забезпеченні стабільної, безперервної та інтелектуальної взаємодії між

користувачем і середовищем. Уся архітектура побудована за принципом вертикальної інтеграції, де від найнижчого до найвищого рівня здійснюється поступове перетворення сирих даних на цінну аналітичну інформацію, що визначає поведінку системи. Сенсорний рівень виступає основою *IoT*-екосистеми, забезпечуючи сприйняття довкілля. Саме тут формується перший потік інформації - дані з численних сенсорів температури, вологості, руху, диму, освітленості, відеоспостереження, які фіксують стан приміщення в реальному часі. Завдяки цим елементам система отримує “органи чуття”, що дозволяє їй сприймати зміни у навколишньому середовищі з високою точністю та швидкістю реакції.

На наступному рівні - рівні контролерів і шлюзів - відбувається перехід від простого збору даних до їхньої первинної обробки. Цей шар забезпечує автономність роботи системи навіть за відсутності інтернет-з'єднання, адже логіка управління може бути реалізована локально, без потреби у хмарних сервісах. Контролери обробляють інформацію з сенсорів, формують сигнали керування, координують роботу виконавчих пристроїв та визначають реакцію системи на конкретні події. Наприклад, якщо датчик руху виявляє активність у приміщенні, локальний контролер може автоматично вмикати освітлення або змінювати режим охорони. Це забезпечує оперативність реагування і мінімізує затримки, що особливо важливо для систем безпеки[26].

Важливим елементом екосистеми виступає комунікаційний рівень, який виконує роль “нервової системи” *Smart Home*. Саме завдяки сучасним протоколам обміну даними (*MQTT, Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi*) усі компоненти мережі взаємодіють між собою у режимі реального часу, передаючи інформацію швидко, стабільно й без втрат. Цей рівень відповідає за надійність з'єднання, захист даних, синхронізацію роботи різних модулів і підтримку сумісності між пристроями різних виробників. У результаті формується цілісний цифровий простір, де навіть найдрібніший сенсор може обмінюватися даними з центральним сервером або безпосередньо з іншим пристроєм без посередництва людини.

Наступним етапом є хмарний рівень, який забезпечує глибинну аналітику, машинне навчання та довготривале зберігання інформації. Саме тут *IoT*-система переходить від простої автоматизації до справжньої інтелектуальної адаптації. На основі історичних даних хмарні сервіси формують алгоритми оптимізації, прогнозують споживання енергії, виявляють закономірності у поведінці користувача та пропонують персоналізовані сценарії. Наприклад, система може самостійно визначити, коли мешканці найчастіше перебувають удома, і відповідно до цього регулювати температуру чи освітлення. Таким чином, хмарний рівень стає аналітичним ядром *Smart Home*, що перетворює дані на знання і створює основу для штучного інтелекту в управлінні житлом.

Користувацький рівень забезпечує комунікацію між людиною та системою. Мобільні застосунки, веб-інтерфейси, голосові асистенти дозволяють користувачу легко контролювати стан приміщення, створювати сценарії, переглядати аналітику енергоспоживання, отримувати сповіщення про події або аварійні ситуації. Цей рівень має не лише функціональне, а й психологічне значення, адже він формує довіру користувача до технології та створює відчуття контролю, навіть коли система працює автономно. У сучасних рішеннях велика увага приділяється ергономіці інтерфейсу, інтуїтивному дизайну та підтримці голосових команд, що робить взаємодію з “Розумним будинком” максимально природною.

Завершальним елементом є інтеграційний рівень, який забезпечує координацію всіх підсистем *Smart Home* у єдиному середовищі. Його роль полягає у синхронізації дій між системами освітлення, клімату, безпеки, енергоспоживання, мультимедіа тощо. Інтеграційні платформи, такі як *Home Assistant* або *Node-RED*, дозволяють об’єднати різні протоколи, виробників і стандарти в одну узгоджену архітектуру. Це створює умови для гнучкої розбудови системи, можливості підключення нових пристроїв без зміни базової інфраструктури. Завдяки цьому “Розумний будинок” стає відкритою, динамічною системою, здатною еволюціонувати відповідно до технологічного прогресу та потреб користувачів.

Значення Інтернету речей для інтелектуальної автоматизації та енергоефективності системи “Розумний будинок” полягає в тому, що саме ця технологічна концепція забезпечує перехід від звичайного керування до динамічного, контекстно-залежного управління усіма процесами життєзабезпечення житла. *IoT* виступає зв’язковою ланкою між користувачем, інфраструктурою та енергоресурсами, створюючи цілісну екосистему, яка функціонує за принципом постійного аналізу, оптимізації та передбачення подій. У межах такої системи енергія, тепло, світло і вода перестають бути просто споживаними ресурсами - вони стають керованими змінними, які розподіляються відповідно до реальних потреб і поведінки користувача. Впровадження *IoT* у побутову автоматизацію дозволяє перейти від фіксованих режимів роботи пристроїв до інтелектуальних сценаріїв, коли система самостійно визначає, коли, де і скільки енергії потрібно витратити, аби забезпечити максимальний комфорт при мінімальних витратах[1].

Основна перевага Інтернету речей у контексті енергоефективності полягає в аналітиці даних, яка стає “мозковим центром” усієї системи. Завдяки сенсорам, контролерам і комунікаційним модулям *Smart Home* може збирати інформацію про температуру, рівень вологості, освітленість, присутність людей, поточне споживання енергії та інші параметри. Ці дані обробляються в реальному часі, і система на основі алгоритмів приймає рішення, наприклад: приглушити світло, якщо у кімнаті нікого немає, або зменшити потужність опалення, коли температура перевищує задану межу. Завдяки такій адаптивній логіці *IoT* мінімізує енергетичні втрати, запобігає надмірному споживанню ресурсів і створює збалансований режим експлуатації обладнання, що значно подовжує його термін служби.

Інтеграція *IoT* у побутові системи також забезпечує користувачеві новий рівень контролю над енергетичними процесами. Через мобільні застосунки або веб-панелі власник будинку може в будь-який момент перевірити статистику споживання, проаналізувати енергетичний баланс, виявити неефективні прилади або пристрої, які працюють у режимі очікування й непомітно

витрачають електроенергію. Такий підхід перетворює користувача з пасивного споживача на активного учасника енергетичного менеджменту, який здатний приймати раціональні рішення, спираючись на об'єктивні дані. Додатково, система може надсилати попередження про витоки води, перевантаження електромережі чи залишені ввімкненими прилади, що мінімізує ризики аварій і фінансових втрат.

Особливе значення має взаємодія *IoT* з елементами штучного інтелекту, яка перетворює *Smart Home* на систему, здатну не лише реагувати, а й прогнозувати майбутні події. Завдяки машинному навчанню система аналізує історію дій користувача, погоду, добові коливання тарифів на електроенергію і навіть звички мешканців. Це дозволяє їй не просто регулювати поточні параметри, а й формувати оптимальні сценарії на майбутнє. Наприклад, вона може передбачити повернення власника додому і заздалегідь увімкнути опалення або кондиціонування, щоб створити комфортну температуру до моменту його прибуття. У нічний час система здатна автоматично знижувати температуру або відключати непотрібні прилади, зберігаючи енергію без втрати комфорту.

З погляду сталого розвитку, *IoT* сприяє зменшенню вуглецевого сліду житлових будинків. Завдяки точному регулюванню ресурсів знижується споживання енергії з невідновлюваних джерел, а отже, зменшуються викиди  $CO_2$  у навколишнє середовище. У поєднанні з відновлюваними джерелами - сонячними панелями, тепловими насосами, акумуляторними станціями - Інтернет речей дозволяє створювати енергетично автономні екосистеми, які самі балансують генерацію і споживання енергії. Важливо, що такі рішення підвищують не лише екологічну, а й економічну ефективність, адже користувач отримує реальні фінансові заощадження через зменшення витрат на комунальні послуги.

У кінцевому підсумку значення *IoT* для інтелектуальної автоматизації та енергоефективності полягає в тому, що ця технологія робить житло "живим організмом", який мислить, відчуває і діє відповідно до обставин. Вона

забезпечує баланс між комфортом, безпекою, економією і турботою про довкілля, створюючи середовище, де технологія стає невидимим, але постійним помічником людини. Інтернет речей, інтегрований у побутову сферу, не просто підвищує рівень життя - він формує нову культуру енергоспоживання, у центрі якої стоїть розумне використання ресурсів, свідомо екологічна поведінка і гармонійне співіснування людини та технологій[45].

Питання безпеки та виклики впровадження *IoT* у побутових системах “Розумний будинок” набувають стратегічного значення, оскільки із зростанням кількості підключених пристроїв зростає й вразливість цифрової інфраструктури. Кожен елемент *IoT*-мережі - від найпростішого датчика до центрального шлюзу - може стати потенційною точкою входу для несанкціонованого втручання. У сучасних умовах інформаційної насиченості житло перетворюється на складну кіберфізичну систему, де одночасно функціонують десятки або навіть сотні пристроїв, які передають дані про температуру, переміщення, енергоспоживання, відео- або аудіопотоки. Витік таких даних або віддалений контроль над ними може мати серйозні наслідки - від втрати приватності до загрози фізичній безпеці мешканців. Тому проблема захисту інформації стає одним із ключових викликів у розвитку *IoT*-технологій для побутового сектору.

Основна складність полягає у тому, що більшість побутових *IoT*-пристроїв має обмежені обчислювальні ресурси, тому вони не завжди підтримують складні криптографічні алгоритми або багаторівневі системи захисту. Багато пристроїв працюють із типовими або незмінними паролями, що робить їх легкою здобиччю для кіберзлочинців. Уразливими залишаються також комунікаційні протоколи, особливо ті, що використовують бездротові з'єднання - *Wi-Fi*, *Bluetooth* чи *Zigbee*. Хакери можуть перехоплювати сигнали, змінювати команди або підмінювати пакети даних, порушуючи роботу системи. Наприклад, втручання у роботу “розумного замка” може дозволити віддалене відкриття дверей, а маніпуляції з термостатом чи освітленням - створити небезпечні умови для мешканців або спричинити матеріальні збитки.

Ще однією загрозою є централізована архітектура управління. У багатьох сучасних рішеннях “Розумного будинку” дані передаються у хмарні сервіси для зберігання та аналітики. Це створює додаткові ризики, оскільки вразливість стороннього сервера або витік інформації з нього можуть поставити під загрозу безпеку всіх користувачів. У таких випадках важливо впроваджувати принцип “*Zero Trust*” - недовіри за замовчуванням, коли кожен пристрій та кожна операція проходить перевірку автентичності. Для підвищення безпеки розробники все частіше застосовують децентралізовані моделі, коли критичні дані обробляються локально на шлюзах або контролерах, а у хмару надсилаються лише узагальнені або зашифровані відомості. Це не лише зменшує ризик витоку, але й покращує стабільність роботи системи у разі втрати інтернет-з'єднання.

Важливим викликом є також необхідність постійного оновлення програмного забезпечення *IoT*-пристроїв. У міру виявлення нових вразливостей виробники повинні оперативно випускати патчі безпеки, а користувачі - встановлювати їх. Проте на практиці це відбувається нерегулярно: частина пристроїв не має механізму автоматичного оновлення, а іноді виробники припиняють підтримку старих моделей, залишаючи їх без захисту. Це створює проблему “цифрового старіння” системи, коли навіть нові будинки з часом стають уразливими через застаріле ПЗ. Для вирішення цього питання необхідна стандартизація протоколів оновлення, розробка єдиних вимог до життєвого циклу *IoT*-пристроїв і впровадження механізмів безпечного видалення чи заміни старих компонентів.

Крім кібербезпеки, значним викликом залишається сумісність пристроїв різних виробників. Відсутність єдиного стандарту комунікацій ускладнює інтеграцію систем, оскільки кожен виробник використовує власні протоколи обміну даними, структуру команд і формати аутентифікації. Це може призводити до ситуацій, коли освітлення, сигналізація, клімат-контроль і мультимедіа працюють окремо, без узгодження між собою. Для вирішення цієї проблеми активно розвиваються відкриті стандарти - такі як *Matter*, *MQTT* або

*Home Assistant API*, які забезпечують сумісність пристроїв, незалежно від бренду. Створення єдиних протоколів дозволяє не лише спростити інтеграцію, а й зробити систему більш безпечною, оскільки стандартизовані рішення проходять глибшу перевірку на надійність і вразливості[2].

Проблема безпеки у *Smart Home* також має соціальний вимір. Користувачі часто недооцінюють важливість належного налаштування захисту, зберігаючи паролі за замовчуванням, ігноруючи сповіщення про оновлення або використовуючи небезпечні мережеві з'єднання. Тому освітній аспект є не менш важливим, ніж технологічний: для ефективного функціонування систем "Розумний будинок" потрібне формування цифрової культури серед користувачів, що передбачає розуміння ризиків, відповідальність за дані та базові навички кібергігієни.

Попри всі зазначені проблеми, виклики безпеки не зменшують значення Інтернету речей у розвитку побутової автоматизації, а навпаки - стимулюють появу інноваційних рішень і нових стандартів надійності. Саме потреба у захисті користувачів стає рушієм створення безпечних платформ, сертифікованих пристроїв, шифрованих каналів зв'язку та алгоритмів адаптивної аутентифікації. Розробники дедалі частіше впроваджують у систему механізми поведінкової аналітики, які дозволяють виявляти аномальні дії навіть без прямого втручання людини. Таким чином, безпека перетворюється не лише на вимогу, а й на стратегічну перевагу *Smart Home. IoT* поступово переходить від етапу експериментальної технології до зрілої, масштабованої інфраструктури, здатної забезпечити одночасно комфорт, контроль, автономність і надійний захист користувача.

Інтернет речей є технологічним фундаментом систем "Розумний будинок" і головним рушієм переходу від традиційної автоматизації до справді інтелектуального управління житлом. Саме *IoT* забезпечує зв'язок між фізичним і цифровим простором, дозволяючи системі збирати, аналізувати та використовувати дані для прийняття рішень у реальному часі. Його впровадження створює можливості для підвищення енергоефективності,

безпеки, комфорту та сталого використання ресурсів, формуючи підґрунтя для майбутнього розвитку “розумних” міст і мережевих екосистем. Завдяки *IoT* житло перетворюється з пасивного об’єкта на активний елемент цифрової інфраструктури, що здатний адаптуватися до потреб користувача, прогнозувати події та підтримувати найвищий рівень комфорту й безпеки у повсякденному житті.

### **1.3. Інтеграція штучного інтелекту (AI-помічника) у систему Smart Home**

Сучасні технологічні тенденції демонструють, що головним напрямом розвитку систем “Розумний будинок” стає впровадження елементів штучного інтелекту (*Artificial Intelligence, AI*), які здатні забезпечити не лише автоматизацію процесів, а й їхню інтелектуалізацію. Якщо раніше *Smart Home* функціонував за принципом “реакції на подію” - тобто виконував заздалегідь визначені сценарії у відповідь на певні стимули, - то сьогодні він перетворюється на динамічну, адаптивну екосистему, яка здатна аналізувати поведінку користувача, передбачати його потреби та самостійно ухвалювати оптимальні рішення. Саме інтеграція штучного інтелекту дозволила перейти від автоматизації побуту до створення повноцінних інтелектуальних середовищ проживання. *AI*-помічники, такі як *Google Assistant, Amazon Alexa, Siri* або власні вбудовані системи управління, стали центральним елементом комунікації між людиною та її житлом, забезпечуючи природну взаємодію через голос, жести або контекстні команди. Таким чином, штучний інтелект не просто розширює функціональні можливості *Smart Home*, а формує нову філософію взаємин між людиною і технологією - партнерську, прогнозну та емпатичну.

Концепція інтеграції штучного інтелекту у систему *Smart Home* полягає у створенні єдиної інтелектуальної екосистеми, здатної сприймати, аналізувати та інтерпретувати навколишнє середовище подібно до того, як це робить людина. Центральна роль у такій системі належить *AI*-помічнику, який не обмежується

виконанням команд, а виступає самонавчальним аналітичним ядром, що координує всі підсистеми “Розумного будинку”. Його інтеграція забезпечує перехід від звичайної автоматизації до когнітивного управління, де рішення ухвалюються не лише на основі заздалегідь заданих сценаріїв, а з урахуванням контексту, часу доби, індивідуальних звичок мешканців, їхнього емоційного стану, погодних умов та інших змінних. Штучний інтелект обробляє дані, отримані з величезної кількості джерел - сенсорів *IoT*, камер, мікрофонів, мобільних пристроїв, хмарних сервісів і навіть зовнішніх баз даних, таких як прогнози погоди чи інформація про тарифи на енергію. Завдяки цьому створюється цілісна картина стану житлового простору, що дозволяє *AI* діяти не випадково, а логічно, прогнозно і цілеспрямовано[11].

Інтелектуальна обробка даних у системі *Smart Home* передбачає не просто аналіз поточної ситуації, а й виявлення закономірностей у поведінці користувачів. *AI* здатен визначати, коли мешканці зазвичай прокидаються, залишають дім або повертаються, у який час вмикають освітлення, якої температури віддають перевагу. На основі таких патернів формується динамічна модель поведінки, що дозволяє системі самостійно налаштовувати режими роботи приладів. Наприклад, *AI* може заздалегідь активувати опалення, якщо прогнозує, що користувач ось-ось повернеться додому, або зменшити яскравість світла, коли настає вечір, без будь-яких команд. Така проактивність створює ефект “інтуїтивного житла”, де технологія ніби відчуває потреби людини, реагуючи на них завчасно.

Технічно інтеграція штучного інтелекту реалізується через тісну взаємодію локальних і хмарних інтелектуальних сервісів. Локальні модулі виконують обробку критично важливої інформації - наприклад, сигналів від системи безпеки, датчиків руху чи камер спостереження. Це забезпечує швидку реакцію системи навіть без підключення до інтернету, а також гарантує збереження конфіденційності даних, оскільки вони не покидають межі домашньої мережі. Водночас хмарні сервіси відіграють роль аналітичного центру, який обробляє великі обсяги інформації, навчає нейронні моделі,

розпізнає голосові команди, проводить синтаксичний і семантичний аналіз природної мови. Такий підхід дозволяє реалізувати симбіоз двох рівнів інтелекту: “оперативного”, що відповідає за миттєве реагування, і “аналітичного”, який забезпечує глибоке навчання, прогнозування та оптимізацію процесів.

Завдяки такій архітектурі *Smart Home* набуває здатності працювати автономно, зберігаючи при цьому гнучкість і масштабованість. Штучний інтелект не лише аналізує теперішній стан системи, а й удосконалюється з кожною взаємодією, адаптуючись до змін способу життя користувача, сезонних коливань або нових пристроїв, підключених до мережі. Високий рівень персоналізації, який досягається через *AI*, робить кожен “Розумний будинок” унікальним, налаштованим на конкретного користувача, його стиль життя, ритм роботи і навіть емоційні потреби. Таким чином, інтеграція штучного інтелекту в архітектуру *Smart Home* є не просто технологічним удосконаленням, а концептуальною трансформацією житлового простору, який з об’єкта контролю перетворюється на активного учасника взаємодії – розумного, передбачливого і здатного навчатися партнера людини.

Для комплексного аналізу можливостей штучного інтелекту в системі *Smart Home* складено таблицю 1.3, яка систематизує напрями взаємодії *AI*-помічника, його функціональні можливості та вплив на ефективність системи.

Аналітична характеристика можливостей та функцій *AI*-помічника у системі “Розумний будинок”

Напрямок взаємодії системи	Функціональні можливості <i>AI</i> -помічника	Аналітичне значення та вплив на ефективність <i>Smart Home</i>
Координація підсистем	<i>AI</i> -помічник виступає центральним ядром управління, що об'єднує освітлення, клімат, енергетику, охорону, мультимедіа та побутову техніку в єдину систему. Він забезпечує логічну послідовність дій усіх пристроїв відповідно до заданого сценарію чи контексту.	Забезпечується синхронна взаємодія підсистем, що усуває дублювання команд, знижує навантаження на мережу та створює узгоджене середовище управління. Це підвищує стабільність роботи системи й комфорт користувача.
Контекстне управління	<i>AI</i> аналізує поточний стан житла та контекст дій мешканця, реагуючи не лише на прямі команди, а й на ситуаційні фактори (час доби, погоду, присутність людей, рівень освітлення).	Завдяки контекстній аналітиці система стає автономною та гнучкою, зменшує необхідність постійного втручання користувача, підвищуючи зручність і оптимізуючи роботу пристроїв.
Персоналізація взаємодії	<i>AI</i> -помічник розпізнає голос, інтонації, звички й емоційний стан користувача. Він формує індивідуальні сценарії комфорту: налаштовує температуру, освітлення, музику, повідомлення залежно від стану людини.	Глибока персоналізація створює “людяний” тип взаємодії з системою, підвищує довіру до технологій та формує психологічний комфорт, роблячи <i>Smart Home</i> частиною особистого простору

Продовження таблиці 1.3

<p>Інтеграція зовнішніх даних</p>	<p>AI враховує інформацію із зовнішніх джерел – прогноз погоди, тарифи на енергію, стан дорожнього трафіку, навколишнє середовище – для адаптації внутрішніх параметрів житла.</p>	<p>Такий підхід забезпечує проактивне управління: система оптимізує споживання ресурсів, планує режими роботи пристроїв і знижує енерговитрати, що сприяє економічності та екологічності.</p>
<p>Реалізація “розумних сценаріїв”</p>	<p>Алгоритми машинного навчання та обробки природної мови дозволяють AI-помічнику сприймати команди як контекстні сценарії. Одна команда може активувати послідовність дій, що змінює стан кількох систем одночасно.</p>	<p>Це створює динамічне середовище, у якому взаємопов’язані події формують складні поведінкові моделі системи. <i>Smart Home</i> починає діяти “інтуїтивно”, як єдиний організм.</p>
<p>Аналітика поведінкових даних</p>	<p>AI збирає та аналізує дані про дії користувача, виявляє повторювані патерни та формує рекомендації. На основі статистики пропонує оптимізацію процесів і автоматизацію рутинних дій.</p>	<p>Забезпечується еволюційне навчання системи: <i>Smart Home</i> з кожним днем удосконалює свої алгоритми, підвищуючи точність прогнозів і зменшуючи кількість ручного керування.</p>
<p>Рівні обробки інформації</p>	<p>Використовується поєднання локальної обробки (для швидкодії та безпеки) і хмарної аналітики (для глибокого навчання, розпізнавання мови та оптимізації).</p>	<p>Подвійна архітектура підвищує продуктивність, забезпечує конфіденційність і стійкість до відмов мережі, роблячи систему надійною та масштабованою.</p>
<p>Передбачувальна аналітика</p>	<p>На основі історичних даних AI прогнозує майбутні дії користувача, погодні умови або енергетичні піки, налаштовуючи системи заздалегідь.</p>	<p>Впровадження прогнозування переводить систему з реактивного режиму у проактивний, що дозволяє оптимізувати споживання ресурсів і підвищити рівень автономності <i>Smart Home</i>.</p>

Емоційно-когнітивна взаємодія	<i>AI</i> здатен реагувати на емоційний стан користувача, коригуючи атмосферу приміщення — наприклад, освітлення, звук або клімат — для створення психологічного комфорту.	Взаємодія між людиною та <i>Smart Home</i> набуває природного характеру, формуючи новий рівень “емоційного інтерфейсу”, де технологія підлаштовується під настрої користувача.
-------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Інтеграція штучного інтелекту у систему “Розумний будинок” докорінно змінює підхід до управління житловими просторами, перетворюючи їх із простих автоматизованих середовищ у динамічні, самонавчальні екосистеми, здатні мислити контекстно й адаптуватися до потреб користувача. Таблиця демонструє, що *AI*-помічник у межах *Smart Home* виконує не лише функцію технічного координатора, а й роль когнітивного посередника між людиною та технологічним середовищем. Він об’єднує всі підсистеми - від клімату до мультимедіа - в єдиний логічно узгоджений механізм, забезпечуючи безперервну комунікацію між пристроями та створюючи “інтелектуальну логіку поведінки” житла. Це означає, що система реагує не на окремі команди, а на життєві сценарії: відключає освітлення, коли мешканець залишає дім, регулює температуру перед його поверненням або автоматично вмикає охорону в разі відсутності руху.

Штучний інтелект формує глибокий рівень контекстного управління, який базується на аналізі сенсорних даних, поведінкових моделей і зовнішніх факторів. Це дозволяє системі не просто реагувати на події, а розуміти їхній контекст, що значно підвищує гнучкість і автономність *Smart Home*. Завдяки аналітиці *IoT*-пристроїв *AI* отримує повну інформацію про стан середовища - рівень вологості, температуру, освітленість, присутність людей, споживання енергії - і на основі цих даних оптимізує роботу кожної підсистеми. Такий підхід забезпечує не лише комфорт, а й значну економію ресурсів, оскільки система виконує дії лише тоді, коли це необхідно, зменшуючи споживання електроенергії, води й тепла[45].

Невід’ємною рисою *AI*-помічника є його здатність до персоналізації. Система аналізує звички користувачів, розпізнає їхні голоси, визначає розклад і навіть реагує на емоційний стан. Це дозволяє формувати унікальні сценарії взаємодії, коли житло адаптується до конкретної людини. Наприклад, виявивши втому у голосі користувача, *AI* може запропонувати розслаблюючу музику, знизити яскравість освітлення чи підвищити температуру. Така інтелектуальна емпатія створює відчуття гармонійного середовища, у якому технологія стає продовженням людських потреб. Персоналізація, заснована на глибокому аналізі даних, формує “цифровий портрет” користувача, завдяки якому система може не лише реагувати, а й передбачати бажання людини.

*AI*-помічник також активно використовує зовнішні джерела інформації - прогнози погоди, тарифи на енергоносії, дорожню ситуацію або стан довкілля - для прийняття оптимальних рішень. Це дозволяє *Smart Home* стати частиною ширшої урбаністичної екосистеми, у якій житло взаємодіє із зовнішнім світом, приймаючи рішення на основі глобальних даних. Такий підхід забезпечує проактивне управління, коли будинок не просто реагує на зміни, а прогнозує їх. Наприклад, система може заздалегідь активувати опалення перед зниженням температури або спланувати роботу побутових приладів у години мінімального тарифу на електроенергію.

З технологічного погляду, ефективність *AI*-помічника забезпечується комбінацією алгоритмів машинного й глибокого навчання, а також технологією обробки природної мови. Це дає змогу системі розуміти людські команди не буквально, а за змістом, розпізнаючи інтонації, контекст і навіть настрої користувача. Саме завдяки цьому *Smart Home* перетворюється на “інтуїтивного партнера”, який може виконувати складні сценарії на основі простих фраз. Наприклад, команда “Я прокинувся” активує комплекс дій - від відкриття штор до приготування кави, демонструючи високий рівень когнітивної координації між підсистемами.

Аналітика поведінкових даних є ще одним важливим аспектом діяльності *AI*-помічника. Він не лише виконує дії, а й постійно аналізує, як користувач

взаємодіє із системою, визначаючи повторювані дії, час активності, пріоритети комфорту. На основі цього система формує рекомендації щодо оптимізації - наприклад, пропонує автоматично вимикати освітлення у певний час або коригувати температуру залежно від сезону. Це дозволяє *Smart Home* переходити з реактивного рівня (реагування на подію) до проактивного рівня (передбачення події), що є ключовою ознакою інтелектуальної системи.

Особливе значення має дворівнева архітектура обробки інформації - поєднання локальної й хмарної аналітики. Локальна обробка гарантує безпеку даних і миттєву реакцію на команди, тоді як хмарна дозволяє системі навчатися, накопичувати досвід і вдосконалювати алгоритми на основі глобальної статистики. Це створює баланс між швидкістю, конфіденційністю та гнучкістю, роблячи *Smart Home* надійним і стійким навіть у разі технічних збоїв або відключення мережі[13].

Інтеграція штучного інтелекту в систему “Розумний будинок” означає якісно новий етап розвитку побутової автоматизації - перехід від механічного керування до інтелектуальної взаємодії між людиною і технологією. *AI*-помічник стає центральним елементом цифрової екосистеми житла, який поєднує у собі функції управління, аналітики, прогнозування і персоналізації. Завдяки машинному навчанню, обробці природної мови та поведінковій аналітиці *Smart Home* перетворюється на самонавчальну систему, здатну передбачати потреби мешканців і приймати рішення на основі контексту. Таке поєднання забезпечує максимально комфортне, безпечне й енергоефективне середовище, у якому технологія стає невидимим, але незамінним партнером людини. У перспективі саме інтеграція *AI* з *IoT* визначатиме подальший розвиток концепції *Smart Living* - інтелектуального способу життя, де будинок не лише реагує на дії мешканця, а й мислить, адаптується і розвивається разом із ним.

## 1.4. Висновки до розділу

У першому розділі кваліфікаційної роботи здійснено комплексний теоретичний аналіз засад побудови систем "Розумний будинок", що дозволило сформулювати цілісне уявлення про концептуальні основи, технологічні платформи та принципи функціонування інтелектуальних систем автоматизації житлових приміщень.

Встановлено, що система "Розумний будинок" являє собою інтегровану кіберфізичну екосистему, у якій апаратні та програмні компоненти об'єднуються в єдине інформаційне середовище для безперервного моніторингу стану житла й автоматизованого керування інженерними підсистемами. Ключовою характеристикою таких систем є їхня здатність функціонувати як розподілена система прийняття рішень, де алгоритми виводять закономірності з поведінки мешканців, співвідносять їх із показниками середовища, прогнозують потреби та забезпечують своєчасне реагування на відхилення чи загрози.

Визначено вісім фундаментальних принципів побудови систем *Smart Home*: інтегрованість, автоматизація, інтелектуальність, модульність і масштабованість, енергоефективність, безпека і надійність, дистанційне керування та персоналізація. Аналіз цих принципів показав, що ефективність функціонування системи ґрунтується на комплексному поєднанні технічних, програмних та організаційних засад, які забезпечують узгоджену взаємодію підсистем, адаптивність до змін середовища та високий рівень користувацького комфорту.

Доведено, що Інтернет речей є технологічним фундаментом систем "Розумний будинок" і головним рушієм переходу від традиційної автоматизації до інтелектуального управління житлом. Виявлено шість функціональних рівнів *IoT*-екосистеми: сенсорний, контролерний, комунікаційний, хмарний, користувацький та інтеграційний, кожен з яких відіграє специфічну роль у забезпеченні стабільної взаємодії між користувачем і середовищем. Встановлено, що значення *IoT* для енергоефективності полягає в можливості

аналітики даних у реальному часі, що дозволяє мінімізувати енергетичні втрати, запобігати надмірному споживанню ресурсів і створювати збалансований режим експлуатації обладнання.

Проаналізовано виклики впровадження *IoT* у побутових системах, серед яких ключовими є питання кібербезпеки, сумісності пристроїв різних виробників, необхідність постійного оновлення програмного забезпечення та формування цифрової культури серед користувачів. Визначено, що для вирішення цих проблем необхідна стандартизація протоколів, впровадження децентралізованих моделей обробки даних, використання криптографічних методів захисту та розвиток відкритих стандартів комунікації.

Обґрунтовано, що інтеграція штучного інтелекту в систему *Smart Home* забезпечує перехід від механічного керування до когнітивного управління, де рішення приймаються з урахуванням контексту, часу доби, індивідуальних звичок мешканців та зовнішніх факторів. Виявлено дев'ять ключових напрямів взаємодії *AI*-помічника: координація підсистем, контекстне управління, персоналізація взаємодії, інтеграція зовнішніх даних, реалізація розумних сценаріїв, аналітика поведінкових даних, багаторівнева обробка інформації, передбачувальна аналітика та емоційно-когнітивна взаємодія.

Встановлено, що ефективність *AI*-помічника забезпечується комбінацією алгоритмів машинного й глибокого навчання, технологією обробки природної мови та дворівневою архітектурою обробки інформації, яка поєднує локальну й хмарну аналітику. Це створює баланс між швидкодією, конфіденційністю та гнучкістю, роблячи *Smart Home* надійним і стійким навіть у разі технічних збоїв.

Таким чином, теоретичний аналіз засвідчив, що сучасні системи "Розумний будинок" являють собою складні інтелектуальні екосистеми, які інтегрують технології *IoT* та штучного інтелекту для створення комфортного, безпечного та енергоефективного житлового середовища. Результати дослідження створюють теоретичну базу для практичної реалізації системи

автоматизації житлового приміщення, що розглядається у наступному розділі роботи.

.

## РОЗДІЛ 2

# КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ТА СТРУКТУРА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЖИТЛОВОГО ПРИМІЩЕННЯ

### 2.1 Архітектура системи "Розумний будинок"

Сучасна система автоматизації житлового приміщення базується на багаторівневій архітектурі, що забезпечує гнучкість, масштабованість та надійність функціонування. Архітектура розробленої системи складається з чотирьох основних рівнів: сенсорного, контролерного, керуючого та інтерфейсного.

Сенсорний рівень утворює первинну ланку збору інформації про стан житлового приміщення. Цей рівень включає різноманітні датчики: температури, вологості, освітленості, руху, присутності, якості повітря, витоку води та газу, а також виконавчі пристрої (актуатори). Сенсорна мережа побудована на принципах розподіленої архітектури, де кожен пристрій має унікальну адресу та можливість автономної роботи. Використання бездротових протоколів зв'язку (*Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi*) дозволяє мінімізувати обсяг проводки та спрощує модернізацію системи.

Контролерний рівень реалізований на базі мікроконтролерів *ESP32* та *ESP8266*, які забезпечують локальну обробку даних, виконання алгоритмів керування в реальному часі та взаємодію із сенсорними пристроями. Контролери організовані в *mesh*-топологію, що підвищує відмовостійкість системи та розширює зону покриття. Кожен контролер виконує специфічні функції відповідно до свого функціонального призначення: управління освітленням, кліматичним обладнанням, безпековими системами тощо.

<b>Кафедра ІКС</b>				<b>КАІ 25 01 11 000 ПЗ</b>			
<b>Виконав</b>	Голубов В.Р.			<b>КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ТА СТРУКТУРА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЖИТЛОВОГО ПРИМІЩЕННЯ</b>	<b>Літера</b>	<b>Аркуш</b>	<b>Аркушів</b>
<b>Керівник</b>	Апенько Н.В.				Д	38	109
<b>Консульт.</b>					<b>М-126-24-1-ІТ</b>		
<b>Норм. контр.</b>	Тупота С.В.						
<b>Зав. Каф.</b>	Нечипорук О.П.						

Керуючий рівень представлений центральним сервером на базі платформи *Home Assistant*, який функціонує як інтеграційний вузол системи.

*Home Assistant* забезпечує централізоване управління всіма підсистемами, обробку складних сценаріїв автоматизації, ведення історії подій, аналітику споживання ресурсів та інтеграцію з хмарними сервісами. Використання локального сервера гарантує автономність роботи системи навіть за відсутності інтернет-з'єднання, що критично важливо для базових функцій безпеки та життєзабезпечення.

Інтерфейсний рівень забезпечує взаємодію користувача із системою через різні канали: веб-інтерфейс, мобільний додаток, голосові асистенти, настінні панелі управління та месенджери (*Telegram*). Мультиканальний підхід дозволяє користувачу обирати найбільш зручний спосіб взаємодії залежно від ситуації та контексту використання.

Загальна структура системної архітектури з взаємозв'язками між усіма компонентами зображений на рис. 2.1, де показано ієрархію рівнів та основні канали комунікації між ними.

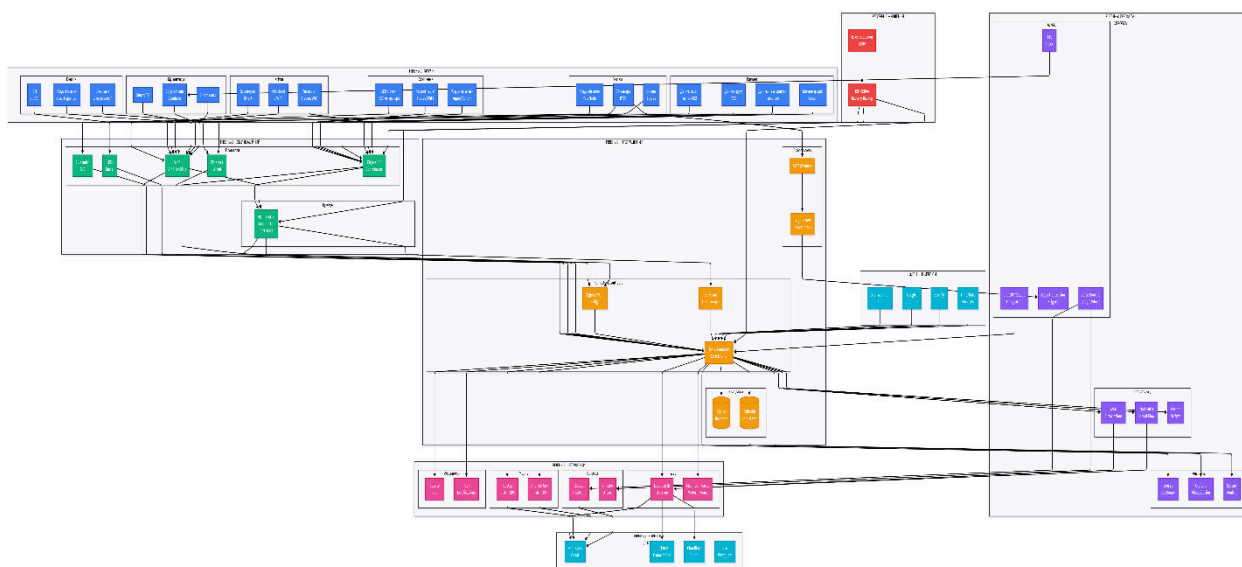


Рис. 2.1. Загальна архітектура системи "Розумний будинок"

Комунікаційна інфраструктура системи побудована на гібридній основі, поєднуючи провідні (*Ethernet*) та бездротові (*Wi-Fi*, *Zigbee*) технології. Для



алгоритми, що автоматично адаптують колірну температуру та яскравість освітлення відповідно до природних біоритмів людини.

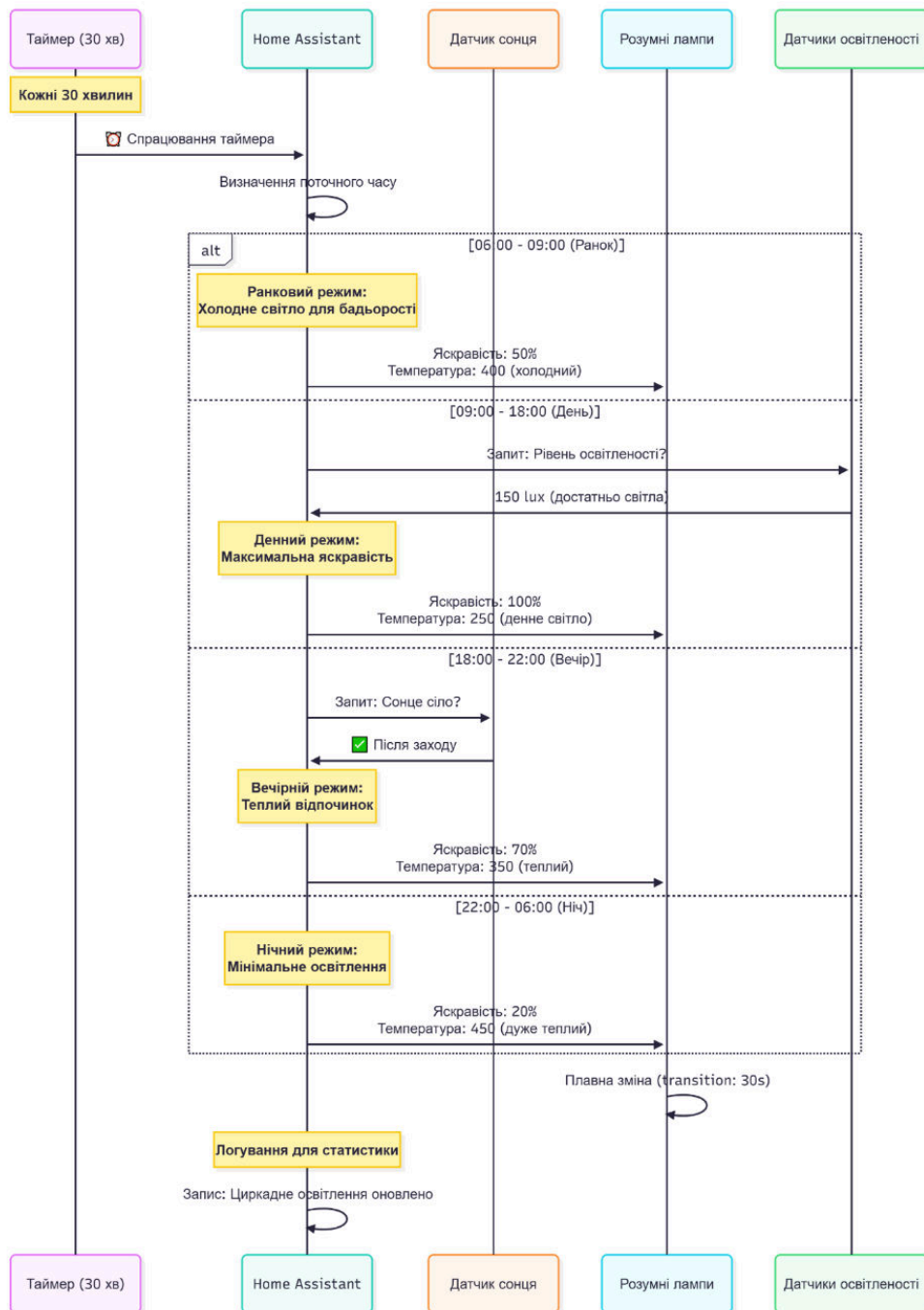


Рис. 2.3. Діаграма послідовності роботи системи управління освітленням

Детальна діаграма роботи підсистеми управління освітленням з часовими інтервалами та параметрами для кожного режиму зображено на рис. 2.3.

Реалізовано чотири режими роботи:

- Ранковий режим (06:00-09:00) передбачає поступове збільшення інтенсивності освітлення з холодною колірною температурою (400К) для стимуляції пробудження організму, яскравість встановлюється на рівні 50%.

- Денний режим (09:00-18:00) забезпечує максимальну яскравість (100%) та нейтральну колірну температуру (250К), що сприяє продуктивній діяльності. Система враховує рівень природного освітлення через датчики та автоматично компенсує його недостатність.

- Вечірній режим (18:00-22:00) характеризується теплою колірною температурою (350К) та помірною яскравістю (70%), створюючи комфортну атмосферу для відпочинку після активного дня.

- Нічний режим (22:00-06:00) встановлює мінімальне освітлення (20%) з максимально теплою температурою (450К), що сприяє виробленню мелатоніну та підготовці організму до сну.

Система також підтримує автоматичну активацію освітлення при виявленні руху та його деактивацію після періоду відсутності активності, що забезпечує енергоефективність.

Алгоритм активації режиму кіно з автоматичним управлінням освітленням, жалюзі та мультимедійним обладнанням зображено на рис. 2.4.

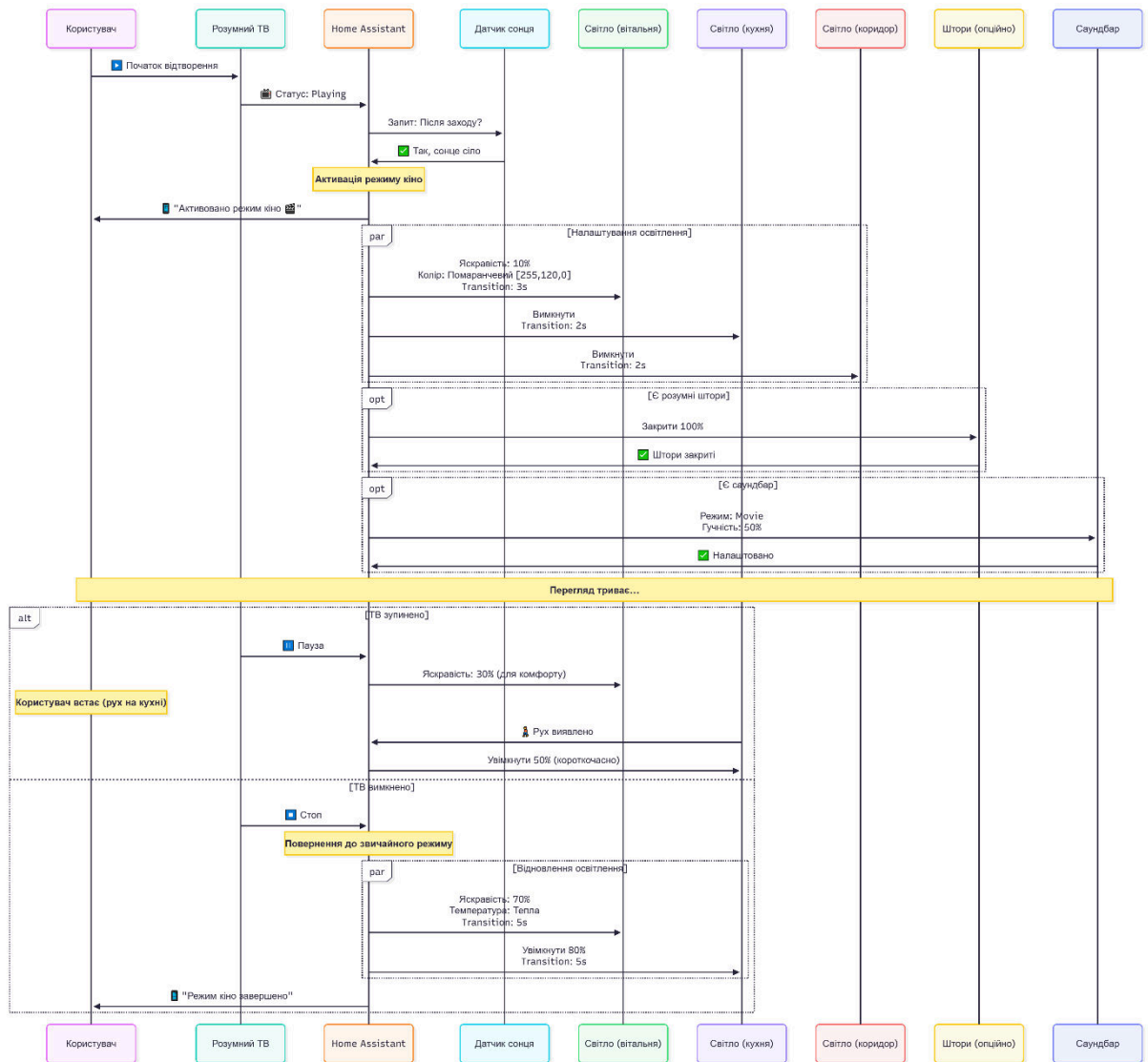


Рис. 2.4. Діаграма послідовності сценарію автоматизації режиму кіно

Підсистема клімат-контролю забезпечує підтримку оптимальних параметрів мікроклімату: температури, вологості та якості повітря. Система інтегрує управління опаленням, кондиціонуванням, вентиляцією та зволоженням повітря. Алгоритми керування базуються на прогностичних моделях, що враховують теплову інерцію будівлі, прогноз погоди, тарифну структуру енергопостачання та індивідуальні переваги користувачів.

Реалізовано режим геопозиціонування, який автоматично адаптує роботу кліматичного обладнання залежно від місцезнаходження мешканців. При відсутності користувачів вдома система переходить у економний режим,

знижуючи цільову температуру та мінімізуючи енергоспоживання. При наближенні користувача (на відстані 15-20 хвилин від дому) система автоматично відновлює комфортні параметри мікроклімату.

Логіка роботи системи енергозбереження з автоматичним перемиканням між режимами економії та відновлення комфорту зображено на рис. 2.5.

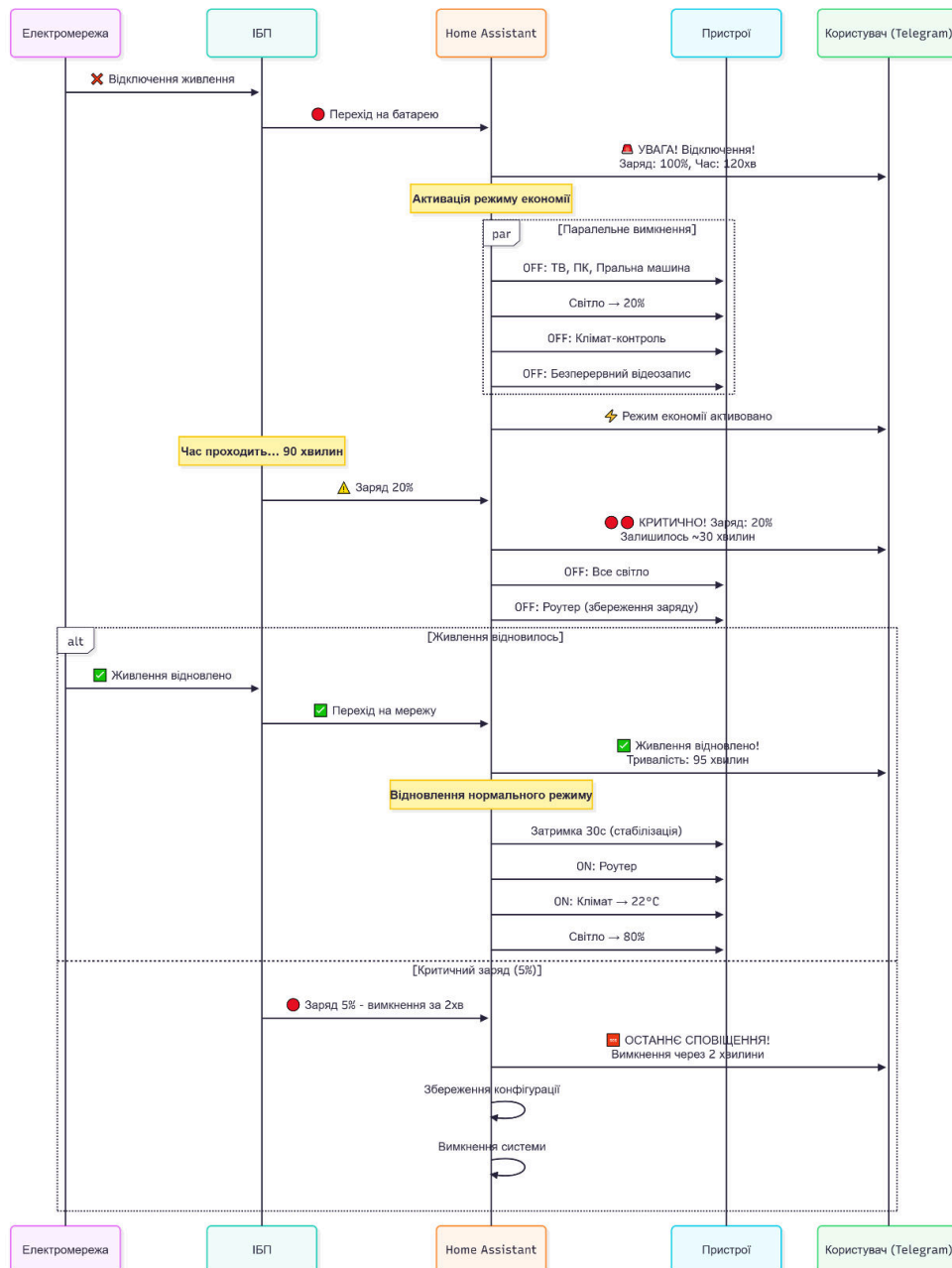


Рис. 2.5. Діаграма послідовності роботи системи енергозбереження

Підсистема безпеки інтегрує декілька рівнів захисту житлового приміщення. Периметральна безпека забезпечується датчиками відчинення дверей та вікон, інфрачервоними датчиками руху та камерами відеоспостереження з функціями розпізнавання осіб. При виявленні несанкціонованого проникнення система активує сигналізацію, відправляє сповіщення користувачу, здійснює відеозапис інциденту та може автоматично викликати служби реагування.

Детальна діаграма послідовності дій системи безпеки при виявленні тривожної події з паралельною активацією систем сповіщення та запису зображено на рис. 2.6.

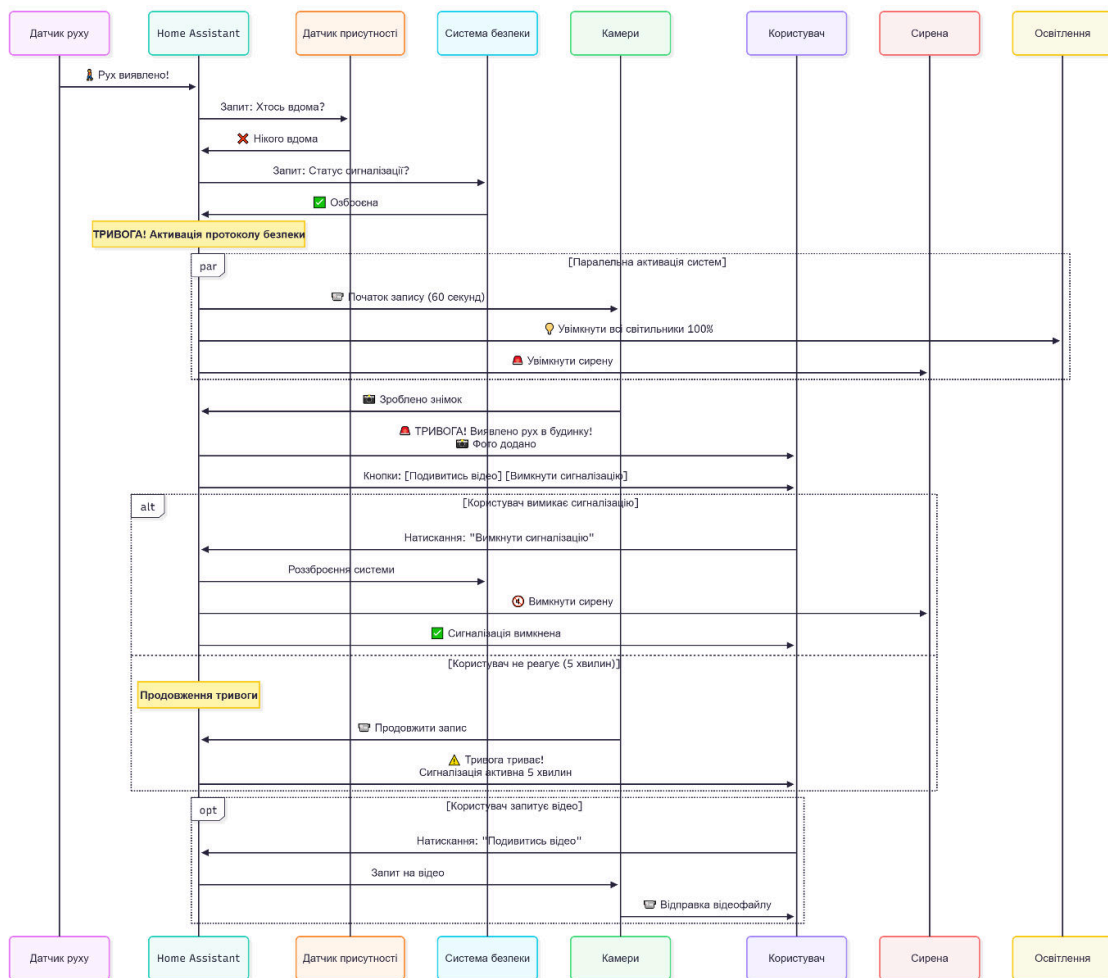


Рис. 2.6. Діаграма послідовності активації системи безпеки

Система виявлення надзвичайних ситуацій включає датчики диму, витоку газу та води. При виявленні небезпеки система не лише сповіщає користувача, але й виконує автоматичні дії: перекриває подачу газу чи води, активує систему вентиляції, увімкнює аварійне освітлення, розблоковує евакуаційні виходи.

Підсистема управління електроспоживанням здійснює постійний моніторинг споживання електроенергії окремими приладами та розрахунок вартості споживання в режимі реального часу. Система аналізує паттерни споживання, ідентифікує енергоємне обладнання та надає рекомендації щодо оптимізації використання.

Діаграма послідовності моніторингу споживання електроенергії з розрахунком вартості та виявленням аномального споживання наведена на рис. 2.7.

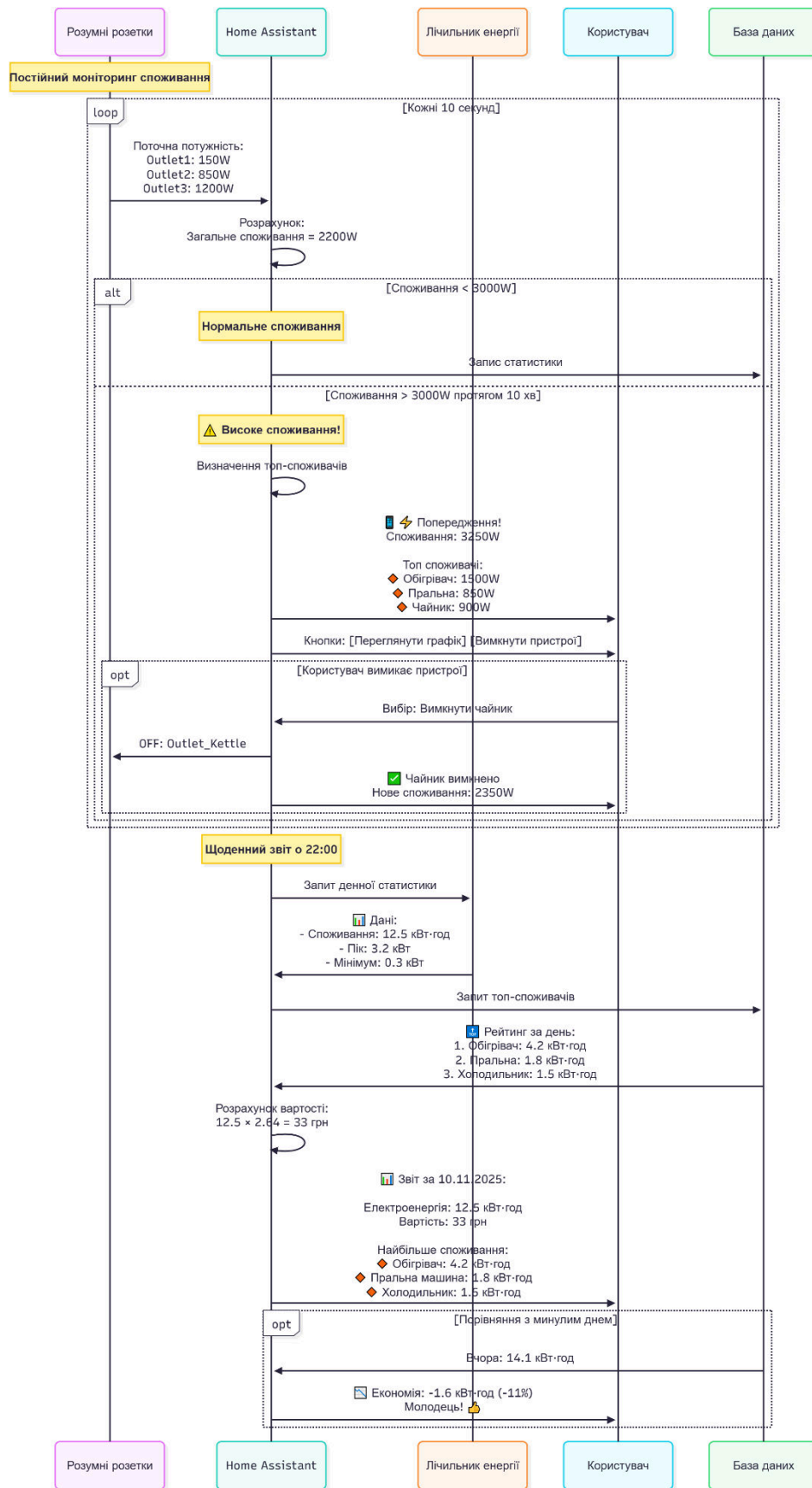


Рис. 2.7. Діаграма послідовності схеми моніторингу електроспоживання

Реалізовано інтелектуальне керування навантаженням, що автоматично розподіляє увімкнення потужних споживачів у часі, уникаючи піків навантаження та зменшуючи витрати за тарифами диференційованими за часом використання.

Підсистема мультимедіа та розваг забезпечує централізоване управління аудіо-відео обладнанням, створення іммерсивних сценаріїв для перегляду фільмів, прослуховування музики, ігор. Система автоматично адаптує параметри освітлення, положення жалюзі, налаштування звукового обладнання відповідно до обраного контенту та часу доби.

Всі підсистеми функціонують як автономно, так і у взаємодії, утворюючи цілісну екосистему розумного дому. Інтеграція здійснюється через єдину платформу *Home Assistant*, що дозволяє створювати складні міжсистемні сценарії автоматизації. Логіка прийняття рішень системою базується на аналізі множинних умов: стану датчиків, часових параметрів, режимів роботи, присутності користувачів та історичних даних. На основі цих факторів система визначає оптимальні дії для забезпечення комфорту, безпеки та енергоефективності.

Приклад реалізації інтелектуального голосового асистента з інтеграцією погодних даних, календаря та управління освітленням зображено на рис. 2.9.

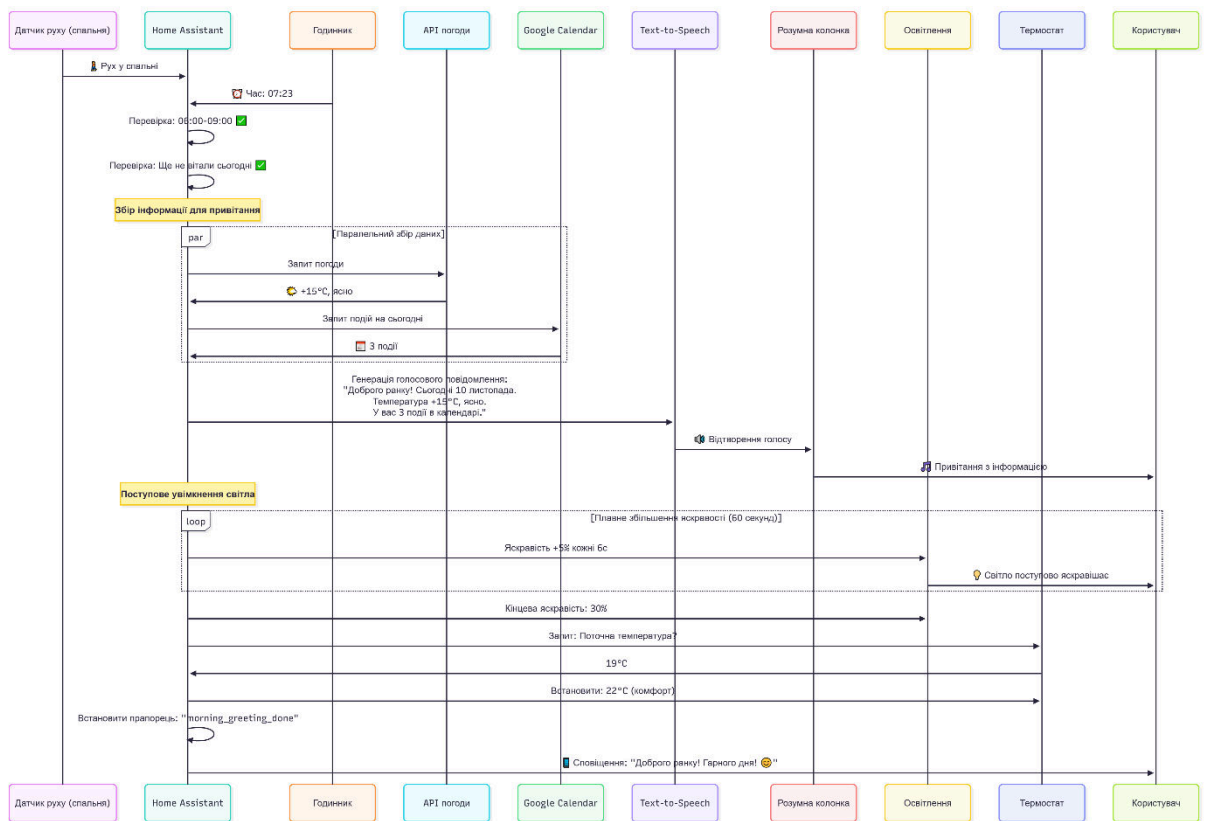


Рис. 2.9. Діаграма послідовності сценаріїв роботи голосового асистента

Діаграма послідовності на рисунку 2.9 детально ілюструє комплексний сценарій роботи голосового *AI*-помічника в контексті ранкового привітання користувача. Процес розпочинається з детекції руху датчиком у спальні, після чого *Home Assistant* ініціює багатоетапну послідовність збору контекстної інформації: перевіряє поточний час та відповідність ранковому діапазону, запитує актуальні погодні дані через *API*, отримує інформацію з *Google Calendar* про заплановані події, зчитує показники внутрішніх сенсорів температури та освітленості.

На основі агрегованих даних система формує персоналізоване голосове повідомлення через *Text-to-Speech* сервіс, яке включає привітання, поточну температуру, погодні прогност та нагадування про події дня. Паралельно активуються супутні автоматизації: поступове збільшення яскравості освітлення, корекція температури термостату до комфортних значень, відображення актуальної інформації на *smart*-дисплеї. Така багатокомпонентна

взаємодія демонструє перехід від примітивних голосових команд до інтелектуального контекстно-обізнаного управління, де система самостійно синтезує інформацію з різних джерел для створення цілісного користувацького досвіду, що адаптується до індивідуальних потреб та розкладу мешканців.

### 2.3 Модулі *IoT* та сенсорна інфраструктура

Апаратна основа системи розумного дому формується модулями інтернету речей та розгалуженою сенсорною мережею, що забезпечують збір даних про стан приміщення та виконання команд керування.

Центральний контролер реалізований на базі одноплатного комп'ютера *Raspberry Pi 4 Model B* з 4 ГБ оперативної пам'яті. Цей пристрій забезпечує достатню обчислювальну потужність для роботи *Home Assistant*, баз даних часових рядів, веб-сервера та додаткових сервісів. Використання *SSD*-накопичувача замість *microSD*-карти підвищує швидкість роботи системи та її надійність. *Raspberry Pi* підключений до локальної мережі через *Gigabit Ethernet*, що гарантує стабільне та швидке з'єднання.

Вузлові контролери побудовані на мікроконтролерах *ESP32*, які поєднують продуктивне двоядерне процесорне ядро, вбудовані модулі *Wi-Fi* та *Bluetooth*, достатній обсяг пам'яті та широкий набір периферійних інтерфейсів. *ESP32* використовуються для реалізації локальних контролерів освітлення, кліматичних систем, моніторингу енергоспоживання. Програмне забезпечення контролерів розроблене на базі фреймворку *ESPHome*, що забезпечує безшовну інтеграцію з *Home Assistant* та спрощує процес налаштування і модифікації функціоналу.

Сенсорна мережа включає наступні типи датчиків:

Датчики температури та вологості *DHT22* встановлені в кожному приміщенні та забезпечують точність вимірювання температури  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  та вологості  $\pm 2\%$ . Частота опитування датчиків становить 10 секунд, що дозволяє своєчасно реагувати на зміни параметрів мікроклімату.

Датчики освітленості на базі фоторезисторів або цифрових сенсорів *BH1750* вимірюють рівень природного та штучного освітлення в діапазоні від 1 до 65535 люкс. Ці дані використовуються для автоматичного регулювання яскравості штучного освітлення та управління положенням жалюзі.

Датчики руху та присутності *PIR* забезпечують виявлення переміщення людей у зонах покриття. Для точнішого визначення присутності використовуються також радарні датчики мм-діапазону (*RCWL-0516*), які здатні виявляти мікрорухи дихання та серцебиття, що дозволяє коректно визначати наявність нерухомих людей.

Датчики якості повітря вимірюють концентрацію *CO2*, летких органічних сполук та дрібнодисперсного пилу. Перевищення граничних значень цих параметрів ініціює автоматичне увімкнення системи вентиляції та сповіщення користувача.

Датчики витoku води розміщені в критичних зонах: біля пральної та посудомийної машин, під раковинами, біля бойлера, у ванній кімнаті. При виявленні води система негайно перекидає подачу води електромагнітним клапаном та сповіщає користувача.

Датчики диму та газу забезпечують раннє виявлення пожежної небезпеки та витoku газу. Використовуються сертифіковані датчики з автоматичною самоперевіркою та термін служби не менше 10 років.

Виконавчі пристрої включають:

Розумні реле та диммери на базі чіпів *ESP8266/ESP32* забезпечують управління світловими приладами, вентиляторами, насосами та іншим електрообладнанням. Підтримується як дискретне увімкнення/вимкнення, так і плавне регулювання потужності методом широтно-імпульсної модуляції.

Розумні розетки з вимірюванням споживання енергії дозволяють контролювати та управляти підключеними до них приладами, а також моніторити їх енергоспоживання з точністю до 1 Вт.

Сервоприводи та крокові двигуни використовуються для автоматизації механічних елементів: жалюзі, штор, вікон, дверних замків. Управління здійснюється через спеціалізовані драйвери, підключені до контролерів *ESP32*.

Інфрачервоні передавачі забезпечують управління побутовою технікою, що не має вбудованих модулів розумного дому: телевізорами, кондиціонерами, медіа-центрами. Використовуються *ESP32* з *IR*-передавачами, що підтримують велику бібліотеку кодів команд різних виробників.

Комунікаційна інфраструктура побудована на комбінації провідних та бездротових технологій. *Backbone*-мережа реалізована на базі *Gigabit Ethernet* з комутатором *PoE*, що дозволяє жити частину пристроїв через мережевий кабель. Бездротова мережа *Wi-Fi 5* ГГц забезпечує підключення мобільних пристроїв та контролерів *ESP*. Для низькопотужних сенсорів розгорнута *Zigbee*-мережа на базі координатора *CC2652*, що забезпечує низьке енергоспоживання, *mesh*-топологію та високу щільність підключених пристроїв.

Інтеграція всіх апаратних компонентів у єдину систему здійснюється через протоколи *MQTT*, *HTTP REST API*, *WebSocket*. Використання стандартизованих протоколів забезпечує сумісність обладнання різних виробників та спрощує подальше розширення функціоналу системи.

Розроблена архітектура *IoT*-модулів та сенсорної інфраструктури забезпечує високу надійність, масштабованість та гнучкість системи розумного дому, дозволяючи реалізувати широкий спектр сценаріїв автоматизації житлового простору.

## **2.4. Висновки до розділу**

У другому розділі кваліфікаційної роботи розроблено концепцію побудови та структуру системи автоматизації житлового приміщення, визначено її архітектуру, спроектовано основні функціональні модулі та обґрунтовано вибір апаратно-програмних компонентів.

Запропоновано багаторівневу архітектуру системи "Розумний будинок", що складається з чотирьох основних рівнів: сенсорного, контролерного, керуючого та інтерфейсного. Така архітектура забезпечує гнучкість, масштабованість та надійність функціонування системи. Сенсорний рівень реалізовано на основі розподіленої мережі датчиків з використанням бездротових протоколів зв'язку, що дозволяє мінімізувати обсяг проводки та спрощує модернізацію. Контролерний рівень побудовано на базі мікроконтролерів *ESP32* та *ESP8266*, організованих у *mesh*-топологію для підвищення відмовостійкості. Керуючий рівень представлений центральним сервером на платформі *Home Assistant*, який забезпечує централізоване управління, обробку складних сценаріїв та автономність роботи. Інтерфейсний рівень реалізує мультимедійний підхід до взаємодії користувача із системою.

Розроблено п'ять основних функціональних підсистем автоматизації. Підсистема управління освітленням реалізує інтелектуальне керування на основі циркадних алгоритмів з чотирма режимами роботи: ранковим, денним, вечірнім та нічним, кожен з яких оптимізований за параметрами яскравості та колірної температури відповідно до природних біоритмів людини. Підсистема клімат-контролю забезпечує підтримку оптимальних параметрів мікроклімату з використанням прогностичних моделей, що враховують теплову інерцію будівлі, прогноз погоди та тарифну структуру енергопостачання. Реалізовано режим геопозиціонування для автоматичної адаптації роботи обладнання залежно від місцезнаходження мешканців.

Підсистема безпеки інтегрує декілька рівнів захисту: периметральну безпеку з датчиками відчинення, інфрачервоними датчиками руху та камерами з розпізнаванням осіб, а також систему виявлення надзвичайних ситуацій з датчиками диму, витоку газу та води. При виявленні загроз система автоматично виконує захисні дії: активує сигналізацію, перебиває подачу газу чи води, активує вентиляцію, відправляє сповіщення користувачу. Підсистема управління електроспоживанням здійснює постійний моніторинг споживання електроенергії з розрахунком вартості в реальному часі та реалізує

інтелектуальне керування навантаженням для уникнення піків споживання. Підсистема мультимедіа забезпечує централізоване управління аудіо-відео обладнанням із створенням іммерсивних сценаріїв.

Обґрунтовано вибір апаратних компонентів системи. Центральний контролер реалізовано на базі *Raspberry Pi 4 Model B* з 4 ГБ оперативної пам'яті та *SSD*-накопичувачем, що забезпечує достатню обчислювальну потужність та надійність. Вузлові контролери побудовано на мікроконтролерах *ESP32* з програмним забезпеченням на базі фреймворку *ESPHome* для безшовної інтеграції з *Home Assistant*. Сформовано сенсорну мережу, що включає датчики температури та вологості *DHT22*, датчики освітленості *BH1750*, датчики руху *PIR* та радарні датчики мм-діапазону, датчики якості повітря, витоку води, диму та газу.

Визначено склад виконавчих пристроїв: розумні реле та диммери на базі *ESP8266/ESP32*, розумні розетки з вимірюванням споживання енергії, сервоприводи та крокові двигуни для автоматизації механічних елементів, інфрачервоні передавачі для управління побутовою технікою. Комунікаційну інфраструктуру побудовано на комбінації провідних технологій *Gigabit Ethernet* з підтримкою *PoE* та бездротових технологій *Wi-Fi 5 ГГц* і *Zigbee*. Інтеграція всіх компонентів здійснюється через стандартизовані протоколи *MQTT*, *HTTP REST API* та *WebSocket*.

Розроблено детальні діаграми та блок-схеми роботи основних підсистем, що ілюструють логіку функціонування системи управління освітленням з часовими інтервалами та параметрами режимів, сценарій автоматизації режиму кіно, алгоритм роботи системи енергозбереження з автоматичним перемиканням режимів, діаграму активації системи безпеки при виявленні тривожних подій, схему моніторингу електроспоживання з розрахунком вартості, блок-схему логіки прийняття рішень системою та сценарій роботи голосового асистента.

Розроблена концепція забезпечує реалізацію системи "Розумний будинок" з високим рівнем автоматизації, інтелектуалізації та енергоефективності.

Багаторівнева архітектура та модульна структура дозволяють поступово розширювати функціональність системи без кардинальної реконфігурації. Використання відкритих стандартів і протоколів забезпечує сумісність обладнання різних виробників та спрощує інтеграцію нових компонентів. Запропоновані рішення створюють технічну основу для практичної реалізації прототипу системи, що розглядається в наступному розділі роботи.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА ПРОТОТИПУ "РОЗУМНИЙ БУДИНОК"

#### 3.1 Налаштування середовища *Home Assistant*

##### 3.1.1 Базова конфігурація системи

*Home Assistant* є основою розробленого прототипу системи розумного будинку. Базова конфігурація системи здійснюється через файл *configuration.yaml*, який містить налаштування всіх компонентів та інтеграцій.

Перш за все визначаються основні параметри системи, що включають географічне розташування, одиниці виміру та локалізацію:

*homeassistant:*

*name: Розумний Будинок*

*latitude: !secret latitude*

*longitude: !secret longitude*

*elevation: 179*

*unit\_system: metric*

*currency: UAH*

*time\_zone: Europe/Kyiv*

*country: UA*

*language: uk*

Географічні координати та висота над рівнем моря використовуються для точного розрахунку часу сходу та заходу сонця, що критично важливо для автоматизацій освітлення. Метрична система одиниць забезпечує консистентність даних від датчиків температури, відстані та інших параметрів.

<b>Кафедра ІКС</b>				<b>КАІ 25 01 11 000 ПЗ</b>			
<b>Виконав</b>	Голубов В.Р.			<b>РОЗРОБКА ПРОТОТИПУ "РОЗУМНИЙ БУДИНОК"</b>	<b>Літера</b>	<b>Аркуш</b>	<b>Аркушів</b>
<b>Керівник</b>	Апенько Н.В.				Д	56	109
<b>Консулт.</b>					<b>М-126-24-1-ІТ</b>		
<b>Норм. контр.</b>	Тупота С.В.						
<b>Зав. Каф.</b>	Нечипорук О.П.						

### 3.1.2 Конфігурація мережевого доступу

Для забезпечення безпечного доступу до системи налаштовано *HTTP*-сервер із *SSL*-шифруванням та захистом від брутфорс-атак:

*http:*

*server\_port: 8123*

*ssl\_certificate: !secret ssl\_certificate*

*ssl\_key: !secret ssl\_key*

*ip\_ban\_enabled: true*

*login\_attempts\_threshold: 5*

*use\_x\_forwarded\_for: true*

*trusted\_proxies:*

- *127.0.0.1*

Механізм автоматичного блокування *IP*-адрес після п'яти невдалих спроб входу значно підвищує рівень безпеки системи. Використання *SSL*-сертифікатів забезпечує шифрування всього трафіку між клієнтом та сервером.

### 3.1.3 Система збереження даних

Для ефективного управління історичними даними налаштовано компонент *recorder*, який відповідає за збереження станів сутностей у базі даних:

*recorder:*

*db\_url: !secret db\_url*

*purge\_keep\_days: 7*

*commit\_interval: 30*

*include:*

*entities:*

- *sensor.living\_room\_temperature*

- *sensor.living\_room\_humidity*

- *sensor.outdoor\_temperature*

- *sensor.total\_power\_consumption*

- *binary\_sensor.motion\_\**
- *binary\_sensor.door\_\**
- *light.\**
- *climate.\**

Період зберігання даних у 7 днів забезпечує баланс між доступністю історичної інформації та розміром бази даних. Селективне збереження даних лише від важливих сутностей зменшує навантаження на систему зберігання.

Для довгострокового збереження та аналізу даних додатково інтегровано *InfluxDB*:

*influxdb:*

*host: localhost*

*port: 8086*

*database: home\_assistant*

*username: !secret influx\_user*

*password: !secret influx\_password*

*max\_retries: 3*

*default\_measurement: state*

*InfluxDB* забезпечує ефективне зберігання часових рядів даних та дозволяє проводити складний аналіз тенденцій споживання енергії, температурних режимів та інших параметрів на тривалих періодах часу.

### 3.1.4 Інтеграція *MQTT* та *Zigbee* пристроїв

*MQTT* брокер є центральним елементом комунікації між розумними пристроями:

*mqtt:*

*broker: localhost*

*port: 1883*

*username: !secret mqtt\_user*

*password: !secret mqtt\_password*

*discovery: true*

*discovery\_prefix: homeassistant*

*birth\_message:*

*topic: 'homeassistant/status'*

*payload: 'online'*

*will\_message:*

*topic: 'homeassistant/status'*

*payload: 'offline'*

Механізм *MQTT Discovery* дозволяє автоматично виявляти нові пристрої в мережі без необхідності ручної конфігурації. *Birth* та *Will* повідомлення забезпечують моніторинг доступності системи та можливість автоматичного відновлення з'єднань після збоїв.

*Zigbee2MQTT* інтегрується через *MQTT* та забезпечує підтримку широкого спектру бездротових пристроїв, включаючи датчики температури, вологості, руху, дверні контакти та розумні розетки.

### 3.1.5 Налаштування системи сповіщень

Для забезпечення своєчасного інформування користувачів налаштовано декілька каналів сповіщень:

*telegram\_bot:*

*- platform: polling*

*api\_key: !secret telegram\_bot\_token*

*allowed\_chat\_ids:*

*- !secret telegram\_chat\_id*

*notify:*

*- platform: telegram*

*name: telegram*

*chat\_id: !secret telegram\_chat\_id*

*mobile\_app:*

*tts:*

*- platform: google\_translate*

*language: 'uk'*

*service\_name: google\_translate\_say*

*Telegram* забезпечує надійну доставку критичних сповіщень про події безпеки, відключення електроенергії та інші важливі події. Мобільний додаток дозволяє отримувати *push*-нотифікації з можливістю швидкого реагування через інтерактивні кнопки. Система синтезу мови (*TTS*) використовується для голосових повідомлень через розумні колонки.

### 3.1.6 Конфігурація відеоспостереження

Система відеоспостереження інтегрована через стандартний протокол *RTSP*:

*camera:*

- *platform: generic*

*name: Front Door Camera*

*still\_image\_url: http://192.168.1.20/snap.jpg*

*stream\_source: rtsp://admin:password@192.168.1.20:554/stream1*

*verify\_ssl: false*

- *platform: generic*

*name: Living Room Camera*

*still\_image\_url: http://192.168.1.21/snap.jpg*

*stream\_source: rtsp://admin:password@192.168.1.21:554/stream1*

*verify\_ssl: false*

Для розширеної функціональності, включаючи детекцію об'єктів на базі штучного інтелекту, інтегровано систему *Frigate*:

*frigate:*

*host: 192.168.1.50*

*port: 5000*

*Frigate* забезпечує детекцію людей, тварин та транспортних засобів у реальному часі, що значно підвищує ефективність системи безпеки та зменшує кількість помилкових спрацьювань.

### 3.1.7 Створення допоміжних сутностей

Для реалізації складних автоматизацій створено набір допоміжних сутностей:

Перемикачі (*input\_boolean*) використовуються для управління режимами роботи системи:

*input\_boolean:*

*vacation\_mode:*

*name: Режим відпустки*

*icon: mdi:palm-tree*

*security\_armed:*

*name: Сигналізація увімкнена*

*icon: mdi:shield-check*

*do\_not\_disturb:*

*name: Не турбувати*

*icon: mdi:bell-off*

Числові входи (*input\_number*) дозволяють користувачам налаштовувати параметри автоматизацій:

*input\_number:*

*target\_temperature:*

*name: Цільова температура*

*min: 18*

*max: 26*

*step: 0.5*

*unit\_of\_measurement: "°C"*

*night\_light\_brightness:*

*name: Яскравість нічного світла*

*min: 5*

*max: 50*

*step: 5*

*unit\_of\_measurement: "%"*

Вибір зі списку (*input\_select*) використовується для перемикання між попередньо визначеними режимами:

*input\_select:*

*active\_scene:*

*name:* Активна сцена

*options:*

- Звичайна
- Вечірній відпочинок
- Робота/Навчання
- Романтична
- Вечірка
- Нічний режим

### 3.1.8 Шаблонні сенсори

Шаблонні сенсори дозволяють створювати віртуальні датчики на основі обчислень над даними від фізичних пристроїв:

*sensor:*

- *platform:* *template*

*sensors:*

*total\_power\_consumption:*

*friendly\_name:* "Загальне споживання"

*unit\_of\_measurement:* "W"

*device\_class:* *power*

*value\_template:* >-

```
{{ (states('sensor.outlet_1_power') | float(0) +
states('sensor.outlet_2_power') | float(0) +
states('sensor.outlet_3_power') | float(0) +
states('sensor.heater_power') | float(0)) | round(2) }}
```

Даний сенсор агрегує споживання електроенергії від усіх розумних розеток, забезпечуючи загальну картину енергоспоживання в будинку.

Інший важливий шаблонний сенсор визначає якість повітря на основі рівня CO<sub>2</sub> та вологості:

*air\_quality\_status:*

*friendly\_name: "Якість повітря"*

*value\_template: >-*

*{% set co2 = states('sensor.living\_room\_co2') | float(0) %}*

*{% set humidity = states('sensor.living\_room\_humidity') | float(50) %}*

*{% if co2 < 600 and humidity > 40 and humidity < 60 %}*

*Відмінна*

*{% elif co2 < 1000 and humidity > 35 and humidity < 65 %}*

*Добра*

*{% elif co2 < 1500 %}*

*Задовільна*

*{% else %}*

*Погана*

*{% endif %}*

Цей сенсор класифікує якість повітря на чотири категорії, допомагаючи користувачам приймати рішення про необхідність провітрювання приміщень.

## **3.2 Додавання основних автоматизацій**

### **3.2.1 Автоматизації керування освітленням**

Система керування освітленням включає декілька типів автоматизацій, від простого вмикання світла по руху до складної адаптації параметрів освітлення протягом доби.

Автоматичне вмикання світла по руху є базовою автоматизацією, що суттєво покращує зручність використання системи:

*- alias: "Світло: Увімкнути по руху"*

*trigger:*

*- platform: state*

*entity\_id: binary\_sensor.motion\_living\_room*  
*to: "on"*  
*condition:*  
*- condition: numeric\_state*  
*entity\_id: sensor.living\_room\_illuminance*  
*below: 50*  
*action:*  
*- service: light.turn\_on*  
*target:*  
*entity\_id: light.living\_room*  
*data:*  
*brightness\_pct: 80*  
*transition: 2*

Умова перевірки рівня освітленості запобігає увімкненню світла у денний час, коли природного освітлення достатньо. Параметр *transition* забезпечує плавне збільшення яскравості протягом двох секунд, що створює комфортний візуальний ефект.

Автоматичне вимкнення світла реалізовано з затримкою для запобігання миготіння при короткочасній відсутності руху:

*- alias: "Світло: Вимкнути після відсутності руху"*  
*trigger:*  
*- platform: state*  
*entity\_id: binary\_sensor.motion\_living\_room*  
*to: "off"*  
*for:*  
*minutes: 5*  
*action:*  
*- service: light.turn\_off*  
*target:*  
*entity\_id: light.living\_room*

*data:*

*transition: 3*

П'ятихвилинна затримка є оптимальною для житлових приміщень, забезпечуючи баланс між енергоефективністю та зручністю.

### 3.2.2 Автоматизації клімат-контролю

Система підтримки комфортної температури автоматично регулює опалення на основі показань температурних датчиків:

- *alias: "Клімат: Підтримка комфортної температури"*

*trigger:*

- *platform: numeric\_state*

*entity\_id: sensor.living\_room\_temperature*

*below: 21*

*for:*

*minutes: 10*

*action:*

- *service: climate.set\_temperature*

*target:*

*entity\_id: climate.living\_room\_thermostat*

*data:*

*temperature: 22*

*hvac\_mode: heat*

Десятихвилинна затримка перед активацією опалення запобігає частому перемиканню при короткочасних коливаннях температури, що продовжує термін служби обладнання та економить енергію.

Економний режим при відсутності суттєво зменшує споживання енергії, коли нікого немає вдома:

- *alias: "Клімат: Економний режим при відсутності"*

*trigger:*

- *platform: state*

*entity\_id: binary\_sensor.home\_occupied*  
*to: "off"*  
*for:*  
*hours: 1*  
*action:*  
*- service: climate.set\_temperature*  
*target:*  
*entity\_id: climate.living\_room\_thermostat*  
*data:*  
*temperature: 18*  
*hvac\_mode: heat*  
*- service: notify.telegram*  
*data:*  
*message: "Активовано економний режим опалення"*

Зниження температури до 18°C дозволяє заощадити до 20-25% енергії на опаленні без ризику промерзання приміщень або пошкодження майна.

### 3.2.3 Автоматизації безпеки

Система безпеки включає багаторівневий захист від несанкціонованого доступу та моніторинг критичних подій.

Автоматичне блокування дверей запобігає випадковому залишенню дверей незамкненими:

*- alias: "Безпека: Автоблокування дверей"*  
*trigger:*  
*- platform: state*  
*entity\_id: lock.front\_door*  
*to: "unlocked"*  
*for:*  
*minutes: 5*  
*action:*

- *service: lock.lock*

*target:*

*entity\_id: lock.front\_door*

- *service: notify.telegram*

*data:*

*message: "🔒 Двері автоматично заблоковано"*

П'ятихвилинний інтервал дозволяє користувачам вільно входити та виходити, наприклад, при винесенні сміття або отриманні посилки, без необхідності кожного разу розблоковувати двері.

Сповіщення про відчинення дверей при **відсутності** з фотофіксацією забезпечує швидке виявлення несанкціонованого проникнення:

- *alias: "Безпека: Сповіщення про відчинення дверей"*

*trigger:*

- *platform: state*

*entity\_id: binary\_sensor.front\_door\_contact*

*to: "on"*

*condition:*

- *condition: state*

*entity\_id: binary\_sensor.home\_occupied*

*state: "off"*

*action:*

- *service: notify.telegram*

*data:*

*message: "⚠️ УВАГА! Двері відчинено, коли ви не вдома!"*

- *service: camera.snapshot*

*target:*

*entity\_id: camera.front\_door*

*data:*

```
filename: "/config/www/snapshots/door_{{
now().strftime("%Y%m%d_%H%M%S')}}.jpg"
- service: telegram_bot.send_photo
data:
file: "/config/www/snapshots/door_{{
now().strftime("%Y%m%d_%H%M%S')}}.jpg"
caption: "Фото з камери"
```

Автоматична фотофіксація дозволяє одразу ідентифікувати особу, що відчинила двері, що критично важливо для оперативного реагування на загрозу.

### 3.2.4 Автоматизації енергоефективності

Вимкнення пристроїв у режимі очікування усуває фантомне споживання електроенергії:

```
- alias: "Енергія: Вимкнути пристрої в режимі очікування"
trigger:
- platform: time
at: "02:00:00"
condition:
- condition: state
entity_id: binary_sensor.home_occupied
state: "off"
action:
- service: switch.turn_off
target:
entity_id:
- switch.tv_outlet
- switch.computer_outlet
- switch.kitchen_appliances
```

Нічне вимкнення непотрібних пристроїв при відсутності мешканців дозволяє заощадити до 5-10% електроенергії щомісяця.

Оптимізація використання нічного тарифу для енергоємних пристроїв:

- *alias: "Енергія: Пральна машина - нічний тариф"*

*trigger:*

- *platform: time*

*at: "23:00:00"*

*condition:*

- *condition: state*

*entity\_id: input\_boolean.washing\_machine\_scheduled*

*state: "on"*

*action:*

- *service: switch.turn\_on*

*target:*

*entity\_id: switch.washing\_machine\_outlet*

- *service: notify.mobile\_app*

*data:*

*message: "Пральна машина запущена в період нічного тарифу"*

Використання нічного тарифу (зазвичай з 23:00 до 7:00) дозволяє заощадити до 50% вартості електроенергії для енергоємних побутових приладів.

Щоденний звіт про споживання підвищує усвідомленість користувачів щодо витрат:

- *alias: "Енергія: Щоденний звіт"*

*trigger:*

- *platform: time*


*at: "22:00:00"*

*action:*

- *service: notify.telegram*

*data:*

*message: >*

 *Звіт про споживання за {{ now().strftime('%d.%m.%Y') }}:*

*Електроенергія: {{ states('sensor.daily\_energy') }} кВт·год*

*Вартість: {{ (states('sensor.daily\_energy') | float \* 2.64) | round(2) }}*

*грн*

Регулярні звіти мотивують користувачів до більш раціонального використання електроенергії та дозволяють швидко виявити зміни в патернах споживання.

### 3.2.5 AI-асистент та контекстні автоматизації

Ранкове привітання з персоналізованою інформацією:

- *alias: "AI: Ранкове привітання"*

*trigger:*

- *platform: state*

*entity\_id: binary\_sensor.bedroom\_motion*

*to: "on"*

*condition:*

- *condition: time*

*after: "06:00:00"*

*before: "09:00:00"*

- *condition: template*

*value\_template: "{{ not is\_state('input\_boolean.morning\_greeting\_done', 'on') }}"*

*action:*

- *service: tts.google\_translate\_say*

*target:*

*entity\_id: media\_player.bedroom\_speaker*

*data:*

*message: >*

*Доброго ранку! Сьогодні {{ now().strftime('%d %B') }}.*

*Температура на вулиці {{ states('sensor.outdoor\_temperature') }}*

*градусів.*

*Погода: {{ states('sensor.weather\_condition') }}.*

Голосове привітання робить систему більш персоналізованою та інформує користувача про важливі параметри ще до того, як він дістане телефон.

Контекстне нагадування про вікна при дощі:

*- alias: "AI: Нагадування про вікна при дощі"*

*trigger:*

*- platform: state*

*entity\_id: sensor.weather\_condition*

*to: "rainy"*

*condition:*

*- condition: state*

*entity\_id: binary\_sensor.window\_living\_room*

*state: "on"*

*action:*

*- service: notify.mobile\_app*

*data:*

*message: "🌧️ Почався дощ, а вікно у вітальні відчинене!"*

Такі контекстні нагадування демонструють розуміння системою реальних потреб користувачів та запобігають неприємним ситуаціям.

### 3.2.6 Автоматизації роботи при відключенні електроенергії

Детекція відключення та активація режиму економії:

*- alias: "ІБП: Детекція відключення живлення"*

*trigger:*

*- platform: state*

*entity\_id: binary\_sensor.ups\_online\_status*

*to: "off"*

*action:*

*- service: notify.telegram*

*data:*

*message: >*

 *УВАГА! Відключено електроживлення!*

*Заряд батареї: {{ states('sensor.ups\_battery\_charge') }}%*

*Орієнтовний час роботи: {{ states('sensor.ups\_battery\_runtime') }} хв*

*- service: script.power\_saving\_mode*

Миттєве сповіщення про відключення електроенергії дозволяє користувачам оперативно відреагувати, наприклад, зберегти важливі дані або підготуватися до тривалого відключення.

Відновлення нормального режиму після повернення живлення:

*- alias: "ІБП: Відновлення живлення"*

*trigger:*

*- platform: state*

*entity\_id: binary\_sensor.ups\_online\_status*


*to: "on"*

*action:*

*- service: notify.telegram*

*data:*

*message: >*

 *Живлення відновлено!*

*Тривалість*

*відключення:*

*{{*

*relative\_time(states.binary\_sensor.ups\_online\_status.last\_changed) }}*

*- service: script.restore\_normal\_mode*

Автоматичне відновлення всіх налаштувань після повернення електроенергії забезпечує безперебійну роботу системи без необхідності ручного втручання користувача.

### 3.3 Реалізація інтерфейсу користувача

#### 3.3.1 Архітектура інтерфейсу *Lovelace*

Інтерфейс користувача *Home Assistant* побудовано на основі фреймворку *Lovelace*, який забезпечує гнучку та адаптивну систему візуалізації даних. Конфігурація інтерфейсу здійснюється через файл *ui-lovelace.yaml* у режимі *YAML* для забезпечення повного контролю над структурою та поведінкою компонентів.

Базова структура дашборду організована у вигляді окремих вкладок (*views*), кожна з яких відповідає за специфічну функціональну область системи:

*title: Розумний Будинок*

*views:*

- *title: Головна*

*path: home*

*icon: mdi:home*

- *title: Освітлення*

*path: lighting*

*icon: mdi:lightbulb-group*

- *title: Клімат*

*path: climate*

*icon: mdi:thermostat*

- *title: Безпека*

*path: security*

*icon: mdi:shield-home*

- *title: Енергія*

*path: energy*

*icon: mdi:lightning-bolt*

Така організація забезпечує логічне групування функціональності та полегшує навігацію користувачів між різними підсистемами розумного будинку.

### 3.3.2 Головна сторінка інтерфейсу

Головна сторінка є центральним елементом інтерфейсу, що надає швидкий доступ до найважливішої інформації та елементів керування.

Віджет погоди розміщено у верхній частині сторінки для забезпечення постійної видимості актуальної метеорологічної інформації:

*cards:*

- *type: weather-forecast*

*entity: weather.home*

*show\_forecast: true*

Інтеграція прогнозу погоди дозволяє користувачам планувати свої дії, наприклад, визначати оптимальний час для провітрювання або коригувати режими роботи систем опалення та кондиціонування.

Панель швидкого статусу забезпечує миттєвий доступ до критичних функцій безпеки:

- *type: horizontal-stack*

*cards:*

- *type: button*

*entity: input\_boolean.home\_occupied*

*name: Присутність*

*icon: mdi:home-account*

*tap\_action:*

*action: toggle*

*show\_state: true*

- *type: button*

*entity: input\_boolean.security\_armed*

*name: Сигналізація*

*icon: mdi:shield-check*

*tap\_action:*

*action: toggle*

- *type: button*

*entity: lock.front\_door*

*name: Замок*

*icon: mdi:lock*

*tap\_action:*

*action: toggle*

Горизонтальне розташування кнопок оптимізовано для швидкого доступу як на настільних комп'ютерах, так і на мобільних пристроях. Можливість перемикання стану одним дотиком значно підвищує зручність керування системою в екстрених ситуаціях.

На основі цієї конфігурації сформовано головний екран інтерфейсу, зображено на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Головна сторінка інтерфейсу системи "Розумний будинок"

Панель моніторингу клімату використовує адаптивну сітку для ефективного відображення інформації:

- *type: grid*
  - columns: 2*
  - square: false*
  - cards:*
    - *type: thermostat*
      - entity: climate.living\_room\_thermostat*
      - name: Вітальня*
    - *type: gauge*
      - entity: sensor.living\_room\_humidity*
      - name: Вологість*
      - min: 0*
      - max: 100*
      - needle: true*
      - severity:*
        - green: 40*
        - yellow: 35*
        - red: 0*

Візуалізація термостату дозволяє швидко бачити поточну та цільову температуру, а також змінювати налаштування безпосередньо з головної сторінки. Колірне кодування шкали вологості (зелений - оптимальний рівень, жовтий - низька вологість, червоний - критично низька) надає інтуїтивно зрозумілу індикацію стану повітря.

Панель керування освітленням з підтримкою групового управління:

- *type: entities*
  - title: Освітлення*
  - show\_header\_toggle: true*
  - entities:*
    - *entity: light.living\_room*

*name: Вітальня*  
*secondary\_info: last-changed*  
*- entity: light.bedroom*  
*name: Спальня*  
*- entity: light.kitchen*  
*name: Кухня*

Перемикач у заголовку панелі дозволяє одночасно вмикати або вимикати всі світильники в групі, що особливо зручно при виході з дому. Індикація часу останньої зміни стану допомагає відстежувати активність в приміщеннях.

Віджети енергоспоживання з різними метриками:

*- type: grid*  
*columns: 3*  
*square: false*  
*cards:*  
*- type: sensor*  
*entity: sensor.total\_power\_consumption*  
*name: Зараз*  
*graph: line*  
*detail: 2*  
*- type: sensor*  
*entity: sensor.daily\_energy*  
*name: За день*  
*icon: mdi:lightning-bolt*  
*- type: sensor*  
*entity: sensor.daily\_energy\_cost*  
*name: Вартість*  
*icon: mdi:currency-uah*

Тристовпцева компоновка забезпечує компактне відображення ключових показників енергоспоживання. Графік поточного споживання дозволяє візуально відстежувати зміни навантаження протягом дня.

### 3.3.3 Сторінка керування освітленням

Спеціалізована сторінка освітлення надає розширені можливості керування та налаштування параметрів світла.

Панель швидких дій для групового керування:

- *type: horizontal-stack*

*cards:*

- *type: button*

*name: Bci → Увімкнути*

*icon: mdi:lightbulb-on*

*tap\_action:*

*action: call-service*

*service: light.turn\_on*

*service\_data:*

*entity\_id: group.all\_lights*

*brightness\_pct: 80*

- *type: button*

*name: Bci → Вимкнути*

*icon: mdi:lightbulb-off*

*tap\_action:*

*action: call-service*

*service: light.turn\_off*

*service\_data:*

*entity\_id: group.all\_lights*

Дві кнопки забезпечують швидке керування всім освітленням в будинку, що особливо корисно при виході або поверненні додому.

Детальне керування окремими світильниками:

- *type: light*

*entity: light.living\_room*

*name: Вітальня*

- type: entities

title: Детальне керування - Вітальня

entities:

- entity: light.living\_room

type: custom:slider-entity-row

name: Яскравість

- entity: sensor.living\_room\_illuminance

name: Освітленість

- entity: binary\_sensor.motion\_living\_room

name: Датчик руху

Реалізація інтерфейсу управління освітленням з циркадними режимами зображено на рис. 3.3

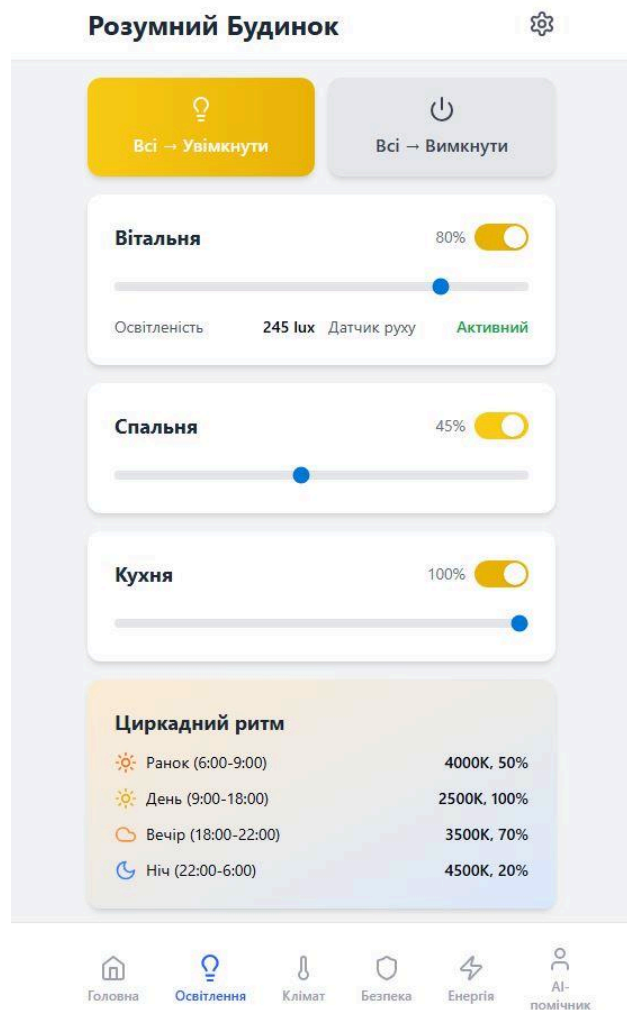


Рис. 3.3. Інтерфейс управління освітленням з циркадними алгоритмами

Карта світла надає інтерактивний інтерфейс для регулювання яскравості та кольорової температури. Додаткова інформація про рівень природного освітлення та стан датчика руху допомагає зрозуміти контекст роботи автоматизацій.

### 3.3.4 Сторінка клімат-контролю

Інтерфейс клімат-контролю організовано для забезпечення повного контролю над системами опалення, вентиляції та моніторингу якості повітря.

Великий віджет термостату є центральним елементом сторінки:

- *type: thermostat*

*entity: climate.living\_room\_thermostat*

Круговий інтерфейс термостату дозволяє інтуїтивно регулювати цільову температуру простим обертанням або свайпом, що імітує взаємодію з фізичними терморегуляторами.

Порівняльний моніторинг температури:

- *type: grid*

*columns: 2*

*square: false*

*cards:*

- *type: sensor*

*entity: sensor.living\_room\_temperature*

*name: Вітальня*

*graph: line*

*detail: 2*

- *type: sensor*

*entity: sensor.bedroom\_temperature*

*name: Спальня*

*graph: line*

*detail: 2*

- *type: sensor*

*entity: sensor.kitchen\_temperature*

*name: Кухня*

*graph: line*

*- type: sensor*

*entity: sensor.outdoor\_temperature*

*name: На вулиці*

*graph: line*

Адаптивна сітка автоматично підлаштовується під розмір екрану, відображаючи два стовпці на широких екранах та один на мобільних пристроях. Міні-графіки дозволяють відстежувати тренди змін температури без переходу на окрему сторінку історії.

Панель контролю вологості:

*- type: entities*

*title: Вологість повітря*

*entities:*

*- entity: sensor.living\_room\_humidity*

*name: Вітальня*

*secondary\_info: last-changed*

*- entity: sensor.bedroom\_humidity*

*name: Спальня*

*- entity: switch.humidifier*

*name: Зволожувач*

*- type: divider*

*- entity: sensor.air\_quality\_status*

*name: Якість повітря*

Інтеграція показників вологості з елементом керування зволожувачем та індикатором якості повітря надає комплексне уявлення про стан мікроклімату.

Історичний графік температури:

*- type: history-graph*

*title: Історія температури (24 год)*

*hours\_to\_show: 24*

*refresh\_interval: 300*

*entities:*

- *entity: sensor.living\_room\_temperature*

*name: Вітальня*

- *entity: sensor.bedroom\_temperature*

*name: Спальня*

- *entity: sensor.outdoor\_temperature*

*name: Вулиця*

Багатолінійний графік дозволяє візуально порівнювати температуру в різних зонах та співвідносити її зі зовнішньою температурою, що допомагає оптимізувати налаштування системи опалення.

Реалізація інтерфейсу клімат-контролю зображено на рис. 3.4.

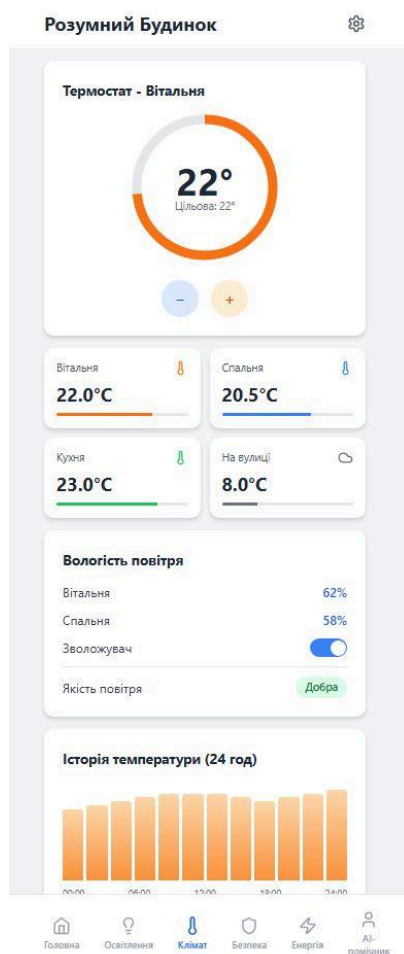


Рис. 3.4. Інтерфейс управління системою клімат-контролю

### 3.3.5 Сторінка безпеки

Інтерфейс безпеки розроблено з урахуванням необхідності швидкого доступу до критичної інформації та елементів керування у надзвичайних ситуаціях.

Панель керування сигналізацією:

- *type: alarm-panel*

*entity: alarm\_control\_panel.home\_security*

*states:*

- *arm\_away*

- *arm\_home*

Спеціалізований віджет сигналізації надає чіткі кнопки для озброєння системи в різних режимах (повна відсутність, присутність вдома) та великий індикатор поточного стану.

Швидкий огляд стану безпеки:

- *type: glance*

*title: Статус безпеки*

*entities:*

- *entity: lock.front\_door*

*name: Замок*

- *entity: binary\_sensor.front\_door\_contact*

*name: Двері*

- *entity: input\_boolean.security\_armed*

*name: Сигналізація*

- *entity: binary\_sensor.motion\_living\_room*

*name: Рух*

Інтерфейс системи безпеки з панеллю сигналізації та оглядом статусу зображено на рис. 3.5.

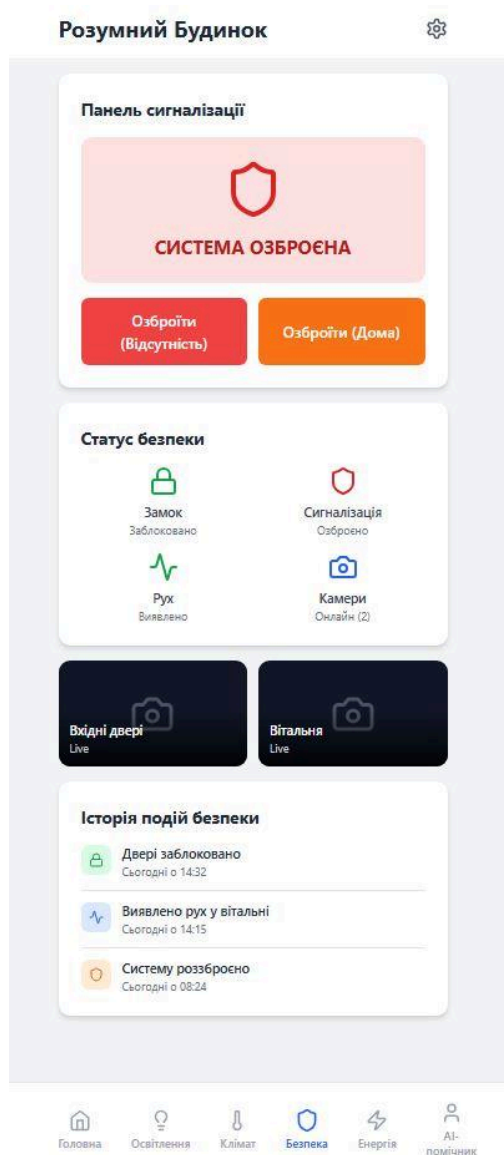


Рис. 3.5. Інтерфейс системи безпеки з панеллю керування та моніторингом

Компактний вигляд *glance* дозволяє одним поглядом оцінити стан всіх критичних елементів безпеки. Колірне кодування (зелений - безпечно, червоний - тривога) забезпечує миттєву візуальну індикацію проблем.

Відеоспостереження:

- *type: grid*

*columns: 2*

*square: false*

*cards:*

- *type: picture-entity*

*entity: camera.front\_door*

*name: Вхідні двері*

*show\_state: true*

*camera\_view: live*

- *type: picture-entity*

*entity: camera.living\_room*

*name: Вітальня*

*show\_state: true*

*camera\_view: live*

*Live*-потоки з камер відображаються безпосередньо в інтерфейсі, дозволяючи швидко оцінити ситуацію без необхідності запускати окремі додатки або переходити на інші сторінки.

Журнал подій безпеки:

- *type: logbook*

*title: Історія подій безпеки*

*hours\_to\_show: 24*

*entities:*

- *lock.front\_door*

- *binary\_sensor.front\_door\_contact*

- *binary\_sensor.motion\_living\_room*

- *alarm\_control\_panel.home\_security*

Хронологічний журнал подій дозволяє відстежувати активність в будинку, що особливо важливо для аналізу інцидентів або підозрілої активності.

### 3.3.6 Адаптивність та оптимізація інтерфейсу

Розроблений інтерфейс повністю адаптивний та оптимізований для різних типів пристроїв.

Мобільна оптимізація досягається через використання гнучких контейнерів:

- Панелі типу *grid* автоматично перебудовуються з двох стовпців на один на екранах менше 768 пікселів
- Кнопки в *horizontal-stack* зменшуються до мінімального розміру при збереженні зручності натискання
- Графіки історії автоматично адаптують щільність даних під розмір екрану

Продуктивність інтерфейсу забезпечується через:

- Обмеження глибини історії графіків (24-168 годин)
- Встановлення інтервалів оновлення (60-300 секунд) для некритичних даних

- Використання *lazy loading* для *live*-потоків камер

Доступність реалізовано через:

- Семантичні іконки *Material Design* для кожного елемента
- Читабельні назви сутностей українською мовою
- Достатні розміри елементів керування (мінімум 44×44 пікселі)
- Високий контраст між текстом та фоном

### 3.3.7 Кастомні компоненти інтерфейсу

Для розширення функціональності стандартного *Lovelace* додано кастомні компоненти через *HACS (Home Assistant Community Store)*:

*lovelace*:

*mode: yaml*

*resources*:

- *url: /hacsfiles/lovelace-mushroom/mushroom.js*

*type: module*

- *url: /hacsfiles/mini-graph-card/mini-graph-card-bundle.js*

*type: module*

*Mushroom Cards* надають сучасний мінімалістичний дизайн з анімаціями та покращеною типографікою. *Mini Graph Card* дозволяє створювати компактні,

але інформативні графіки з багатьма налаштуваннями кольорів, легенд та інтерактивності.

### 3.4. Висновки до розділу

У третьому розділі магістерської роботи представлено детальний опис розробки прототипу системи "Розумний будинок" на базі платформи *Home Assistant*.

Налаштування середовища *Home Assistant* охоплює всі критичні аспекти функціонування системи: базову конфігурацію з правильною локалізацією та часовими параметрами, безпечний мережевий доступ із *SSL*-шифруванням та захистом від брутфорс-атак, ефективну систему збереження даних з використанням *SQL* та *InfluxDB* для різних часових горизонтів, інтеграцію *MQTT* та *Zigbee* пристроїв для бездротової комунікації, багатоканальну систему сповіщень через *Telegram*, мобільний додаток та *TTS*, відеоспостереження з *AI*-детекцією об'єктів.

Створено комплексний набір автоматизацій, що охоплює всі основні підсистеми розумного будинку. Система керування освітленням реалізує автоматичне вмикання по руху з урахуванням рівня природного освітлення, циркадну адаптацію параметрів світла протягом доби, попередньо налаштовані сцени для різних видів активності. Клімат-контроль забезпечує підтримку комфортної температури, економний режим при відсутності мешканців, автоматичне регулювання вологості. Підсистема безпеки включає автоматичне блокування дверей, сповіщення з фотофіксацією при несанкціонованому проникненні, детекцію руху з комплексним реагуванням, режим імітації присутності під час відпустки.

Розроблений інтерфейс користувача *Lovelace* забезпечує інтуїтивне та ефективне керування всіма підсистемами. Головна сторінка надає швидкий доступ до найважливішої інформації та критичних функцій. Спеціалізовані сторінки для кожної підсистеми (освітлення, клімат, безпека, енергія, ІБП)

організовано для максимальної зручності виконання специфічних завдань. Адаптивний дизайн забезпечує однаково зручну роботу на комп'ютерах, планшетах та смартфонах. Візуалізація даних через графіки, індикатори та кольорове кодування надає користувачам комплексне розуміння стану системи.

Розроблений прототип демонструє практичну реалізацію концепцій розумного будинку та підтверджує можливість створення інтегрованої системи автоматизації на базі відкритих технологій з високим рівнем функціональності, безпеки та зручності використання.

## ВИСНОВКИ

У магістерській роботі здійснено комплексне дослідження теоретичних засад та практичних аспектів створення системи автоматизації житлового приміщення за концепцією "Розумний будинок" з інтеграцією модулів *IoT* та *AI*-помічника, що дозволило отримати цілісне науково-практичне рішення актуальної проблеми підвищення рівня комфорту, енергоефективності та безпеки сучасного житлового простору.

Основні результати дослідження:

Проведено системний аналіз концепції *Smart Home* як інтегрованої кіберфізичної екосистеми та визначено вісім фундаментальних принципів її побудови: інтегрованість, автоматизація, інтелектуальність, модульність і масштабованість, енергоефективність, безпека і надійність, дистанційне керування та персоналізація. Доведено, що Інтернет речей є технологічним фундаментом систем *Smart Home*, виявлено шість функціональних рівнів *IoT*-екосистеми та обґрунтовано роль штучного інтелекту у забезпеченні переходу від механічного керування до когнітивного управління з дев'ятьма ключовими напрямками взаємодії *AI*-помічника.

Розроблено багаторівневу архітектуру системи з чотирьох рівнів (сенсорний, контролерний, керуючий, інтерфейсний) та п'ять основних функціональних підсистем: управління освітленням з циркадними алгоритмами, клімат-контроль з прогностичними моделями, безпека з багаторівневим захистом, управління електроспоживанням з моніторингом у реальному часі, мультимедіа з централізованим управлінням. Обґрунтовано вибір апаратних компонентів на базі *Raspberry Pi 4*, *ESP32/ESP8266*, розгалуженої сенсорної мережі та комунікаційної інфраструктури з інтеграцією через протоколи *MQTT*, *HTTP REST API* та *WebSocket*.

Створено повнофункціональний прототип системи на базі платформи *Home Assistant* з комплексним налаштуванням усіх компонентів, включаючи

безпечний мережевий доступ із *SSL*-шифруванням, систему збереження даних з використанням *SQL* та *InfluxDB*, інтеграцію *MQTT* та *Zigbee* пристроїв, багатоканальну систему сповіщень та відеоспостереження з *AI*-детекцією об'єктів. Розроблено понад 30 автоматизацій, що охоплюють всі основні підсистеми, та створено інтуїтивний інтерфейс користувача *Lovelace* з дев'ятьма спеціалізованими сторінками для управління різними аспектами функціонування системи.

Визначено стратегічні напрями розвитку *Smart Home*: перехід до децентралізованої архітектури з локальною обробкою даних, розширення *IoT* з мультипротокольними мережами, інтеграція відновлюваних джерел енергії та формування енергетичних мікромереж, інтеграція у концепцію *Smart City* з обміном даними між міськими сервісами.

Наукова новизна роботи полягає у розробці комплексного підходу до побудови системи "Розумний будинок", що інтегрує сучасні технології *IoT*, штучного інтелекту та енергоефективності в єдину багаторівневу архітектуру з адаптивним управлінням. Запропоновано оригінальну концепцію інтеграції *AI*-помічника з дев'ятьма напрямками взаємодії, що забезпечує перехід від реактивного до проактивного управління житловим простором.

Практична цінність підтверджується створенням повнофункціонального прототипу системи, який демонструє можливість реалізації інтелектуальної автоматизації житла на базі відкритих технологій. Розроблені рішення можуть бути безпосередньо впроваджені у житлових приміщеннях різного призначення, що підтверджується детальною документацією конфігурацій, автоматизацій та інтерфейсу користувача.

Перспективи подальших досліджень включають розширення функціональних можливостей *AI*-помічника з використанням великих мовних моделей, інтеграцію з технологіями розпізнавання емоцій, створення систем предиктивного обслуговування обладнання, розробку енергетичних мікромереж, дослідження етичних аспектів використання *AI* у приватному просторі та стандартизацію протоколів взаємодії.

Результати дослідження створюють теоретичну базу та практичний інструментарій для подальшого розвитку систем інтелектуальної автоматизації житла, що сприятиме підвищенню якості життя, зниженню енергоспоживання та формуванню екологічно відповідального суспільства. Розроблена система демонструє високий потенціал для масштабування та адаптації до різних умов експлуатації, що підтверджує актуальність і перспективність обраного напрямку досліджень у контексті глобальних тенденцій цифровізації побуту та сталого розвитку.

## СПИСОК БІБЛЮГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Положення про кваліфікаційні роботи (проекти) здобувачів вищої освіти Національного авіаційного університету. – Київ : НАУ, 2024. – 62 с.
2. ДСТУ 3008:2015. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. – Чинний від 01.07.2016. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 26 с.
3. *Ali M., et al. The Impact of IoT on Smart Home Energy Management // International Journal of Smart & Community Informatics. – 2023. – Vol. 6, № 2.*
4. *Ansys. Energy Efficient, IoT-Based Smart Home // Technology Trends White Paper. – 2019.*
5. *Apthorpe N., Reisman D., Feamster N. A Smart Home is No Castle: Privacy Vulnerabilities of Encrypted IoT Traffic // arXiv preprint. – 2017.*
6. *Atzori L., Iera A., Morabito G. Internet of Things: A revolutionary approach for future technology // Journal of Big Data. – 2019. – Vol. 6, Art. 132.*
7. *Cvitić I., et al. Analysis of IoT concept applications: Smart Home perspective // ICCST 2021, LNICST 382. – 2021.*
8. *Cvitić I., et al. Smart Homes of the Future: A Comprehensive Review of IoT-Based Home Automation // ICT 2023 Conference Proceedings. – 2023.*
9. *Ding Y., et al. Towards Energy Efficient Home Automation: A Deep Learning Approach // Applied Energy. – 2020. – Vol. 258.*
10. *Earle L., et al. Electric Energy Management in the Smart Home. – NREL/JA-5500-57586. – 2013.*
11. *Elhabibi M., et al. Smart Home System: A comprehensive review // Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing. – 2022.*
12. *Green K., Patel R. Smart Home Security: Review of Smart Home Security Using the Internet of Things // Electronics. – 2024. – Vol. 13, Art. 3343.*
13. *Gubbi J., Buyya R., Marusic S., Palaniswami M. Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions // Future Generation Computer Systems. – 2013. – Vol. 29, № 7.*

14. *IEEE Xplore. IoT-Based Smart Home Automation Systems – Special Issue.* – 2023.
15. *Jamiyeola J. Smart Home Automation System using IoT // SSRN Working Paper.* – 2023.
16. *Jantz-Sell T., Daken A., Clinger J., Keeley-LeClaire T. Bundling energy savings with consumer interest in smart homes // US Environmental Protection Agency Report.* – 2019.
17. *Journal of Smart Energy (Elsevier).* – 2021-present. – Vol. 1, № 1 (видання).
18. *Kaur G., Singh S. Security Issues in Smart Home: Survey // International Journal of Advanced Research in Computer Science.* – 2018. – Vol. 9, № 2.
19. *Klosterman C. How Home Automation Is Revolutionizing Energy Efficiency for Homeowners // Better Homes & Gardens.* – 2024.
20. *Lee S., Yoo T. Efficient Connectivity in Smart Homes: Enhancing Living Comfort // Sensors.* – 2024. – Vol. 24, № 9, Art. 2761.
21. *Leong Y. Rock, Parveen T. Farzana, Wai Chung Yeong. Usage and impact of the internet-of-things-based Smart Home Technology (IoT-SHT): a quality-of-life perspective // Human-Centered Computing & Information Sciences.* – 2022. – Vol. 12, Article 91.
22. *Magara F. Internet of Things (IoT) of Smart Homes: Privacy and Security // Security and Communication Networks.* – 2024. – Art. 7716956.
23. *Magara F. IoT of smart homes: Privacy and Security (Wiley).* – 2024.
24. *Mohammad H., et al. Smart Home Systems: Architecture, Technologies and Application // International Journal of Computer Science & Network Security.* – 2016. – Vol. 16, № 4.
25. *Mohammadi M., et al. A review: Secure Internet of Things system for Smart Houses // Procedia Computer Science.* – 2022. – Vol. 196.
26. *National Renewable Energy Laboratory (NREL). Smart Home Energy Management: Use Cases and Savings.* – 2022.

27. Nguyen T., et al. *Smart Home Automation: Challenges, Protocols and Future Trends // Sensors*. – 2021. – Vol. 21, Art. 3467.
28. Nwosu D., et al. *The digital harms of smart home devices: A systematic literature review // Computers in Human Behavior*. – 2023. – Vol. 149, Art. 107011.
29. Paetz A-G., Dütschke E., Fichtner W. *Smart Homes as a Means to Sustainable Energy Consumption: A Study of Consumer Perceptions // Journal of Consumer Policy*. – 2012. – Vol. 35, № 1.
30. Paetz A-G., Dütschke E., Fichtner W. *Smart Homes as a means to sustainable energy consumption*. – Springer. – 2011.
31. Rohracher H. *Smart Homes and Energy Efficiency – Constructive Technology Assessment of ICT Use in Sustainable Buildings // Proceedings of ACEEE Summer Study*. – 2002.
32. Roman R., Zhou J., Lopez J. *On the features and challenges of security and privacy in distributed Internet of Things // Computers & Electrical Engineering*. – 2013. – Vol. 39, № 4.
33. Smith J., Brown L. *Smart Home Automation: Energy Efficiency and Sustainability // Renewable & Sustainable Energy Reviews*. – 2022. – Vol. 156.
34. U.S. Department of Energy. *Smart Home Energy Management Systems (SHEMS) Program Specification*. – 2020.
35. UKpene P., Apaokueze T. N. *The Impact of Smart Home Technologies on Energy Efficiency, Cost Savings, and Environmental Benefits // Journal of Engineering, Energy & Technology*. – 2024. – Vol. 8.
36. Zhang L., et al. *Optimizing energy efficiency and comfort in smart homes through dynamic predictive optimisation // Energy & Built Environment*. – 2024. – Vol. 5, № 1.
37. Zhou W., Jia Y., Yao Y., Zhu L., Guan L., Mao Y., Zhang Y. *Discovering and Understanding the Security Hazards in the Interactions between IoT Devices, Mobile Apps, and Clouds on Smart Home Platforms // arXiv preprint*. – 2018.
38. Zipperer A., Aloise-Young P. A., Suryanarayanan S., Zimmerle D., Roche R., Earle L., Christensen D., Bauleo P. *Electric energy management in the smart*

*home: perspectives on enabling technologies and consumer behavior // US DOE/NREL Report.* – 2013.

39. Білан А.В., Шевченко О.І. Клімат-контроль у житлових приміщеннях з елементами штучного інтелекту // Проблеми екологічної безпеки. – 2022. – № 17.

40. Бондаренко Ю.В., Захарчук Г.О. Інтернет речей у побутовій автоматизації: виклики та рішення // Системи управління та енергетика. – 2021. – № 2.

41. Воронцов М.С., Гончарук І.В. Роль блокчейн-технологій у розподілених системах управління енергією *Smart Home* // Технології розподілених систем. – 2024. – № 1.

42. Гнатюк В.В., Драч Ю.М. Перспективи розвитку автономних систем енергозабезпечення в “розумному будинку” // Енергетика та водопостачання. – 2023. – № 6.

43. Иванов І.Й., Петренко О.П. Інтелектуальні системи домашньої автоматизації: сучасний стан та перспективи // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. – 2023. – № 971.

44. Коваль І.М., Лисенко П.С. Енергоменеджмент у системах *Smart Home*: алгоритмічні аспекти // Енергетика: технології та управління. – 2023. – № 4.

45. Литвин В.М., Ткаченко І.В. Інформаційна безпека розумних житлових систем // Кібербезпека. – 2022. – № 2.

46. Мельник С.О., Савчук О.В. Інтеграція *Smart Home* у концепцію розумного міста: міжнародний досвід // Міське господарство та будівництво. – 2024. – № 1.

47. Панасюк Р.П., Яремчук М.О. Моніторинг енергоспоживання житлових приміщень за допомогою *IoT*-пристроїв // Енергетика: наука, технологія, менеджмент. – 2023. – № 5.

48. Петренко Ю.Ф. Автоматизація підсистем безпеки житла з використанням *IoT*-технологій // Системи безпеки. – 2021. – № 8.

49. Сидоренко М.П., Коваль О.В. Архітектура систем «Розумний будинок» з інтеграцією *IoT*-модулів // Енергетика і екологія. – 2022. – № 3.
50. Соколов Д.В., Мороз П.С. Голосове керування у системах *Smart Home*: стан та тенденції // Електроніка та інформаційні технології. – 2023. – № 9.
51. Федоренко О.В. Безпека кіберфізичних систем у житлових приміщеннях // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2022. – № 45.
52. Черниш О.В., Савченко Н.М. Адаптивні сценарії керування житловим приміщенням з використанням *AI*-помічника // Автоматизація та управління. – 2024. – № 2.

*Automations.yaml*

## # 1. ОСВІТЛЕННЯ

- *alias: "Світло: Увімкнути по руху"*

*trigger:*

- *platform: state*

*entity\_id: binary\_sensor.motion\_living\_room*

*to: "on"*

*condition:*

- *condition: numeric\_state*

*entity\_id: sensor.living\_room\_illuminance*

*below: 50*

*action:*

- *service: light.turn\_on*

*target:*

*entity\_id: light.living\_room*

*data:*

*brightness\_pct: 80*

- *alias: "Світло: Циркадний ритм"*

*trigger:*

- *platform: time\_pattern*

*minutes: "/30"*

*action:*

- *service: light.turn\_on*

*target:*

*entity\_id: light.living\_room*

*data:*

*brightness\_pct: >*

```
        {% if now().hour >= 9 and now().hour < 18 %}100{% else %}50{%  
endif%}
```

## # 2. КЛИМАТ-КОНТРОЛЬ

- *alias: "Клімат: Підтримка температури"*

*trigger:*

- *platform: numeric\_state*

*entity\_id: sensor.living\_room\_temperature*

*below: 21*

*action:*

- *service: climate.set\_temperature*

*target:*

*entity\_id: climate.living\_room\_thermostat*

*data:*

*temperature: 22*

- *alias: "Клімат: Економний режим"*

*trigger:*

- *platform: state*

*entity\_id: binary\_sensor.home\_occupied*

*to: "off"*

*for:*

*hours: 1*

*action:*

- *service: climate.set\_temperature*

*target:*

*entity\_id: climate.living\_room\_thermostat*

*data:*

*temperature: 18*

### # 3. БЕЗПЕКА

- *alias: "Безпека: Автоблокування дверей"*

*trigger:*

- *platform: state*

*entity\_id: lock.front\_door*

*to: "unlocked"*

*for:*

*minutes: 5*

*action:*

- *service: lock.lock*

*target:*

*entity\_id: lock.front\_door*

- *service: notify.telegram*

*data:*

*message: "🔒 Двері заблоковано"*

- *alias: "Безпека: Детекція руху"*

*trigger:*

- *platform: state*

*entity\_id: binary\_sensor.motion\_living\_room*

*to: "on"*

*condition:*

- *condition: state*

*entity\_id: input\_boolean.security\_armed*

*state: "on"*

*action:*

- *service: notify.telegram*

*data:*

*message: "⚠️ Виявлено рух!"*

- *service: camera.snapshot*  
*target:*  
*entity\_id: camera.front\_door*

#### # 4. ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ

- *alias: "Енергія: Вимкнуту standby"*

*trigger:*

- *platform: time*  
*at: "02:00:00"*

*action:*

- *service: switch.turn\_off*

*target:*

*entity\_id:*

- *switch.tv\_outlet*  
- *switch.computer\_outlet*

- *alias: "Енергія: Нічний тариф"*

*trigger:*

- *platform: time*  
*at: "23:00:00"*

*condition:*

- *condition: state*

*entity\_id: input\_boolean.washing\_machine\_scheduled*  
*state: "on"*

*action:*

- *service: switch.turn\_on*

*target:*

*entity\_id: switch.washing\_machine\_outlet*

#### # 5. АІ-ПОМІЧНИК

- alias: "AI: Ранкове привітання"

trigger:

- platform: state

entity\_id: binary\_sensor.bedroom\_motion

to: "on"

condition:

- condition: time

after: "06:00:00"

before: "09:00:00"

action:

- service: tts.google\_translate\_say

target:

entity\_id: media\_player.bedroom\_speaker

data:

message: "Доброго ранку! Температура {{

states('sensor.outdoor\_temperature')}}°C"

## # 6. РЕЗЕРВНЕ ЖИВЛЕННЯ

- alias: "ІБП: Відключення живлення"

trigger:

- platform: state

entity\_id: binary\_sensor.ups\_online\_status

to: "off"

action:

- service: notify.telegram

data:

message: "🔴 Відключено електроживлення! Заряд: {{

states('sensor.ups\_battery\_charge')}}%"

- service: script.power\_saving\_mode

- *alias: "ІБП: Відновлення"*

*trigger:*

- *platform: state*


*entity\_id: binary\_sensor.ups\_online\_status*

*to: "on"*

*action:*

- *service: notify.telegram*

*data:*

*message: "  Живлення відновлено"*

*configuration.yaml**homeassistant:*

*name: Розумний Будинок*  
*latitude: !secret latitude*  
*longitude: !secret longitude*  
*unit\_system: metric*  
*time\_zone: Europe/Kyiv*  
*language: uk*

*http:*

*server\_port: 8123*  
*ssl\_certificate: !secret ssl\_certificate*  
*ssl\_key: !secret ssl\_key*

*recorder:*

*purge\_keep\_days: 7*

*mqtt:*

*broker: localhost*  
*username: !secret mqtt\_user*  
*password: !secret mqtt\_password*

*telegram\_bot:*

*- platform: polling*  
*api\_key: !secret telegram\_bot\_token*

*notify:*

*- platform: telegram*

*chat\_id: !secret telegram\_chat\_id*

*tts:*

*- platform: google\_translate*

*language: 'uk'*

*climate:*

*- platform: generic\_thermostat*

*name: Living Room Thermostat*

*heater: switch.heater\_living\_room*

*target\_sensor: sensor.living\_room\_temperature*

*target\_temp: 22*

*camera:*

*- platform: generic*

*name: Front Door Camera*

*stream\_source: rtsp://192.168.1.20:554/stream1*

*sensor:*

*- platform: template*

*sensors:*

*total\_power\_consumption:*

*friendly\_name: "Споживання"*

*unit\_of\_measurement: "W"*

*value\_template: >-*

*{{ (states('sensor.outlet\_1\_power') | float(0) +  
states('sensor.outlet\_2\_power') | float(0)) | round(2) }}*

*input\_boolean:*

*security\_armed:*

*name: Сигналізація*

*washing\_machine\_scheduled:*

*name: Відкладений старт*

*script:*

*power\_saving\_mode:*

*sequence:*

*- service: switch.turn\_off*

*target:*

*entity\_id: switch.tv\_outlet*

*- service: light.turn\_on*

*target:*

*entity\_id: light.all\_lights*

*data:*

*brightness\_pct: 20*

*ui-lovelace.yaml*

*title: Розумний Будинок*

*views:*

*- title: Головна*

*cards:*

*- type: weather-forecast*

*entity: weather.home*

*- type: entities*

*title: Швидкий доступ*

*entities:*

*- input\_boolean.security\_armed*

*- lock.front\_door*

*- light.living\_room*

*- climate.living\_room\_thermostat*

*- title: Освітлення*

*cards:*

*- type: light*

*entity: light.living\_room*

*- type: entities*

*entities:*

*- automation.lighting\_motion\_light\_on*

*- automation.lighting\_circadian\_rhythm*

*- title: Клімат*

*cards:*

- type: thermostat  
entity: climate.living\_room\_thermostat

- type: entities  
entities:  
- sensor.living\_room\_temperature  
- sensor.living\_room\_humidity

- title: Безпека  
cards:  
- type: entities  
entities:  
- lock.front\_door  
- binary\_sensor.motion\_living\_room

- type: picture-entity  
entity: camera.front\_door  
camera\_view: live

- title: Енергія  
cards:  
- type: gauge  
entity: sensor.total\_power\_consumption  
max: 5000

- type: entities  
entities:  
- switch.outlet\_tv  
- switch.outlet\_computer

- *title: IBT*

*cards:*

- *type: gauge*

*entity: sensor.ups\_battery\_charge*

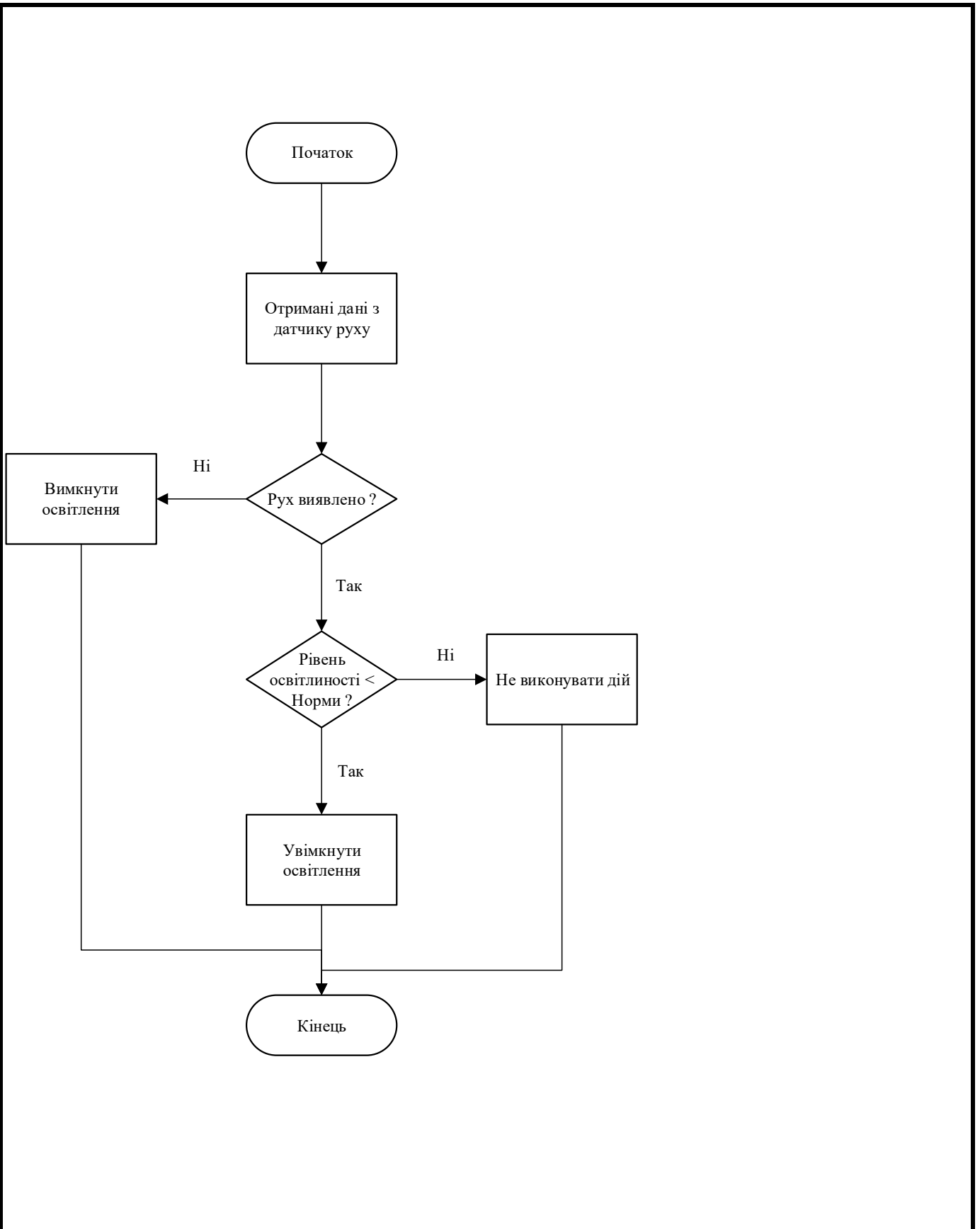
*max: 100*

- *type: entities*

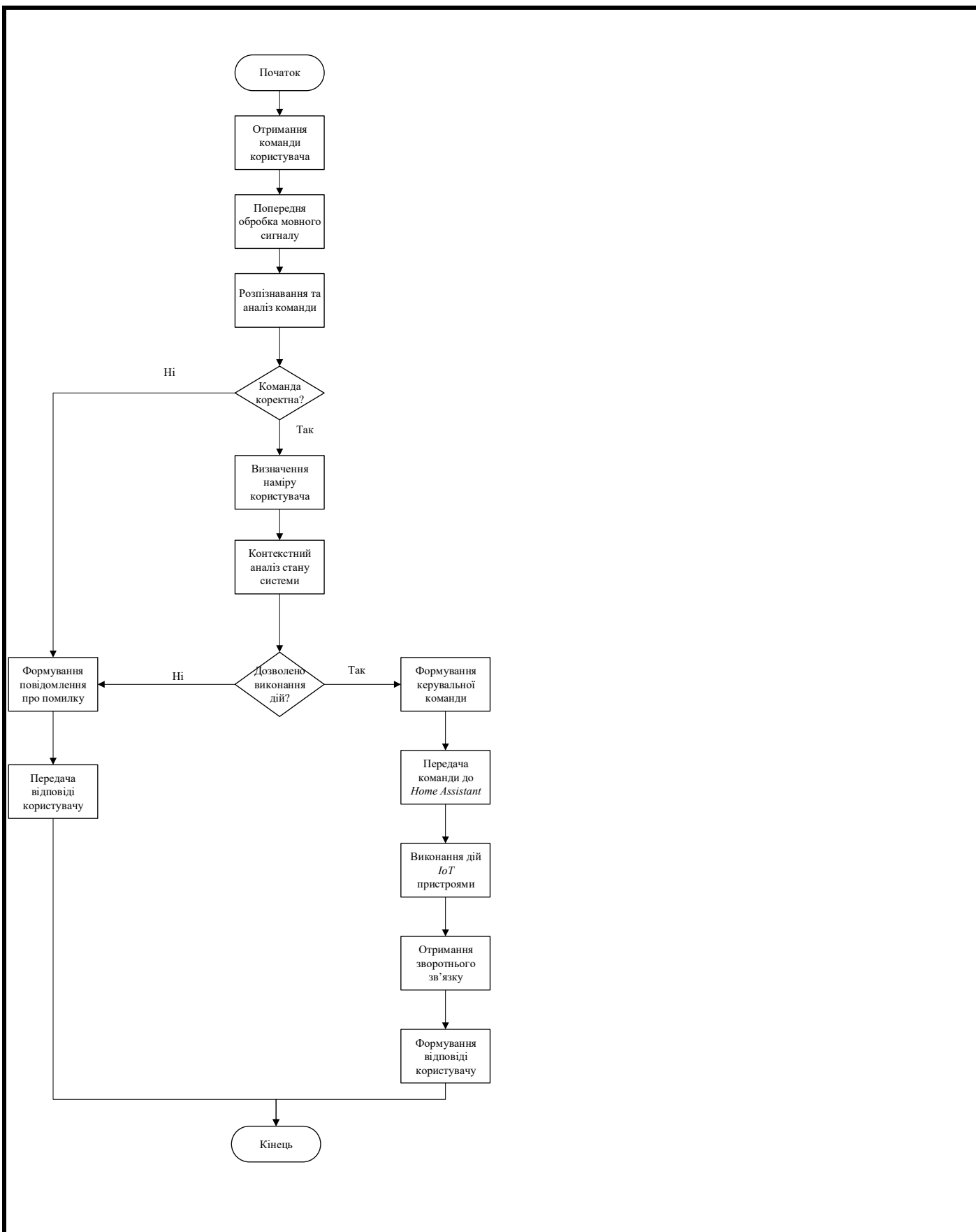
*entities:*

- *binary\_sensor.ups\_online\_status*

- *sensor.ups\_battery\_runtime*



					<i>KAI 25 01 11 001 ПМ</i>				
					<b>Блок-схема алгоритму Автоматизації освітлення</b>		<i>Літера</i>	<i>Маса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			Д		
<i>Виконав</i>		<i>Голубов В.Р.</i>							
<i>Керівник</i>		<i>Апенько Н.В.</i>							
<i>Консульт.</i>									
<i>Н. контроль</i>		<i>Тупота Є.В.</i>							
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечипорук О.П.</i>							
							<i>Лист 1</i>		
							<i>Листів 1</i>		
					<b>M-126-24-1-IT</b>				



<b>Зм.</b>	<b>Лист</b>	<b>№ документа</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>
<b>Виконав</b>		Голубов В.Р.		
<b>Керівник</b>		Апенько Н.В.		
<b>Консульт.</b>				
<b>Н. контроль</b>		Тупота Є.В.		
<b>Зав. каф.</b>		Нечипорук О.П.		

<b>КАІ 25 01 11 002 ПМ</b>				
<b>Блок-схема алгоритму взаємодії AI-помічника з системою Smart Home</b>		<b>Літера</b>	<b>Маса</b>	<b>Масштаб</b>
		Д		
		<b>Лист 1</b>	<b>Листів 1</b>	
		<b>M-126-24-1-IT</b>		



