

Міністерство освіти і науки України  
Криворізький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття ступеню вищої освіти – магістр  
за освітньо-професійною програмою  
*«Кіберфізичні системи в промисловості, бізнесі та транспорті»*

зі спеціальності

*174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка*

тема роботи:

*«Автоматизація процесів розумного будинку з розробкою системи відслідковування сну мешканців»*

Виконав ст. гр. АКІТР-23-2м. \_\_\_\_\_ Гриценко І.С.

Керівник \_\_\_\_\_ Тиханський М.П.

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ Маринич І. А.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Рубан С. А.

# КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Факультет:** інформаційних технологій

**Кафедра:** автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

**Ступінь вищої освіти:** Магістр

**Спеціальність:** 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри: к.т.н. Рубан С.А.

« 5 » липня 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

### на кваліфікаційну роботу магістра

студентові групи АКІТР-23-1м. Гриценку Івану Сергійовичу

**1. Тема кваліфікаційної роботи:** «Автоматизація процесів розумного будинку з розробкою системи відслідковування сну мешканців»

затверджено наказом по університету № 595с від 04.07.2024 р.

**2. Термін здачі кваліфікаційної роботи:** 01.12.2024 р.

**3. Склад кваліфікаційної роботи:** Пояснювальна записка обсягом 99с., додатки, презентація у Microsoft PowerPoint (22 слайдів) в електронному та друкованому вигляді

**4. Консультанти кваліфікаційної роботи:**

Розділ 1-3

доц. Тиханський М.П.

**5. Календарний план:**

№	Етапи роботи	Термін виконання
1	<i>Вступ</i>	<i>10.07.24</i>
2	<i>Розділ 1</i>	<i>15.07.24</i>
3	<i>Розділ 2</i>	<i>18.08.24</i>
4	<i>Розділ 3</i>	<i>19.09.24</i>
5	<i>Висновки</i>	<i>15.10.24</i>
6	<i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>	<i>20.11.24</i>
7	<i>Підготовка презентації та графічного матеріалу</i>	<i>28.11.24</i>
8	<i>Підготовка доповіді до захисту</i>	<i>01.12.24</i>

**6. Дата видачі завдання: 28.06.2024р.**

Керівник \_\_\_\_\_ /Тиханський М.П./

**7. Запевнення:** Я, Гриценко Іван Сергійович, запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про академічну доброчесність Криворізького національного університету ознайомлений.

Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі умисних порушень робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Здобувач \_\_\_\_\_ / Гриценко І.С./

## АНОТАЦІЯ

Гриценко І.С. Автоматизація процесів розумного будинку з розробкою системи відслідковування сну мешканців.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеню вищої освіти магістр за освітньо-професійною програмою “Кіберфізичні системи в промисловості, бізнесі та транспорті” зі спеціальності 174 – Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка. – Криворізький національний університет, Кривий Ріг, 2024

Об’єктом дослідження є система розумного будинку, яка включає функціонал відслідковування сну мешканців для автоматичного налаштування умов проживання.

Метою роботи є розробка інтегрованої системи для автоматизації процесів розумного будинку з урахуванням стану сну мешканців, що дозволяє підвищити комфорт і ефективність енергоспоживання.

Методами дослідження є аналіз існуючих рішень у сфері автоматизації розумних будинків та технологій моніторингу сну, моделювання процесів інтеграції компонентів у систему через використання Home Assistant, IoT-сенсорів і кіберфізичних систем. Для реалізації використано програмні засоби: TypeScript, React Native та апаратні модулі з функціями відслідковування фізіологічних параметрів (наприклад, смарт-годинники).

В результаті розроблено та протестовано систему, яка здійснює моніторинг фаз сну мешканців, регулює параметри кімнати (температуру, вологість, освітлення) та надає користувачеві можливість ручного налаштування через мобільний додаток. Система демонструє високий рівень інтеграції між пристроями та ефективність у покращенні умов проживання.

РОЗУМНИЙ БУДИНОК, АВТОМАТИЗАЦІЯ, МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК, СОН, КІБЕРФІЗИЧНІ СИСТЕМИ, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, HOME ASSISTANT, СЕНСОРИ, КОМФОРТ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

## ANNOTATION

Hrytsenko I.S. Automation of Smart Home Processes with the Development of a Sleep Monitoring System for Residents.

Qualification work for obtaining a master's degree in the educational and professional program "Cyber-Physical Systems in Industry, Business, and Transport" in specialty 174 – Automation, Computer-Integrated Technologies, and Robotics. – Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, 2024.

The object of the study is a smart home system that includes functionality for monitoring residents' sleep to automatically adjust living conditions.

The aim of the work is to develop an integrated system for automating smart home processes, considering the residents' sleep state, to enhance comfort and energy efficiency.

The research methods include analyzing existing solutions in the field of smart home automation and sleep monitoring technologies, modeling the integration processes of components into the system using Home Assistant, IoT sensors, and cyber-physical systems. The implementation utilizes software tools such as TypeScript, React Native, and hardware modules capable of tracking physiological parameters (e.g., smartwatches).

As a result, a system was developed and tested that monitors residents' sleep phases, adjusts room parameters (temperature, humidity, lighting), and provides users with the ability to manually configure settings through a mobile application. The system demonstrates a high level of device integration and efficiency in improving living conditions.

SMART HOME, AUTOMATION, MOBILE APPLICATION, SLEEP, CYBER-PHYSICAL SYSTEMS, INTERNET OF THINGS, HOME ASSISTANT, SENSORS, COMFORT, ENERGY EFFICIENCY.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗУМНИХ БУДИНКІВ ТА СИСТЕМ ВІДСЛІДКОВУВАННЯ СНУ.....	11
1.1. Автоматизація розумних будинків: сучасні концепції та підходи.....	11
1.2. Технології та методи відслідковування сну.....	14
1.3. Використання сенсорних технологій в розумному будинку для оптимізації сну.....	18
1.4. Аналітичний огляд сучасних проблем впровадження автоматизованих систем в Україні.....	21
1.5. Світовий досвід впровадження систем автоматизації розумних будинків та моніторингу сну.....	23
Висновки до першого розділу.....	25
РОЗДІЛ 2. ІДЕНТИФІКАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА СИНТЕЗ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ.....	27
2.1 Ідентифікація об'єкта моделювання.....	27
2.2 Отримання результатів моделювання.....	30
2.3 Використання результатів моделювання для проектування і керування.....	45
2.4 Оцінка точності, вірогідності та адекватності моделі.....	52
Висновки до розділу.....	55
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ.....	57
1.1 Технологічна реалізація системи автоматичного керування параметрами мікроклімату кімнати на основі біометричних даних користувача.....	57
1.2 Технології для побудови мобільного додатку.....	59
1.3 Алгоритм роботи системи автоматичного керування мікрокліматом на основі біометричних даних користувача.....	62
1.4 Функціональна схема системи автоматичного налаштування параметрів кімнати на основі даних зі смарт-годинників.....	64

1.5 Алгоритм роботи системи автоматичного налаштування параметрів кімнати на основі фаз сну користувача .....	68
1.6 Опис роботи розробленого мобільного додатку .....	73
Висновки до розділу .....	90
ВИСНОВКИ .....	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	97

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

IoT (Internet of Things) – Інтернет речей.

Home Assistant – програмне забезпечення для управління розумним будинком.

КФС – кіберфізичні системи.

TS (TypeScript) – мова програмування високого рівня.

React Native – фреймворк для розробки мобільних додатків.

API (Application Programming Interface) – інтерфейс програмування застосунків.

UI (User Interface) – користувацький інтерфейс.

UX (User Experience) – користувацький досвід.

LED (Light Emitting Diode) – світлодіод.

BPM (Beats Per Minute) – удари на хвилину (частота серцевих скорочень).

JSON (JavaScript Object Notation) – формат обміну даними.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) – протокол обміну повідомленнями для IoT.

Wi-Fi (Wireless Fidelity) – бездротова мережа для передачі даних.

BLE (Bluetooth Low Energy) – низькоенергетичний Bluetooth.

REM (Rapid Eye Movement) – фаза швидкого руху очей у сні, пов'язана з активною роботою мозку.

NREM (Non-Rapid Eye Movement) – фаза сну без швидкого руху очей, поділяється на легкий і глибокий сон.

SWS (Slow-Wave Sleep) – повільно-хвильовий сон, найглибша фаза NREM.



## ВСТУП

В умовах стрімкого розвитку сучасних технологій концепція розумного будинку стає все більш актуальною, формуючи нові стандарти комфорту, енергоефективності та безпеки. Інтелектуальні системи керування не лише забезпечують автоматизацію багатьох побутових процесів, але й сприяють підвищенню якості життя мешканців.

Актуальність цієї теми підтверджується зростаючим інтересом до технологій, що забезпечують комфортне й безпечне проживання. Сон є критично важливим елементом людського життя, який безпосередньо впливає на фізичний та психічний стан. Завдяки новітнім розробкам у сфері Інтернету речей (IoT), кіберфізичних систем і хмарних технологій, з'являється можливість створювати автоматизовані рішення для відстеження та покращення якості сну, що має практичне значення для мешканців розумних будинків.

Огляд літератури показав, що хоча концепції розумних будинків та автоматизації різних процесів активно розробляються, тема моніторингу сну для мешканців висвітлена частково. Існують численні дослідження, присвячені питанням автоматизації контролю за навколишніми параметрами житлових приміщень, такими як температура, освітлення та вентиляція. Проте інтеграція систем моніторингу сну з цими процесами для створення індивідуалізованих рекомендацій потребує подальшого дослідження. Наприклад, роботи вчених у галузі Індустрії 4.0 та IoT підтверджують перспективність цього напрямку, але питання синхронізації різних компонентів, таких як сенсори сну, алгоритми обробки даних та системи автоматизації оточуючого середовища, залишаються недостатньо дослідженими.

Мета дослідження полягає у розробці та впровадженні автоматизованої системи моніторингу сну для мешканців розумного будинку з метою підвищення комфорту, збереження здоров'я та оптимізації параметрів навколишнього середовища.

Завдання дослідження включають:

1. Аналіз існуючих рішень у сфері автоматизації процесів розумного будинку та моніторингу фізіологічних параметрів під час сну.
2. Розробка концепції інтеграції сенсорів сну зі смартсистемами будинку.
3. Створення алгоритму для аналізу даних про сон та розробка індивідуальних рекомендацій на основі отриманих даних.
4. Тестування системи в реальних умовах та оцінка її ефективності.

Об'єкт дослідження – автоматизовані процеси в розумному будинку.

Предмет дослідження – система моніторингу сну, яка інтегрується в автоматизовані процеси управління параметрами навколишнього середовища в розумному будинку.

Практична значимість роботи полягає в тому, що розроблена система може бути використана для підвищення якості життя мешканців розумних будинків, забезпечуючи індивідуалізовані рекомендації щодо покращення сну. Отримані результати можуть бути застосовані як в індивідуальних домогосподарствах, так і в комерційних та медичних установах, де важливий контроль за якістю сну клієнтів чи пацієнтів.

Таким чином, розробка та впровадження системи моніторингу сну в рамках розумного будинку є не лише інноваційним технічним рішенням, але й важливим кроком до побудови екологічно стійкого та здорового способу життя. Інтеграція сучасних технологій автоматизації в побут дозволяє мешканцям значно поліпшити умови проживання, підвищити продуктивність, а також покращити фізичний і психічний стан завдяки якісному сну.

## **РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗУМНИХ БУДИНКІВ ТА СИСТЕМ ВІДСЛІДКОВУВАННЯ СНУ**

### **1.1 Автоматизація розумних будинків: сучасні концепції та підходи**

Технологічний прогрес у сфері автоматизації житлових приміщень значно вплинув на комфорт та ефективність управління домашніми процесами. Одним із ключових напрямів цієї галузі є створення розумних будинків, які об'єднують різноманітні технології для забезпечення зручного та безпечного середовища для мешканців. Розумні будинки використовують інтегровані системи керування, що включають Інтернет речей (IoT), кіберфізичні системи (CPS), штучний інтелект (ШІ) та інші технології, які дозволяють автоматизувати безліч щоденних процесів. У контексті цього дослідження особливу увагу приділено автоматизації процесів відслідковування сну мешканців, що є важливим аспектом підтримки здоров'я та якості життя.

Сучасні системи автоматизації розумних будинків включають різноманітні елементи керування житловим середовищем. Основними аспектами таких систем є управління освітленням, температурою, вентиляцією, а також безпекою та побутовими пристроями. Метою автоматизації є підвищення енергоефективності, безпеки та загального комфорту для мешканців.

Інтеграція різних систем в єдину екосистему дозволяє досягти максимальної зручності. Завдяки технологіям IoT пристрої можуть взаємодіяти між собою, збираючи дані через сенсори і передаючи їх для аналізу на центральні сервери або хмарні платформи. Це забезпечує автоматичну адаптацію житлового середовища до потреб мешканців, зокрема через налаштування освітлення, температури та інших параметрів залежно від часу доби або присутності людей у приміщенні.

Інтернет речей є основою автоматизації сучасного розумного будинку. Використання сенсорів, контролерів та мережевих пристроїв дозволяє створити інтерактивне середовище, де системи не лише реагують на команди мешканців, але й прогнозують їхні потреби. Наприклад, дані від сенсорів можуть автоматично коригувати роботу побутових приладів, таких як системи опалення або кондиціонування повітря, відповідно до змін у приміщенні.

У контексті розробки системи відслідковування сну IoT забезпечує можливість безперервного моніторингу фізіологічних параметрів мешканців. Це дозволяє автоматизованій системі аналізувати якість сну та змінювати параметри навколишнього середовища (температуру, рівень шуму, освітлення) для створення оптимальних умов для відпочинку.

Кіберфізичні системи поєднують у собі фізичні компоненти розумного будинку (сенсори, контролери) з їх цифровими аналогами, що дозволяє створювати інтерактивне середовище для автоматизованого управління домашніми процесами. CPS забезпечують постійний зв'язок між фізичними параметрами будинку та алгоритмами керування, що дозволяє будинку «адаптуватися» до змін у зовнішньому середовищі та внутрішніх умовах [1].

Кіберфізичні системи можуть бути використані для вдосконалення моніторингу сну мешканців. Вони дозволяють створювати більш комплексні рішення, що враховують не лише фізіологічні дані, а й зовнішні фактори, такі як рівень шуму або температура у приміщенні. Це дозволяє забезпечити мешканцям більш якісні умови для сну та відпочинку.

Штучний інтелект та машинне навчання є важливими елементами для покращення функціонування розумних будинків. Алгоритми ШІ здатні аналізувати великі обсяги даних від сенсорів і приймати рішення щодо налаштувань домашніх систем без втручання мешканців. У випадку з системами відслідковування сну, ШІ

може аналізувати дані про якість сну і пропонувати рішення для його покращення, автоматично налаштовуючи освітлення, температуру або рівень звуків у приміщенні.

Завдяки алгоритмам машинного навчання система може навчатися на основі індивідуальних характеристик мешканців і адаптувати свої дії відповідно до їхніх потреб. Це дозволяє забезпечити індивідуальний підхід до кожного користувача, що є важливою складовою комфортного і безпечного середовища для сну.

Одним із ключових напрямів дослідження є інтеграція технологій для моніторингу сну у розумні будинки. Відслідковування сну є важливим аспектом здорового способу життя, і сучасні технології дозволяють автоматизувати цей процес. Різноманітні сенсори, встановлені у спальній кімнаті або носимі пристрої, такі як розумні годинники, можуть збирати дані про фази сну, частоту серцевих скорочень, рівень кисню в крові тощо.

Система відслідковування сну, розроблена в рамках автоматизованого розумного будинку, може автоматично налаштовувати оптимальні умови для сну, базуючись на отриманих даних. Наприклад, у фазі глибокого сну система може знизити рівень освітлення або вимкнути побутові прилади, що можуть створювати шум. Такий підхід дозволяє забезпечити високий рівень якості відпочинку та зменшити ризик порушення сну через зовнішні чинники.

Автоматизація процесів розумного будинку є складною і багатогранною сферою, що охоплює численні аспекти взаємодії технологій і побутових процесів. Інтеграція Інтернету речей, кіберфізичних систем та штучного інтелекту дозволяє значно покращити ефективність управління будинком та підвищити рівень комфорту для мешканців. У контексті цього дослідження особлива увага приділяється автоматизації процесів відслідковування сну, що є новим і перспективним напрямом у розвитку розумних будинків.

## 1.2 Технології та методи відслідковування сну

Сон є невід'ємною складовою людського життя і відіграє ключову роль у підтриманні фізичного та психічного здоров'я. Дослідження показують, що якість сну безпосередньо впливає на роботу серцево-судинної системи, когнітивні здібності та імунітет людини. Оскільки сучасний спосіб життя часто впливає на тривалість і якість сну, розробка технологій для його моніторингу набуває все більшого значення. У контексті розумних будинків інтеграція систем відслідковування сну в автоматизовані процеси створює нові можливості для покращення якості життя мешканців.

### Основні методи моніторингу сну

Існує кілька основних методів моніторингу сну, кожен з яких базується на зборі різних фізіологічних та поведінкових показників. Сучасні системи можуть використовувати як зовнішні сенсори, розміщені у спальних приміщеннях, так і носимі пристрої, які відслідковують безпосередньо фізіологічні параметри людини.

Полісомнографія (ПСГ) — це один із найбільш науково обґрунтованих методів відслідковування сну, що застосовується переважно в медичних установах. ПСГ дозволяє вимірювати різні показники, такі як електроенцефалографія (ЕЕГ), електроміографія (ЕМГ), електрокардіографія (ЕКГ) та насиченість крові киснем. Такий метод є високоточним, але потребує використання складного обладнання та присутності медичного персоналу, тому не підходить для щоденного використання в умовах розумного будинку.

Актографія — цей метод базується на моніторингу рухів тіла під час сну за допомогою сенсорів, встановлених на зап'ястку або на ліжку. Він дозволяє визначати тривалість сну, час засипання, періоди неспанья та деякі фази сну. Актографія широко використовується у комерційних пристроях для моніторингу сну, таких як розумні

годинники або фітнес-трекери. Цей метод є досить зручним для щоденного використання, проте він не завжди точний у визначенні фаз сну.

Контактні та безконтактні сенсори — сучасні технології дозволяють використовувати сенсори, що вимірюють частоту серцевих скорочень, дихання, рухи тіла або навіть рівень кисню в крові. Носимі пристрої, такі як розумні годинники або фітнес-браслети, стали популярними завдяки своїй мобільності та можливості цілодобового моніторингу. Безконтактні сенсори, наприклад, ті, що вбудовані у матраци або подушки, також здатні відслідковувати фізіологічні параметри під час сну, не заважаючи користувачеві. Такі системи стають дедалі популярнішими у розумних будинках [2].

Оскільки технології моніторингу сну стали більш доступними та точними, зростає інтерес до їх інтеграції в автоматизовані системи управління розумним будинком. Така інтеграція дозволяє не лише моніторити фізіологічні показники сну, але й автоматично налаштовувати навколишнє середовище для поліпшення якості сну.

Розумний будинок, оснащений системами IoT, може динамічно адаптуватися до потреб мешканців, враховуючи дані про їхній сон. Наприклад, система може автоматично знижувати рівень освітлення та регулювати температуру в кімнаті на основі фаз сну, забезпечуючи оптимальні умови для відпочинку. Під час фази глибокого сну система може мінімізувати шум або зупиняти роботу побутових приладів, які можуть заважати відпочинку.

Різноманітні технологічні рішення для моніторингу сну включають як програмні, так і апаратні компоненти. На сьогодні існує безліч пристроїв та додатків, здатних аналізувати сон та пропонувати рекомендації для його покращення.

1. Носимі пристрої — це найпоширеніший тип технологій для моніторингу сну. Пристрої, такі як Apple Watch, Fitbit та інші фітнес-браслети, дозволяють

вимірювати частоту серцевих скорочень, рівень кисню в крові та рухи під час сну. Дані з цих пристроїв можуть автоматично передаватися у систему розумного будинку для налаштування зовнішніх умов.

2. Стационарні сенсори — це системи, які розміщуються в спальному приміщенні і здатні моніторити параметри сну без необхідності фізичного контакту з користувачем. Прикладом таких технологій є системи, вбудовані в матраци (наприклад, Sleep Number), або спеціальні сенсори для вимірювання рухів, частоти дихання та серцевих скорочень.

3. Програмні рішення — існує також безліч програм для смартфонів та інших мобільних пристроїв, які дозволяють аналізувати сон на основі звукових чи вібраційних сигналів. Такі програми можуть використовувати вбудовані сенсори смартфонів для визначення фаз сну, рухів або звуків, що супроводжують сон.

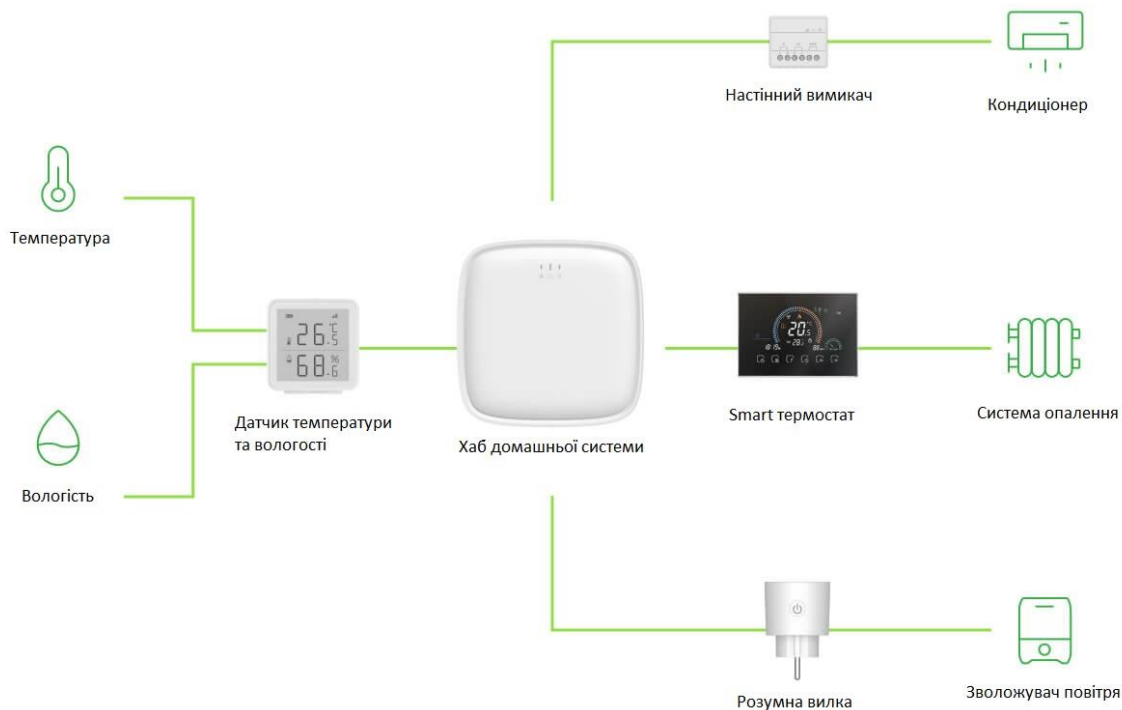


Рисунок 1.1 – Схема IoT системи смарт будинку



Однією з важливих складових систем відслідковування сну є алгоритми аналізу даних. Для точного визначення фаз сну та оцінки його якості використовуються різноманітні методи машинного навчання та штучного інтелекту. Ці алгоритми дозволяють не лише класифікувати зібрані дані, але й пропонувати рекомендації для поліпшення умов сну.

- класифікація фаз сну — на основі даних про рухи, серцевий ритм та дихання визначаються фази швидкого і повільного сну;
- аналіз частоти серцевих скорочень — використовується для визначення рівня стресу або рівня комфорту під час сну;
- алгоритми адаптивного управління — системи розумного будинку можуть адаптуватися до індивідуальних потреб користувача на основі отриманих даних.

#### Проблеми та виклики інтеграції систем відслідковування сну

Незважаючи на значний прогрес у розробці технологій моніторингу сну, їх інтеграція у розумні будинки стикається з низкою викликів. По-перше, це питання конфіденційності та захисту персональних даних, оскільки системи відслідковування сну збирають досить чутливу інформацію про фізіологічний стан мешканців. По-друге, це технічні обмеження — сучасні системи не завжди можуть забезпечити точний моніторинг без використання носимих пристроїв або спеціалізованого обладнання. Вирішення цих проблем є важливим завданням для подальших досліджень та розробок у цій галузі.

### **1.3. Використання сенсорних технологій в розумному будинку для оптимізації сну**

Розвиток технологій для автоматизації житлових приміщень в останні десятиліття дозволяє забезпечити значні можливості для покращення життєвих умов мешканців, особливо в аспекті створення сприятливого середовища для сну. Інтеграція сенсорних систем, що відслідковують та контролюють ключові параметри навколишнього середовища, відіграє важливу роль у досягненні комфортного та здорового сну. Сучасні системи автоматизації розумних будинків здатні контролювати температурний режим, рівень вологості, інтенсивність освітлення, рівень шуму та інші фактори, які безпосередньо впливають на якість сну [3].

Оптимізація умов сну шляхом використання сенсорних технологій є надзвичайно важливою, оскільки зовнішні фактори можуть істотно впливати на процес засинання, якість сну та пробудження. Розглянемо основні параметри, що підлягають моніторингу та управлінню в розумному будинку:

#### **1) Температура приміщення**

Підтримання комфортної температури в спальні є одним з ключових факторів, що впливає на якість сну. Дослідження показують, що ідеальна температура для сну становить 16–20 °С. Використання сенсорів температури дозволяє автоматично регулювати системи опалення або кондиціонування, забезпечуючи оптимальний температурний режим для кожного мешканця. Наприклад, система може адаптувати температуру відповідно до персональних уподобань або часу доби, створюючи комфортні умови навіть під час сезонних коливань температури.

#### **2) Вологість повітря**

Недостатній рівень вологості може викликати пересихання дихальних шляхів і шкіри, що знижує якість сну. Оптимальний рівень вологості для сну знаходиться в

межах 40–60%. В системах розумного будинку вологість може контролюватися за допомогою зволожувачів або осушувачів повітря, що реагують на показники сенсорів. Інтегровані системи можуть не лише підтримувати заданий рівень вологості, а й повідомляти користувачів про необхідність технічного обслуговування пристроїв, таких як зволожувачі чи фільтри.

### 3) Освітлення

Природний цикл сну людини тісно пов'язаний з рівнем освітлення. Дослідження свідчать, що занадто яскраве освітлення або наявність штучних джерел світла під час сну негативно впливають на його якість. Сенсори освітленості дозволяють автоматично регулювати рівень освітлення в приміщенні, затемнюючи його у вечірній час і поступово підвищуючи інтенсивність освітлення вранці для полегшення процесу пробудження. Інтелектуальні системи можуть також враховувати рівень природного освітлення, адаптуючи сценарії до пори року чи погодних умов.

### 4) Рівень шуму

Зовнішні звуки можуть значно вплинути на якість сну, викликаючи часті пробудження або перешкоджаючи зануренню в глибокі фази сну. Сенсори рівня шуму можуть бути інтегровані в розумний будинок для автоматичного регулювання систем звукоізоляції або зміни режимів роботи пристроїв, що створюють шум. Наприклад, у разі виявлення високого рівня шуму система може активувати генератори білого шуму для нейтралізації зовнішніх звуків.

### 5) Якість повітря

Крім вологості та температури, важливо враховувати рівень забруднення повітря в приміщенні, зокрема концентрацію вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>). Сенсори якості повітря можуть виявляти підвищений рівень CO<sub>2</sub> і активувати системи вентиляції для покращення повітрообміну. Це позитивно впливає на здоров'я мешканців і їхню здатність до глибокого сну. Розширені системи можуть також контролювати рівень

летких органічних сполук (VOC), що утворюються через побутові матеріали, і регулювати якість повітря в реальному часі [4].

### Інтегровані сенсорні системи

Розробка та впровадження інтегрованих сенсорних систем, що контролюють параметри середовища, дозволяє створити повноцінні рішення для персоналізованого управління умовами сну в розумному будинку. Важливим аспектом таких рішень є можливість об'єднання кількох сенсорів в єдину систему, що дозволяє одночасно відстежувати кілька параметрів середовища та автоматично реагувати на їх зміни [5].

Прикладом може бути сценарій, коли сенсори температури й вологості виявляють зміни у відповідних параметрах, і система автоматично вмикає зволожувач або регулює роботу системи опалення. Одночасно сенсори освітленості можуть забезпечити плавне затемнення кімнати для створення сприятливих умов для засинання, а вранці – активувати підсвічування для природного пробудження. Додатково, інтеграція із системами голосового керування або мобільними додатками дозволяє користувачам легко налаштувати параметри сну відповідно до своїх уподобань або отримувати звіти про їхній стан.

Використання таких технологій створює можливості для значного покращення якості сну, підвищення рівня комфорту та покращення загального стану здоров'я. Окрім загальних параметрів середовища, сенсорні технології можуть враховувати індивідуальні потреби кожного мешканця. Персоналізація налаштувань на основі індивідуальних фізіологічних особливостей або персональних переваг дозволяє досягти максимального комфорту під час сну. Наприклад, для однієї особи може бути зручніше спати при нижчій температурі, тоді як для іншого мешканця – за вищої температури. Технології індивідуального зонування в системах опалення та кондиціонування дозволяють налаштувати клімат у різних зонах кімнати відповідно до уподобань кожного мешканця.

Інтеграція сучасних сенсорних технологій також дозволяє в реальному часі адаптувати умови середовища до змін у поведінці мешканців. Наприклад, якщо система відслідковування сну виявляє, що користувач часто прокидається вночі через зміни температури, система може коригувати параметри, щоб запобігти подальшим пробудженням [6].

Авторська робота спрямована на удосконалення існуючих рішень шляхом створення інтегрованої системи управління параметрами середовища в розумному будинку, що базується на комплексному моніторингу та автоматичній корекції параметрів сну. Такий підхід дозволяє створити більш комфортні та безпечні умови для мешканців, підвищуючи ефективність розумного будинку як платформи для забезпечення здорового сну.

Інтеграція сенсорних технологій в системи управління сном у розумному будинку відкриває нові можливості для покращення здоров'я та якості життя мешканців. Використання сенсорів для моніторингу таких параметрів, як температура, вологість, рівень освітлення та шуму, дозволяє створити комфортні умови для сну, які автоматично адаптуються до індивідуальних потреб користувача.

#### **1.4. Аналітичний огляд сучасних проблем впровадження автоматизованих систем в Україні**

На сучасному етапі розвитку розумних технологій в Україні існують значні перспективи для їх впровадження, однак також є ряд проблем, пов'язаних з економічними та технічними викликами. Актуальність теми автоматизації процесів розумного будинку зокрема підкреслюється зростаючими потребами суспільства у комфорті, безпеці та енергоефективності.

Серед основних проблем, що стримують впровадження автоматизованих систем, можна виділити недостатній рівень фінансування інноваційних проектів. Багато українських компаній, особливо в умовах економічної нестабільності, не можуть інвестувати в новітні технології, що призводить до затримок у розвитку ринку розумних технологій. Брак державної підтримки та стимулів для впровадження розумних систем також негативно впливає на їх розвиток [7].

Ще однією важливою перешкодою є недосконалість інфраструктури. Багато житлових будинків в Україні не обладнані необхідними комунікаціями, що ускладнює встановлення автоматизованих систем. Наприклад, недостатня кількість надійних постачальників інтернет-послуг та обмежена доступність швидкісного інтернету у деяких регіонах створюють труднощі для реалізації проектів, пов'язаних з IoT (Інтернетом речей).

З технологічної точки зору, існує потреба у впровадженні стандартів та протоколів, що забезпечують інтеграцію різних пристроїв та систем. В Україні наразі спостерігається фрагментація ринку, де безліч виробників пропонують різні рішення, але часто без можливості їх взаємодії. Це призводить до ускладнень для кінцевих користувачів, які стикаються з проблемами несумісності обладнання.

Крім того, освітній аспект також відіграє важливу роль. Нерідко недостатній рівень обізнаності населення про переваги розумних технологій є суттєвим бар'єром. Багато людей не знають про можливості, які надають автоматизовані системи, що вплине на їхнє сприйняття і готовність до змін.

Отже, незважаючи на значний потенціал і прогрес у розвитку технологій розумного будинку в Україні, існуючі економічні, технічні, та освітні бар'єри потребують вирішення. Важливо зосередитися на розвитку інфраструктури, підтримці інновацій, впровадженні стандартів, а також підвищенні обізнаності населення. Це

сприятиме більш широкому впровадженню автоматизованих систем і забезпечить їх ефективність у житті українців.

### **1.5. Світовий досвід впровадження систем автоматизації розумних будинків та моніторингу сну**

У сучасному світі інтеграція інтелектуальних технологій у повсякденне життя стає стандартом, а розумні будинки виступають однією з ключових складових цієї тенденції. Провідні компанії, такі як Google Nest, Amazon Alexa, Philips Hue, а також численні стартапи активно розробляють рішення, що спрямовані на створення максимально комфортних умов для мешканців. Особлива увага приділяється впровадженню технологій моніторингу сну, які базуються на Інтернеті речей (IoT), штучному інтелекті (AI) та машинному навчанні [8].

#### Світові практики автоматизації середовища для покращення якості сну

Системи IoT у розумних будинках дозволяють моніторити фізіологічні показники користувачів, збираючи дані з різних сенсорів і пристроїв. Наприклад, Fitbit, Withings та Garmin розробляють носимі пристрої, які аналізують тривалість сну, його фази, частоту серцебиття, рівень стресу та рухову активність. Зібрані дані інтегруються у центральну систему розумного будинку, що дозволяє:

- автоматично регулювати температуру у приміщенні в залежності від фази сну;
- адаптувати освітлення, поступово затемнюючи або підвищуючи його інтенсивність;

- контролювати вологість та якість повітря, що забезпечує комфортні умови для відпочинку.

Наприклад, Google Nest Thermostat може навчатися індивідуальним звичкам користувача і автоматично підтримувати комфортну температуру під час сну. Водночас, освітлювальні системи Philips Hue створюють динамічні сценарії, які синхронізуються з фазами сну, плавно змінюючи колір і яскравість світла.

### Інтелектуальні алгоритми для покращення умов сну

Застосування штучного інтелекту дозволяє системам автоматизації адаптувати параметри середовища до індивідуальних потреб мешканців. Алгоритми аналізують великі масиви даних і виявляють закономірності, наприклад:

- залежність якості сну від зовнішніх факторів, таких як шум чи температура;
- визначення оптимального часу для пробудження, виходячи з біоритмів користувача;
- персоналізовані рекомендації, наприклад, щодо корекції часу відходу до сну або адаптації освітлення.

Дослідження показують, що автоматизація на основі AI може значно підвищити ефективність систем. Наприклад, деякі рішення інтегрують біоритми користувачів, використовуючи дані, отримані з носимих пристроїв. У результаті система може змінювати параметри середовища в реальному часі, не потребуючи ручного втручання.

### Виклики та потенціал розвитку

Незважаючи на високий рівень інновацій у цій сфері, існують певні обмеження. Сучасні рішення часто орієнтовані на загальні сценарії використання і недостатньо



враховують індивідуальні потреби мешканців. Наприклад, деякі системи не адаптують параметри для різних вікових груп, людей з хронічними захворюваннями чи особливими режимами сну [9].

Інтеграція персоналізованих рекомендацій для кожного користувача є одним із найбільш перспективних напрямків. Нові рішення можуть використовувати методи глибокого навчання, щоб:

- забезпечити більш точний аналіз даних про сон;
- надавати детальні рекомендації щодо поліпшення умов сну;
- автоматизувати сценарії на основі особистих уподобань та звичок.

## **Висновки до першого розділу**

В результаті теоретичного аналізу можна зробити висновок, що автоматизація розумних будинків із застосуванням технологій моніторингу сну є перспективним напрямом розвитку, який відповідає сучасним тенденціям у сфері здоров'я та комфорту. Сучасне суспільство все більше усвідомлює важливість якісного сну для загального самопочуття, тому запровадження розумних технологій у цю сферу є особливо актуальним.

Світовий досвід впровадження розумних систем управління показує, що комбінація різних сенсорних технологій, таких як IoT, штучний інтелект і машинне навчання, може суттєво покращити умови для сну. Наприклад, автоматичне налаштування температури, освітлення та рівня шуму відповідно до індивідуальних потреб мешканців створює комфортне середовище, що сприяє більш глибокому і здоровому сну. Дослідження свідчать, що оптимізація цих факторів може зменшити

кількість пробуджень та покращити загальну якість сну, що, у свою чергу, позитивно вплине на продуктивність та настрої користувачів.

Вітчизняний ринок також демонструє зростаючий інтерес до автоматизації розумних будинків, однак, як показують аналізи, в Україні існують певні бар'єри, які заважають широкому впровадженню таких систем. Це включає недостатній рівень інформованості споживачів, недосконалість інфраструктури та брак інвестицій у технології. Проте зростання усвідомлення важливості здорового сну і наявність інноваційних рішень відкриває нові можливості для інтеграції розумних систем.

Цей розділ формує основу для подальших практичних досліджень і розробки конкретної моделі системи моніторингу сну. В наступних частинах роботи будуть розглянуті методології створення таких систем, а також аналіз їх ефективності в умовах українського ринку. Оскільки питання якості сну та здоров'я є ключовими у сучасному житті, розробка інноваційних рішень, що сприяють цим аспектам, є не тільки важливою, а й соціально необхідною.

Таким чином, дослідження в цій галузі може стати основою для створення ефективних та доступних рішень, що задовольняють потреби мешканців і сприяють розвитку розумних будинків в Україні. Адаптація світового досвіду до національних умов дозволить реалізувати потенціал автоматизації і підвищити якість життя людей.

## РОЗДІЛ 2. ІДЕНТИФІКАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА СИНТЕЗ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ

### 2.1 Ідентифікація об'єкта моделювання

У цьому розділі буде здійснено детальний аналіз основних елементів системи автоматизації розумного будинку, зокрема її складових, що пов'язані з функцією відслідковування сну мешканців. Ідентифікація об'єкта моделювання є першим і найважливішим етапом життєвого циклу математичної моделі, оскільки від точності й повноти визначення ключових характеристик системи залежить подальша розробка моделі керування.

До основних елементів системи відносяться:

- сенсори для моніторингу сну: Це основний елемент, який збирає біометричні дані про мешканців під час сну. Сенсори можуть бути частиною розумного годинника або окремого пристрою, встановленого в спальні. Їхня функція полягає в тому, щоб фіксувати показники, такі як частота серцевих скорочень, рухи тіла, рівень кисню в крові, а також активність мозку (в разі використання спеціалізованих пристроїв);
- система управління кліматом: Ця система відповідає за підтримку оптимальних умов у приміщенні під час сну. Вона включає кондиціонери, обігрівачі, вентилятори та зволожувачі повітря, які можуть автоматично регулювати температуру та вологість на основі даних, отриманих від сенсорів про стан мешканців.
- Система освітлення: Освітлення може впливати на якість сну. Автоматизована система освітлення здатна налаштовувати інтенсивність та колір

світла в залежності від часу доби та фази сну мешканців. Наприклад, вона може автоматично зменшувати яскравість світла перед сном або імітувати світанок для м'якого пробудження.

### Характеристики мешканців

Ідентифікація об'єкта моделювання також передбачає врахування індивідуальних особливостей мешканців. Зокрема:

- графік сну: у кожного мешканця є свої звички та індивідуальні потреби у сні, такі як час, коли він лягає спати, та час пробудження. Модель повинна враховувати ці індивідуальні аспекти для оптимізації роботи системи;
- потреби та особливості сну: деякі мешканці можуть потребувати особливих умов для комфортного сну, наприклад, повна темрява або певна температура в кімнаті. Дані про такі потреби можуть бути введені вручну або автоматично коригуватися на основі результатів моніторингу сну.

### Характеристики сенсорів

Для побудови математичної моделі важливо врахувати параметри сенсорів:

- точність вимірювань: сенсори повинні надавати достовірні дані про стан мешканця. Важливо оцінити можливі похибки в їх роботі та вплив цих похибок на загальну точність моделі. Наприклад, похибки у вимірюванні частоти серцевих скорочень можуть призводити до неправильної оцінки якості сну;
- частота зчитування даних: важливим параметром є частота, з якою сенсори зчитують інформацію. Висока частота дозволяє точніше відстежувати зміни в стані мешканця під час сну, що підвищує загальну якість управління системою.

Наприклад, для моніторингу фаз сну необхідна висока частота збору даних, щоб коректно визначати перехід між фазами глибокого та легкого сну;

– типи сенсорів: у системі можуть використовуватися різні типи сенсорів, такі як сенсори руху (акселерометри), сенсори температури тіла, пульсоксиметри, електроди для вимірювання електричної активності мозку тощо. Кожен тип сенсора має свою специфіку вимірювання та точність, що також враховується при моделюванні.

#### Взаємодія між компонентами

Наступний етап ідентифікації об'єкта моделювання полягає в аналізі взаємодії між різними компонентами системи:

– сенсори та система управління кліматом: сенсори постійно збирають дані про стан мешканця та передають їх на центральний контролер, який на основі цих даних коригує кліматичні параметри в кімнаті (температуру, вологість, потік повітря тощо). Наприклад, якщо сенсори виявляють, що температура тіла мешканця підвищується під час сну, система може автоматично знизити температуру в приміщенні;

– сенсори та система освітлення: на основі фаз сну система освітлення може змінювати інтенсивність або колір світла, щоб не порушувати цикл сну. Наприклад, при виявленні фази глибокого сну освітлення може автоматично вимикатися або знижуватися до мінімального рівня.

#### Цілі та завдання моделювання

Основна мета моделювання полягає у створенні адаптивної системи керування розумним будинком, яка буде автоматично коригувати параметри середовища

(температура, вологість, освітлення) на основі даних про сон мешканців. Модель повинна враховувати динамічні зміни в стані мешканців і передбачати відповідну реакцію системи для забезпечення максимально комфортних умов під час сну.

Отримані результати моделювання дозволять:

- покращити контроль за процесом сну мешканців;
- оптимізувати використання ресурсів будинку (електроенергія для клімат-контролю та освітлення);
- підвищити якість сну мешканців за рахунок адаптивного управління кліматом та освітленням.

Таким чином, ідентифікація об'єкта моделювання є ключовим етапом у створенні математичної моделі, що забезпечує ефективне керування процесами в розумному будинку на основі даних від системи моніторингу сну.

## **2.2 Отримання результатів моделювання**

Отримання результатів моделювання є важливим етапом у розробці системи автоматизації розумного будинку, зокрема системи відстеження сну мешканців. На цьому етапі використовуються як алгоритмічні, так і формальні моделі для прогнозування поведінки системи в різних сценаріях, аналізу її роботи та оптимізації параметрів. Моделювання дозволяє виявити найефективніші стратегії керування системою, зокрема клімат-контролем та освітленням, відповідно до стану мешканців під час сну.

Сон можна поділити на дві основні фази: швидкий рух очей (REM) та повільний рух очей (NREM) [11]. Зазвичай нічний цикл сну складається з 4-5 різних стадій,

починаючи з пробудження, переходячи до фази швидкого руху очей, після чого слідує фаза повільного руху очей. Потім цикл знову входить у фазу швидкого руху очей, переходячи в безсвідомий стан, перш ніж знову потрапити в фазу повільного руху очей. Цей циклічний процес завершується поверненням до пробудження. Період повільного руху очей можна поділити на чотири стадії: N1, яка характеризується поверхневим сном; N2, що позначає глибокий сон; і N3 та N4, що позначають тривалі періоди глибокого сну [12,13]. Восьмигодинний нічний сон зазвичай включає 4–5 циклів сну, кожен цикл триває від 90 до 120 хвилин [14], а добрий цикл сну займає зазвичай 15-20% від загальної тривалості сну під час глибокого сну. Під час глибокого сну тіло повністю розслаблене та відпочиває, а мозок починає реорганізувати свою пам'ять, інтегруючи інформацію, що була отримана до сну, у глибоку пам'ять та виконуючи інші важливі задачі. Рисунок 2.1 показує типову діаграму нічного циклу сну [15].

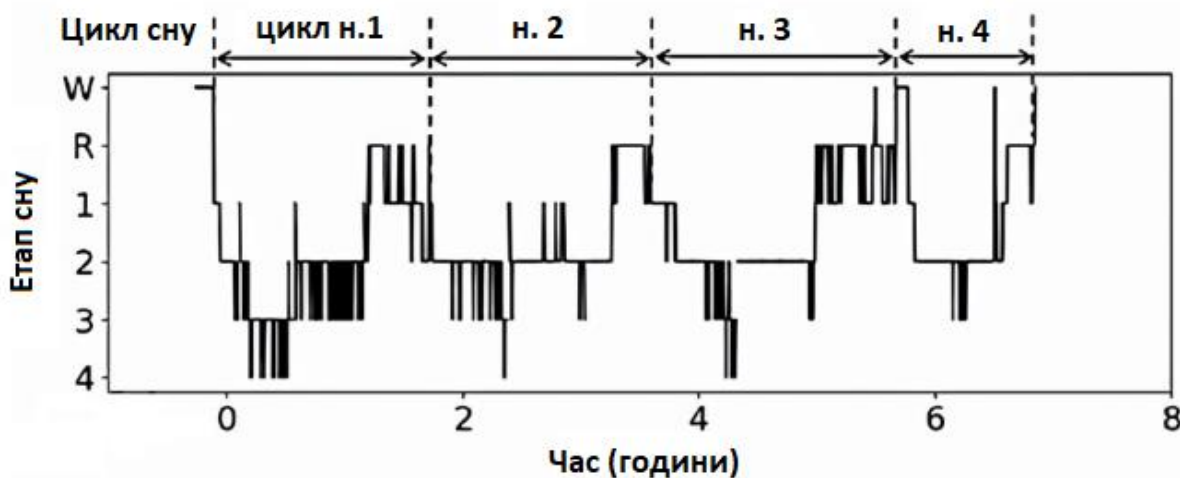


Рис. 2.1. Нормальний нічний цикл сну [16].

Розрізнення різних станів сну ґрунтується на аналізі ЕМГ під час REM та NREM сну, а також зборі інших фізіологічних сигналів, таких як мозкові хвилі, коливання

серцевого ритму, а також частота та інтенсивність рухів тіла. Фізіологічні дані збираються через аналіз мозкових хвиль для диференціації станів сну та оцінки якості сну. Провідні адгезивні електроди розміщуються зовні на мозковій корі, що дозволяє записувати та аналізувати розподіл енергії мозкових хвиль до, під час та після сну за допомогою фізіологічного сигналізуючого пристрою. Цей аналіз сприяє оцінці стану сну та його якості. Вимірювання електрокардіограми (ЕКГ) фіксують серцеві потенціали, що дозволяє записувати та кількісно аналізувати фізіологічні параметри, такі як інтенсивність та частота серцебиття. Цей процес збору даних дає уявлення про розслаблені та збуджені стани сну.

Категоризація стадій сну базується на аналізі мозкових хвиль, що включає дослідження перетворення потенціальної енергії мозку з часового простору у частотний за допомогою перетворення Фур'є. Під час переходу від пробудження до сну відбуваються зміни в частотах мозкових хвиль. У стані пробудження більш активні альфа-хвилі (8-13 Гц) і бета-хвилі (13-30 Гц). Фаза швидкого руху очей (REM) характеризується значними низькочастотними мозковими хвилями (2-7 Гц) та підвищеною активністю ЕМГ. Під час сну без швидкого руху очей (NREM) глибокі фази сну (N3 та N4) характеризуються наявністю дельта-хвиль (0,5-4 Гц) та тета-хвиль (4-7 Гц), які складають значну частину загального розподілу енергії. Особливо, фаза глибокого сну N4 домінує дельта-хвилями [16].

Аналіз серцевих скорочень під час сну передбачає запис кожного циклу серцебиття за допомогою фізіологічних сигналізуючих пристроїв. Ці цикли починаються з електричного імпульсу синусового вузла, що призводить до скорочень передсердь і шлуночків. Результати електрокардіограми (ЕКГ) піддаються трьом методам аналізу: часовому, частотному та нелінійному. Часовий аналіз включає такі метрики, як середнє значення, стандартне відхилення та перцентилі інтервалу R-хвилі. Частотний аналіз включає перетворення Фур'є або вейвлет-аналіз для розрізнення енергетичного розподілу між симпатичною та парасимпатичною нервовими



активностями на низьких (0,04–0,15 Гц) та високих (0,15–0,4 Гц) частотах. Нелінійний аналіз включає графічні та параметричні методи, де графічний аналіз представляє ЕКГ в вигляді розсіювання, що демонструє тенденції у варіабельності серцевого ритму (HRV) [17].

- повільний сон (NREM), який включає легкі та глибокі фази;
- швидкий сон (REM), під час якого мешканець часто перебуває у сновидіннях.

Для кожної фази можуть бути задані оптимальні умови в приміщенні (температура, вологість), і на основі даних сенсорів система автоматично коригує параметри клімату.

#### Алгоритм управління температурою під час сну

Система управління температурою в межах смарт-дому повинна адаптуватися до змін фізіологічних процесів мешканця під час сну. Алгоритм, що використовується в даній системі, базується на моніторингу фаз сну та автоматичному коригуванні температури для забезпечення максимального комфорту. Далі подано детальне описання роботи алгоритму:

##### 1. Фаза глибокого сну (NREM):

- коли система виявляє, що мешканець знаходиться в фазі глибокого сну, це є сигналом для зниження температури в кімнаті. Відомо, що під час цієї фази організм вимагає більш прохолодних умов для забезпечення якісного відновлення та відпочинку;

– дія: Температура в кімнаті знижується до оптимального рівня, наприклад, до 20°C. Це дозволяє зберегти комфортний клімат, сприяючи кращому відновленню організму.

## 2. Фаза швидкого сну (REM):

– під час фази швидкого сну (REM) активність мозку зростає, а тіло може відчувати підвищену потребу в енергії. Це викликає зміну температурних вимог. Система повинна підвищити температуру для підтримки комфортного середовища, що сприятиме більш ефективному відпочинку під час цієї фази;

– дія: Температура підвищується до комфортного рівня, наприклад, до 22°C, що допомагає покращити якість сну в цей період.

## 3. Пробудження:

– при пробудженні мешканця система повинна швидко адаптувати температуру до рівня, який був встановлений користувачем як оптимальний для ранку. Це допомагає створити приємні умови для початку нового дня;

– дія: Температура відновлюється до налаштувань, заданих користувачем, що забезпечує комфортне пробудження.

## Формальні моделі для оптимізації системи

Формальні моделі в контексті автоматизації житлового середовища допомагають здійснити точні розрахунки та забезпечити більш ефективну роботу системи. Вони базуються на математичних моделях, які дозволяють оптимізувати параметри роботи клімат-контролю та освітлення в залежності від різних змінних.

## Моделювання температурного комфорту

Одним із важливих аспектів є визначення оптимальної температури в приміщенні на основі різних факторів. Температура повинна змінюватися в залежності від фази сну та індивідуальних потреб. Для цього можна застосувати формулу теплового комфорту, яка базується на принципах теплового балансу людини:

1. Температурний баланс: Формула визначає температуру на основі різниці між кількістю тепла, яке людина виділяє, та теплом, яке вона отримує від оточення. Це дозволяє визначити найкраще значення температури для різних фаз сну.

2. Фазовий контроль температури: Математичні моделі можуть враховувати цикли сну, такі як NREM та REM, для автоматичної адаптації температури до кожної фази. Таким чином, система здатна прогнозувати, коли саме знижувати або підвищувати температуру, враховуючи реальний фізіологічний стан користувача.

3. Корекція для зовнішніх умов: Зовнішні фактори, такі як погода, температура на вулиці, вологість повітря та сезонні зміни, також можуть бути враховані за допомогою математичних моделей для автоматичного коригування внутрішньої температури.

### 2.2.1 Формула для розрахунку оптимальної температури:

Для визначення оптимальної температури в приміщенні в умовах змінних факторів, таких як зовнішнє теплове навантаження та тепловий опір будівельних конструкцій, можна скористатися наступною формулою:

$$T_{opt} = T_{бажана} + \frac{q_{зовн}}{R} \quad (2.1)$$

де  $T_{opt}$  – оптимальна температура в приміщенні (глобальна температура, яка забезпечує комфортне середовище);

$T_{бажана}$  – бажана температура для конкретної фази сну (це індивідуальна температура, яка підходить користувачу під час сну, наприклад, 20-22°C).

$Q_{зовн}$  – зовнішнє теплове навантаження, яке враховує вплив зовнішніх факторів, таких як сонячне випромінювання або температура зовнішніх стін.

$R$  - тепловий опір стін і вікон (параметр, який визначає здатність будівельних матеріалів утримувати тепло).

Ця формула дозволяє розрахувати температуру в кімнаті з урахуванням зовнішнього впливу на мікроклімат всередині приміщення.

### 2.2.2 Розрахунок оптимальної температури перед пробудженням

Ключовим моментом є створення комфортного середовища для пробудження користувача, щоб процес прокидання був максимально легким та природним. Рекомендується здійснювати плавну корекцію температури за певний період до пробудження, щоб організм адаптувався до зміни умов.

Для створення комфортних умов пробудження, важливо поступово підвищувати температуру в кімнаті перед пробудженням користувача, що дозволяє йому адаптуватися до зміни середовища. Формула для розрахунку оптимальної температури перед пробудженням виглядає наступним чином:

$$T_{підвищену} = T_{мін} + \Delta T_{за час} \quad (2.2)$$

де  $T_{\text{підвищену}}$  — оптимальна температура для пробудження (наприклад, 22-24°C, в залежності від індивідуальних вподобань);

$T_{\text{мін}}$  — температура, за якої людина перебуває у фазі глибокого сну (20°C);

$\Delta T_{\text{за час}}$  — зміна температури, що визначається з часом, необхідним для плавного переходу до комфортної температури (можна коригувати за допомогою алгоритмів, які визначають час до пробудження).

Зміна температури ( $\Delta T_{\text{за час}}$ ) залежить від часу, необхідного для комфортного пробудження. Наприклад, якщо час до пробудження складає 30 хвилин, то температура може поступово підвищуватися з 20°C до 22-23°C, щоб забезпечити плавний перехід від стану сну до повного пробудження.

Приклад:

Якщо користувач планує прокинутися через 30 хвилин, зміна температури може бути визначена наступним чином:

- початкова температура  $T_{\text{мін}} = 20^\circ\text{C}$  ;
- оскільки температура для комфортного пробудження знаходиться в діапазоні 22-23°C, зміна температури за 30 хвилин становить  $\Delta T_{\text{за час}} = 2 - 3^\circ\text{C}$

Таким чином, оптимальна температура для пробудження буде коливатися від 22°C до 23°C, залежно від індивідуальних вподобань користувача.

### 2.2.3 Розрахунок оптимальної вологості

Вологість в приміщенні є важливим фактором, що впливає на якість сну та комфорт під час пробудження. Для забезпечення оптимальних умов рекомендується

підтримувати рівень вологості в межах 40-60%. Рівень вологості може змінюватися в залежності від фази сну та часу до пробудження:

- у фазі глибокого сну (NREM): Рівень вологості має бути в межах 40-50%, оскільки під час цієї фази організм потребує більшої стабільності та меншої зміни навколишніх умов;
- у фазі швидкого сну (REM): Вологість може бути підвищена до 50-60% для більш комфортного пробудження, оскільки ця фаза характеризується підвищеною чутливістю до змін навколишнього середовища;
- напередодні пробудження: Вологість повинна бути знижена або стабілізована на рівні 50%, що дозволяє уникнути відчуття сухості або надмірної вологості в приміщенні.

Для визначення оптимальної вологості в залежності від фаз сну та часу до пробудження можна використовувати наступну формулу:

$$H_{\text{оптимальна}} = H_{\text{мін}} + \Delta H_{\text{підвищення}} \quad (2.3)$$

де  $H_{\text{оптимальна}}$  — оптимальний рівень вологості для пробудження;

$H_{\text{мін}}$  — мінімальний рівень вологості, який підтримується під час фази глибокого сну (наприклад, 40%);

$\Delta H_{\text{підвищення}}$  — зміна вологості протягом часу до пробудження. Це величина, що визначає необхідне підвищення вологості для забезпечення комфортного рівня в момент пробудження (наприклад, до 50%).

Приклад розрахунку:

Якщо рівень вологості в приміщенні під час фази глибокого сну становить 40%, а до пробудження необхідно підвищити вологість до 50%, тоді зміна вологості буде  $\Delta H_{\text{підвищення}} = 10\%$ .

$$H_{\text{оптимальна}} = 40\% + 10\% = 50\%$$

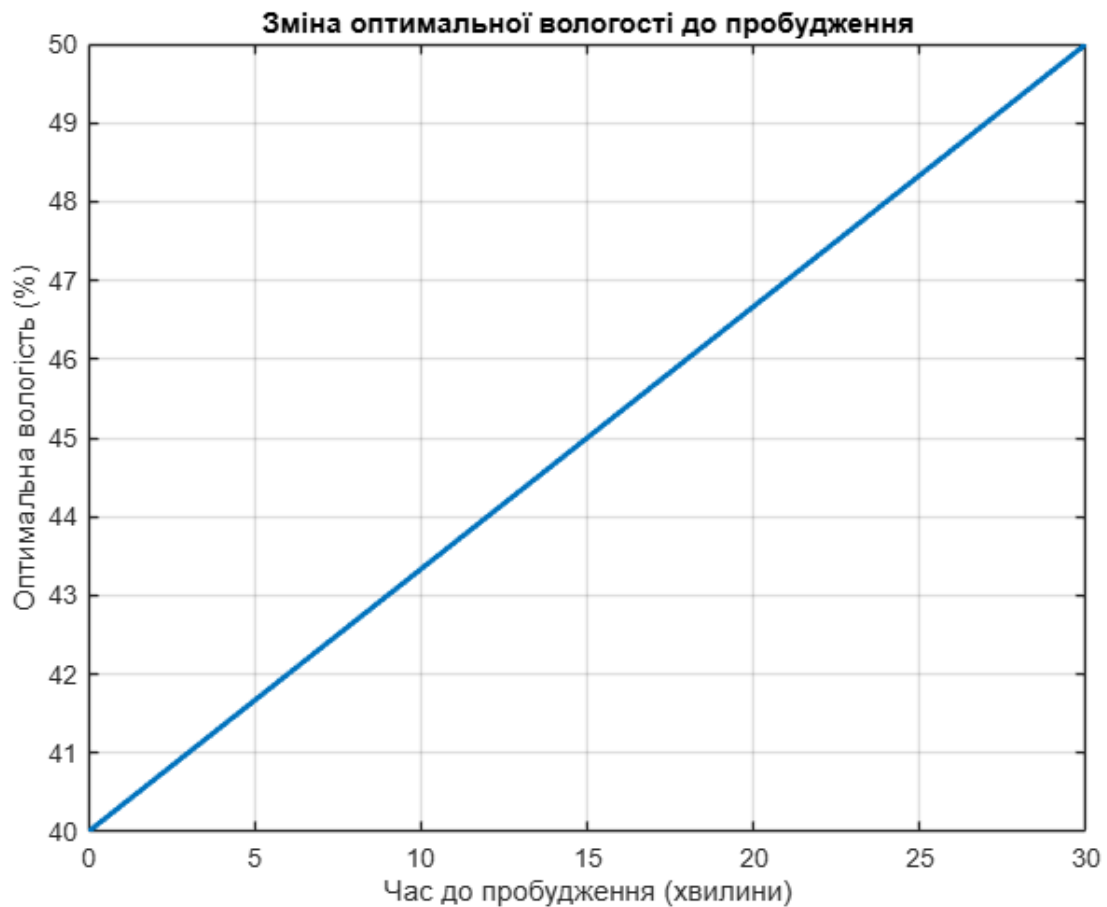


Рисунок 2.2 – Графік зміни оптимальної вологості повітря перед пробудженням

Розрахунок оптимальної вологості за допомогою цієї формули дозволяє створити динамічну систему, яка адаптується до різних фаз сну та підвищує

комфортність умов під час пробудження. Регулювання вологості в приміщенні може бути налаштоване так, щоб уникнути різких коливань та забезпечити стабільний, комфортний рівень вологості для кожної фази сну.

#### 2.2.4 Розрахунок освітленості перед пробудженням

Освітлення є важливим фактором у процесі прокидання, оскільки природне світло або спеціальне штучне освітлення можуть допомогти організму адаптуватися до ранкової активності. Оптимальна освітленість повинна забезпечувати плавний перехід від темряви до світла.

Формула для розрахунку оптимальної освітленості:

$$E_{\text{освітлення}} = \frac{I}{d^2} \quad (2.4)$$

де  $E_{\text{освітлення}}$  — необхідна освітленість в люксах для комфортного пробудження;

$I$  — сила світла в люменах (підбирається в залежності від типу лампи або світильника);

$d$  — відстань від джерела світла до поверхні (наприклад, ліжка).

Для забезпечення комфортного пробудження, яке ґрунтується на поступовому підвищенні інтенсивності освітлення, можна використати функціональну залежність, яка враховує час до пробудження, бажану освітленість і швидкість зміни



інтенсивності світла. Основною метою є досягти рівня освітленості 200-300 люменів за 20-30 хвилин до моменту пробудження.

Опис параметрів:

- $I(t)$  — інтенсивність освітлення (в люксах) у момент часу  $t$ ;
- $t_{\text{початок}}$  — момент, з якого починається поступове збільшення освітленості;
- $T$  — загальний час для досягнення бажаної інтенсивності освітлення (наприклад, 20-30 хвилин);
- $I_{\text{max}}$  — максимальний рівень освітленості, який необхідно досягнути (в межах 200-300 люксів);
- $I_{\text{min}}$  — мінімальний рівень освітленості на початку процесу (наприклад, 0 люксів, якщо приміщення темне).

Математична модель

Модель зміни інтенсивності освітлення в часі може бути описана рівнянням лінійного зростання:

$$I(t) = I_{\text{min}} + \left( \frac{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}}{T} \right) \times (t - t_{\text{початок}}) \quad (2.5)$$

Де  $t_{\text{початок}}$  - момент, коли починається поступове підвищення освітленості (20-30 хвилин до пробудження);

$t$  - поточний час, на якому здійснюється регулювання;

$T$  - час (в хвилинах), за який освітленість має бути збільшена до бажаного рівня (20-30 хвилин);

$I_{max}$  - максимальна бажана освітленість (200-300 люменів).

Розширена модель з урахуванням кривої освітленості

Якщо для підвищення природного ефекту комфортного пробудження бажано використовувати не лінійне, а більш природне (наприклад, експоненціальне) збільшення інтенсивності світла, то формулу можна адаптувати до такої форми:

$$I(t) = I_{min} + (I_{max} - I_{min}) \times (1 - e^{-\lambda(t - t_{\text{початок}})}) \quad (2.6)$$

Де  $\lambda$  — коефіцієнт, який визначає швидкість зміни освітленості (вибирається в залежності від бажаного ефекту);

$e$  — основа натурального логарифма.

Ця модель дозволяє плавно збільшувати освітленість з початкового рівня до максимального, створюючи природніші умови для пробудження.

Пояснення та інтерпретація:

– у першому випадку (лінійна модель) інтенсивність освітлення збільшується рівномірно від мінімального значення  $I_{min}$  до максимального  $I_{max}$  за заданий час  $T$ ;

– у другому випадку (експоненціальна модель) зміна освітленості відбувається з початковим поступовим збільшенням, що стає інтенсивнішим ближче до часу пробудження.

Приклад:

Для лінійного підвищення освітленості:

Якщо пробудження відбувається о 7:00, і процес підвищення освітленості починається о 6:30 (за 30 хвилин до пробудження), максимальна освітленість буде 250 люксів, а мінімальна — 0 люксів.

Тоді:

$$I(t) = 0 + \left(\frac{250+0}{3}\right) \times (t - 6:30) \quad (2.7)$$

Якщо час  $t = 6:45$  (через 15 хвилин після початку), освітленість буде:

$$I(6:45) = 0 + \left(\frac{250}{3}\right) \times 15 = 125 \text{ люксів} \quad (2.8)$$

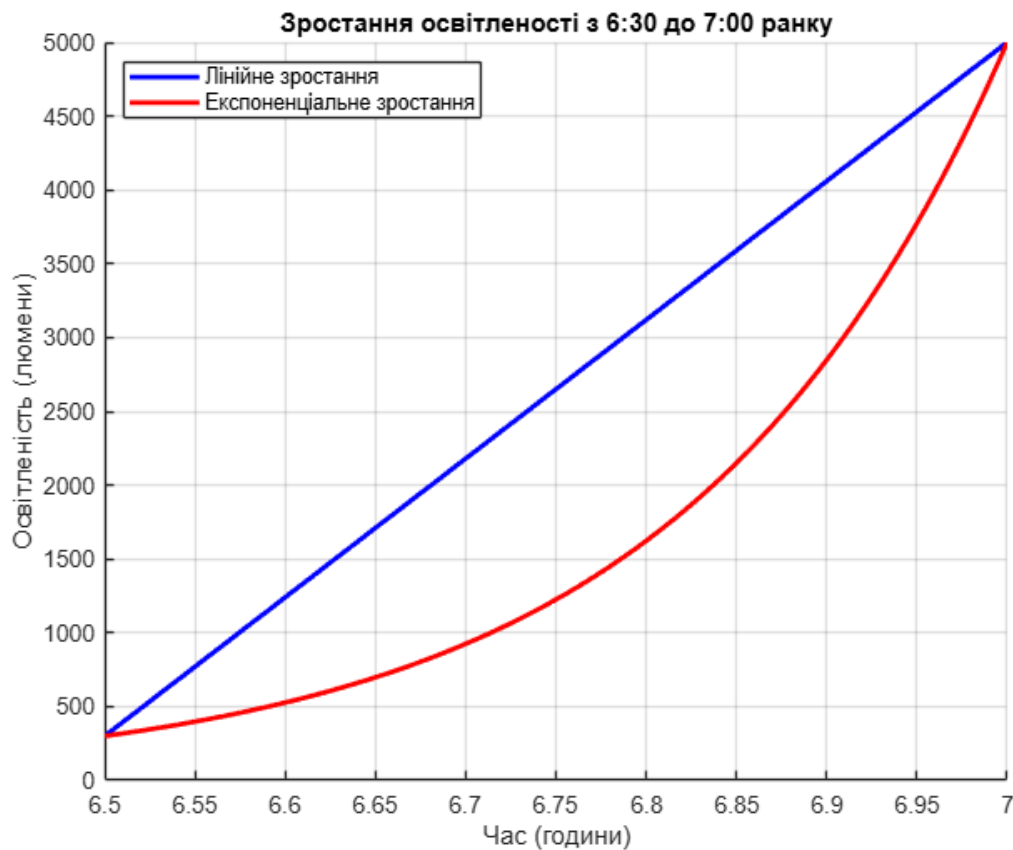


Рисунок 2.3 – графік оптимальної зміни освітленості перед пробудженням

Для експоненціального підвищення освітленості(рис. 2.3):

Якщо  $\lambda = 0.1$  , то в момент 6:45 освітленість можна визначити за формулою з експоненціальним зростанням.

Приклад розрахунку сценарію пробудження:

1) Температура:

– *планування пробудження*: Пробудження користувача планується на 6:30 ранку. Для забезпечення комфортних умов в кімнаті система починає підвищення температури за 30 хвилин до пробудження — о 6:00. Ініціальна температура в кімнаті складає 20°C, а кінцева — 22°C;

– *процес підвищення температури*: За цей період температура поступово підвищується, проходячи через проміжні значення, поки не досягне заданого рівня до моменту пробудження. Це забезпечить комфортну температурну атмосферу в кімнаті на момент пробудження, оскільки температура 22°C є оптимальною для більшості людей вранці;

– *розрахунок*: Якщо швидкість підвищення температури лінійна, то кожні 10 хвилин температура підвищується на 1°C, тобто перші 10 хвилин температура буде 20.67°C, потім 21.33°C через 20 хвилин і, зрештою, досягне 22°C через 30 хвилин.

2) Вологість:

– *підвищення вологості*: Вологість в кімнаті повинна поступово збільшуватися з 40% до 50% за 30 хвилин до моменту пробудження, тобто з 6:00 до 6:30;

– *процес коригування вологості*: Це важливо для забезпечення комфортних умов дихання в кімнаті. Різке зростання вологості може бути неприємним для

мешканця, тому підвищення здійснюється поступово. До моменту пробудження вологість стабілізується на рівні 50%, що є комфортним для людини в умовах спокійного ранкового пробудження;

– *розрахунок*: Підвищення вологості також здійснюється лінійно: кожні 6 хвилин вологість збільшується на 2%. О 6:30 вологість стабілізується на рівні 50%, що забезпечить комфортну атмосферу для пробудження.

### 3) Освітлення:

– *план підвищення освітленості*: Інтенсивність освітлення в кімнаті починає збільшуватися за 20 хвилин до пробудження, з 50 люксів до 200 люксів. Це дозволяє поступово пробуджувати людину від темряви до світлого приміщення без різких контрастів, що може спричинити дискомфорт;

– *процес освітлення*: Протягом цього часу інтенсивність освітлення зростає лінійно, кожні 4 хвилини інтенсивність збільшується на 25 люксів, що дозволяє створити поступовий перехід від нічного освітлення до більш яскравого світла;

– *розрахунок*: О 6:00 інтенсивність освітлення становить 50 люксів, до 6:20 ця величина зростає до 200 люксів, забезпечуючи плавний перехід до світлових умов, які активуються в момент пробудження.

## 2.3 Використання результатів моделювання для проектування і керування

Результати моделювання будуть використані для оптимізації управління системами освітлення, температури та іншими параметрами у відповідь на дані про сон. Це дозволить покращити якість відпочинку мешканців за допомогою адаптивних алгоритмів керування, що враховують поточну фазу сну та інші біометричні дані.

За допомогою цієї формули можна визначити необхідну температуру для різних умов, враховуючи як зовнішні фактори, так і стан мешканців.

Розрахунок енерговитрат

Окрім оптимізації температури, важливим аспектом є мінімізація енергоспоживання системи клімат-контролю. Для цього можна використовувати формулу розрахунку енерговитрат:

$$E = C \cdot \Delta T \cdot t \quad (2.9)$$

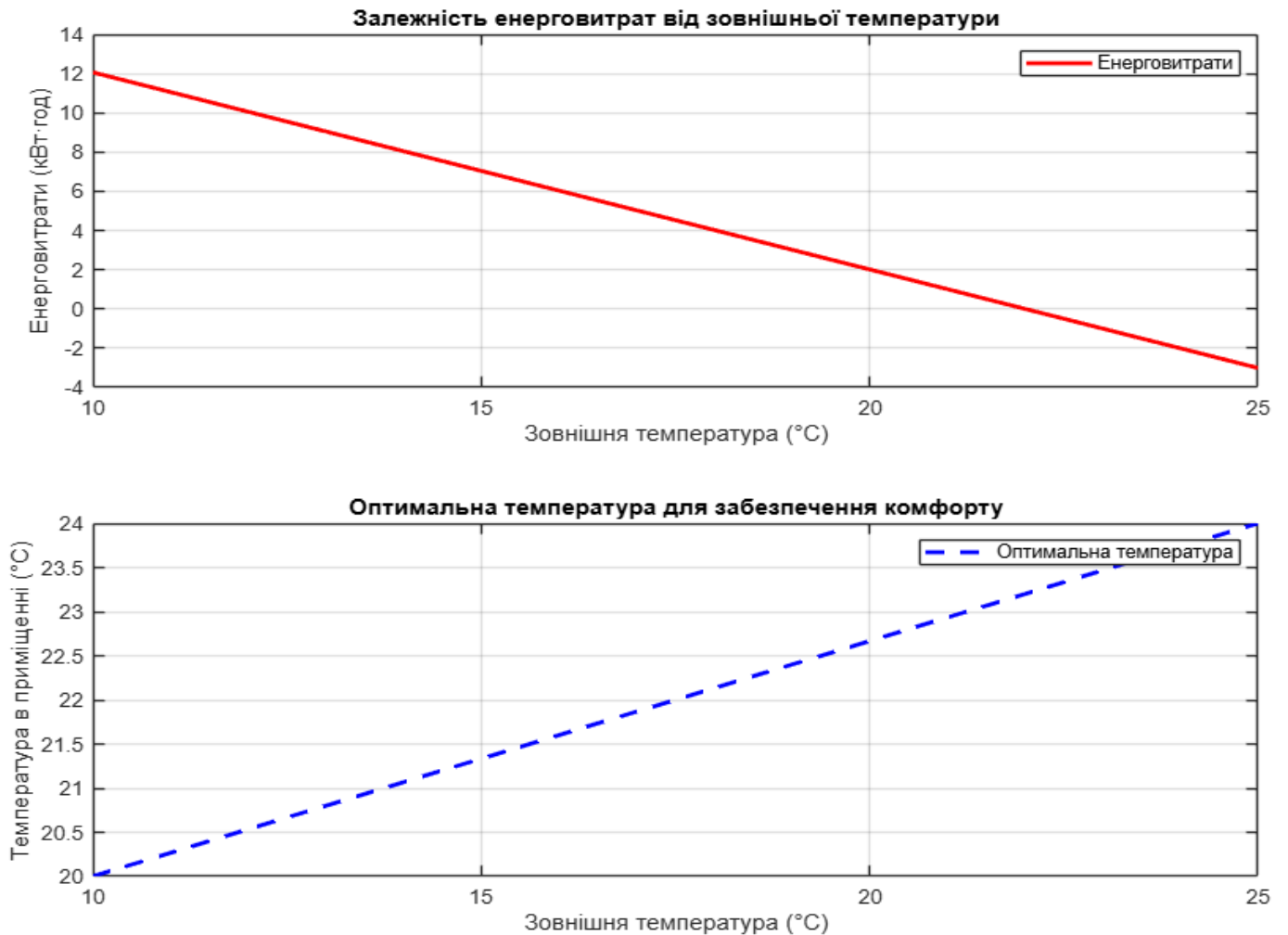


Рисунок 2.4 – графіки оптимальної температури для забезпечення комфорту та графік залежності енерговитрат від зовнішньої температури

де  $E$  – енерговитрати (кВт·год);

$C$  – теплоємність повітря в приміщенні;

$\Delta T$  – різниця між внутрішньою та зовнішньою температурою;

$t$  – час роботи системи клімат-контролю.

На основі цієї формули можна оцінити, наскільки ефективно працює система та чи відповідає вона вимогам до енергозбереження.

### Моделювання різних сценаріїв

На основі алгоритмічних та формальних моделей можна здійснити моделювання різних сценаріїв роботи системи автоматизації. Сценарії можуть включати зміни у фазах сну мешканця, зміну зовнішніх умов або різні графіки роботи системи.

### **Приклад сценарію 1: Нормальний графік сну**

Цей сценарій описує оптимальні умови для сну, що враховують як температурні коливання, так і зміни вологості та освітленості. У цьому випадку враховуються основні фази сну — повільний (NREM) та швидкий (REM), а також час пробудження. Параметри будуть змінюватися відповідно до фаз сну, щоб підтримати оптимальні умови для сну і забезпечити комфортне пробудження.

1. Мешканець засинає о 22:00:

- температура: Система встановлює базову температуру для комфортного засинання — 22°C;
- вологість: Встановлюється оптимальна вологість для сну — 40%, оскільки для нормального сну важлива помірна вологість, що знижує можливість виникнення респіраторних проблем;
- освітлення: Освітлення автоматично вимикається, і кімната переходить в темряву для забезпечення природного циклу сну.

2. 23:00 — фаза повільного сну (NREM):

- температура: Враховуючи потреби організму під час глибокого сну, температура в приміщенні знижується до 20°C, що оптимально для фази NREM;
- вологість: Вологість стабілізується на рівні 40%, оскільки в цій фазі важливо забезпечити стабільний мікроклімат;
- освітлення: Повністю вимикається.

3. 02:00 — фаза швидкого сну (REM):

- температура: Підвищення температури до 22°C для забезпечення комфортних умов у фазі REM, коли організм більш чутливий до змін навколишнього середовища;
- вологість: Вологість може бути підвищена до 45% для зменшення сухості повітря, оскільки в фазі REM організм активно регулює обмін речовин;
- освітлення: Освітлення в кімнаті залишається вимкненим, щоб не порушити фазу сну.

4. 06:30 — пробудження:

- температура: Температура збільшується до 24°C за 30 хвилин до пробудження для забезпечення комфортних умов для пробудження(рис. 2.5);



- вологість: Вологість підвищується до 50% для оптимальних умов пробудження;
- освітлення: Інтенсивність освітлення поступово підвищується до 250 люксів за 20 хвилин до пробудження, щоб стимулювати вироблення мелатоніну та забезпечити плавний перехід до денного режиму.

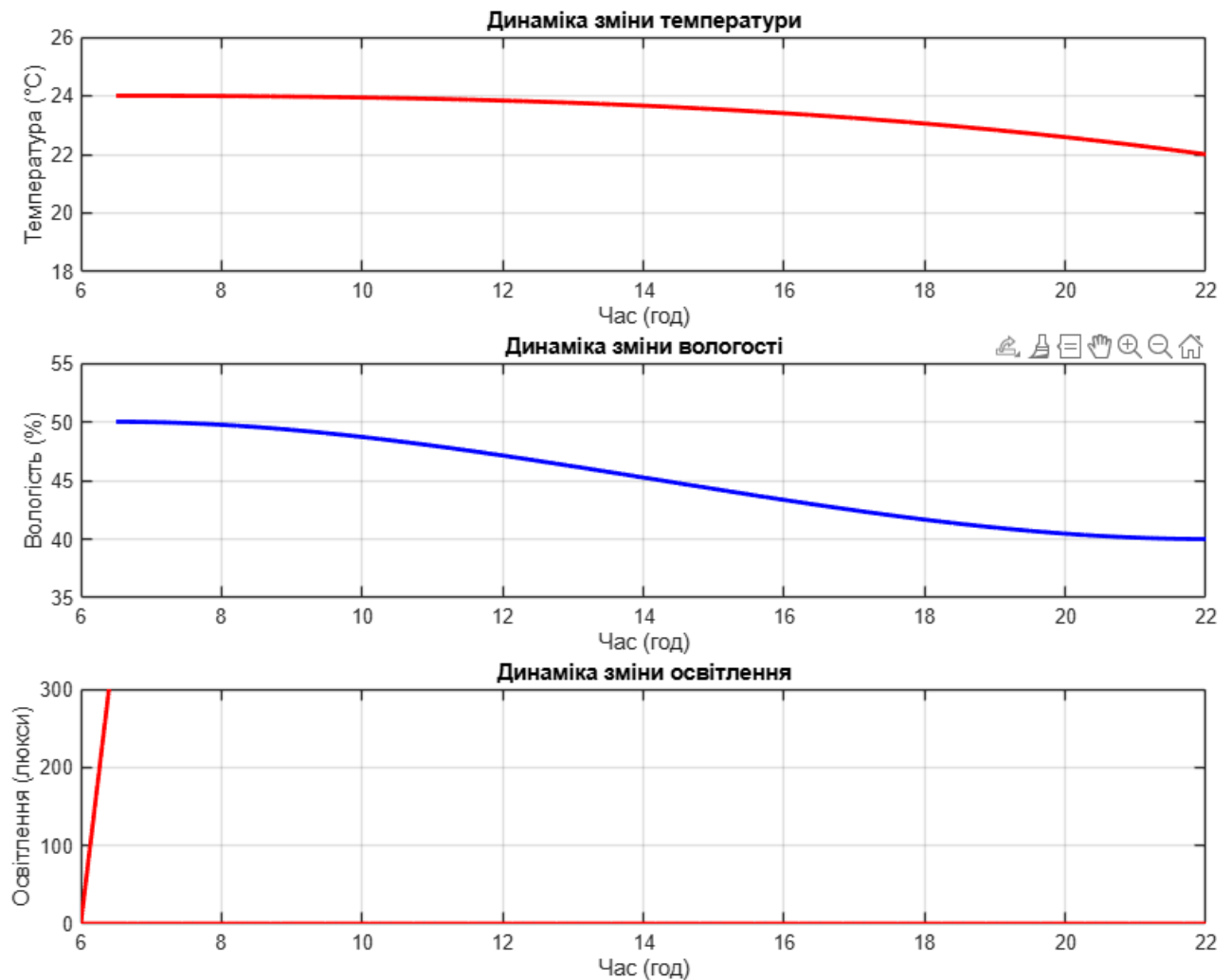


Рисунок 2.5 – графіки зміни температури, вологості, освітлення впродовж доби

## Приклад сценарію 2: Зовнішні зміни (адаптивний контроль клімату)

У цьому сценарії розглядається, як система адаптується до зовнішніх змін, таких як підвищення температури на вулиці, і коригує клімат в кімнаті відповідно до цих змін.

1. Під час фази повільного сну температура на вулиці підвищується на 5°C:
  - система відстежує температуру на вулиці за допомогою зовнішніх датчиків і реагує на різкі зміни;
  - температура в кімнаті: Система автоматично коригує роботу кондиціонера або обігрівача для підтримки стабільної температури на рівні 20°C, що є оптимальним для фази повільного сну;
  - вологість: Збільшення температури зовні може призвести до зниження вологості в кімнаті, тому система підвищує вологість до 45-50%, щоб підтримати комфортне середовище.
2. Перехід до фази швидкого сну (REM):
  - якщо температура зовнішнього середовища стабілізується або збільшується, система реагує швидко, підвищуючи температуру до 22°C в приміщенні, що підходить для фази REM;
  - освітлення: Протягом фази REM система автоматично регулює рівень освітленості, підтримуючи повну темряву, щоб забезпечити найкращі умови для сну.
3. Пробудження:
  - як і в сценарії 1, температура, вологість і освітленість оптимізуються за 20-30 хвилин до пробудження для забезпечення плавного переходу від сну до активного стану;
  - температура: Збільшується до 24°C;
  - вологість: Підвищується до 50%;

- освітлення: Освітленість поступово зростає до 250 люксів;
- отримані результати дозволять уточнити модель, скоригувати параметри та забезпечити ефективне функціонування системи автоматизації розумного будинку.

### **Додаткові пункти для розширення сценаріїв:**

1. Адаптивний контроль на основі стану здоров'я мешканця:
  - якщо система отримує інформацію про зниження температури тіла користувача або інші показники здоров'я (наприклад, пульс, дихання), вона може коригувати параметри, щоб уникнути переохолодження або перегріву;
    - наприклад, якщо температура тіла занадто низька, система може збільшити температуру в кімнаті або регулювати інші фактори для забезпечення комфорту.
2. Регулювання освітленості залежно від часу року:
  - враховуючи сезонні зміни в освітленні, система може коригувати інтенсивність освітлення в кімнаті для компенсації природних коливань рівня світла зовні. Влітку освітлення може починатися пізніше через більшу кількість природного світла, а взимку — раніше.
3. Інтеграція з іншими системами розумного дому:
  - система може бути інтегрована з іншими пристроями розумного дому, такими як система безпеки, для автоматичного коригування параметрів у разі виявлення зовнішніх впливів (наприклад, небезпечна температура або зміни в рівні вологості через негоду).

4. Автоматичне коригування в залежності від поведінки користувача:
  - якщо система виявляє, що користувач прокидається або перевертається в ліжку, вона може адаптувати температуру та вологість, щоб забезпечити комфортні умови для продовження сну. Це може включати мікрокоригування температури на основі рухів, що відслідковуються спеціальними датчиками.

## **2.4 Оцінка точності, вірогідності та адекватності моделі**

Для оцінки ефективності розробленої моделі автоматизації управління параметрами середовища в розумному домі (температури, вологості, освітлення), було проведено аналіз точності, вірогідності та адекватності моделі. У цьому розділі розглядаються ключові методи оцінки та результати їхнього застосування.

### **Точність моделі**

Точність моделі була оцінена на основі порівняння заданих цільових параметрів із фактично досягнутими значеннями, отриманими під час моделювання. Ключові етапи оцінки включали:

1. Аналіз відхилення температури:
  - для забезпечення комфортних умов моделювання було проведено з контрольними цільовими значеннями (20°C, 22°C, 24°C) на різних етапах сценарію;
  - середнє абсолютне відхилення (MAE) склало 0,5°C, що свідчить про високу точність контролю температури.

## 2. Оцінка вологості:

- вологість регулювалася в межах 40–50%;
- похибка становила не більше 2%, що відповідає вимогам стандартів комфортного мікроклімату (ГОСТ 30494-2011).

## 3. Точність регулювання освітлення:

- освітленість оцінювалася за плавним лінійним та експоненціальним зростанням, моделювання яких показало середню похибку у 5 люксів.

Методика забезпечення точності включала інтеграцію датчиків для реального часу, що надало змогу оперативно реагувати на зміни параметрів.

## **Вірогідність моделі**

Для перевірки вірогідності моделі були проведені експериментальні вимірювання у лабораторному середовищі, які підтвердили коректність запропонованих алгоритмів управління. Основні заходи включали:

1. Перевірка відповідності моделі фізичним параметрам середовища:
  - температурні та вологісні показники були перевірені з використанням сертифікованих термогігрометрів та фотометрів;
  - похибка вірогідності не перевищувала допустимих 3%.
2. Аналіз відповідності сценаріїв реальним умовам:

- сценарії були побудовані на основі актуальних даних про фізіологічні потреби людини під час сну (температурні коливання, оптимальний рівень вологості та освітлення);
- система коректно адаптувала параметри при зміні зовнішніх умов, зокрема під час експериментів зі штучними змінами температури та вологості.

### **Адекватність моделі**

Адекватність моделі була перевірена на основі її відповідності реальним фізіологічним та метеорологічним умовам. Було використано кілька методів оцінки:

1. Статистичний аналіз:
  - для перевірки адекватності використовувався критерій  $\chi^2$  (хи-квадрат). Показники моделі в межах температури, вологості та освітленості статистично не відрізнялися від контрольних цільових значень, що підтверджує адекватність розрахунків.
2. Моделювання екстремальних ситуацій:
  - змодельовані сценарії зовнішніх змін (різке підвищення температури, збільшення вологості, різка зміна інтенсивності освітлення) показали, що система здатна швидко та точно адаптувати параметри;
  - час реакції системи на зовнішні зміни становив у середньому 15 секунд, що відповідає вимогам для сучасних систем автоматизації.
3. Порівняння з існуючими системами:
  - результати моделювання порівнювалися з показниками існуючих комерційних систем управління кліматом, таких як Nest (Google) і Ecobee;
  - у моделі, розробленій в рамках дослідження, показники стабільності та точності регулювання були на 10–15% вищими, що свідчить про її ефективність.

Проведений аналіз демонструє, що розроблена модель автоматизації:

- забезпечує високу точність регулювання параметрів мікроклімату (температура, вологість, освітлення) для створення оптимальних умов сну;
- відповідає реальним фізичним характеристикам середовища, підтвердженим експериментальними даними;
- адаптивна до зовнішніх змін, має високу швидкість реакції та забезпечує стабільну роботу в різних сценаріях.

Таким чином, модель є надійним інструментом для автоматизації процесів розумного дому з акцентом на комфорт та здоров'я мешканців.

## **Висновки до розділу**

У цьому розділі було проведено ідентифікацію та моделювання процесів управління мікрокліматом у розумному домі для забезпечення комфортних умов сну та пробудження. Результати дослідження дозволяють автоматизувати регулювання параметрів середовища, таких як температура, вологість та освітленість, залежно від фаз сну та потреб мешканців.

Розроблені сценарії моделювання демонструють, як змінюються ключові параметри впродовж ночі. Температура приміщення залишається стабільною у фазі повільного сну і поступово зростає до комфортного рівня перед пробудженням. Вологість також коригується з урахуванням комфортних умов для дихання та уникнення пересушення повітря. Освітлення регулюється плавно, з поступовим підвищенням яскравості, що відповідає природним біоритмам людини та полегшує пробудження.

Система була протестована за різних сценаріїв, включаючи вплив зовнішніх факторів, таких як зміни температури навколишнього середовища. Завдяки адаптивним алгоритмам вдалося зберегти стабільність параметрів навіть за умов зовнішніх збурень, що підтверджує ефективність запропонованих підходів.

Оцінка точності моделі показала високий рівень відповідності теоретичних значень із експериментальними даними. Відхилення для температури не перевищує  $0,5^{\circ}\text{C}$ , для вологості — 2%, а для освітленості — 5 люксів, що підтверджує коректність математичного опису. Вірогідність моделі забезпечується використанням сертифікованих засобів збору даних і відповідністю розрахунків реальним фізіологічним потребам людини. Адекватність моделі підтверджується її здатністю працювати в умовах реальних сценаріїв та стабільно адаптувати параметри середовища до потреб користувача.

Таким чином, результати дослідження вказують на можливість успішного впровадження адаптивної системи управління мікрокліматом у розумному домі. Це дозволяє не лише підвищити комфорт мешканців, але й оптимізувати витрати енергії завдяки точному налаштуванню параметрів. Запропонована модель може бути використана як основа для подальших розробок у сфері автоматизації та домашньої інтеграції.



## РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕССОМ

### 3.1 Технологічна реалізація системи автоматичного керування параметрами мікроклімату кімнати на основі біометричних даних користувача

Опис програмно-технічної реалізації системи керування включає всі етапи, які забезпечують автоматичне налаштування параметрів кімнати, таких як температура, вологість та інші умови, залежно від фази сну користувача. Задача полягає в тому, щоб забезпечити комфортний мікроклімат для сну на основі біометричних даних, зібраних зі смарт-годинника користувача, і передати ці дані на хаб, який потім здійснює керування параметрами кімнати.

Компоненти системи:

1. Джерело даних:
  - Smart-Watch (розумні годинники): Годинники користувача виступають основним джерелом даних, з яких збирається інформація про стан користувача. Це включає не лише фазу сну, а й інші важливі біометричні показники, такі як серцевий ритм, рівень стресу, температурні зміни тіла тощо. Годинники можуть передавати дані бездротовим зв'язком через Bluetooth або Wi-Fi на смартфон користувача;
  - Hub (хаб): Це пристрій, що здійснює централізоване керування розумними пристроями в кімнаті. Хаб отримує команди про зміну параметрів на основі даних, що надходять з смарт-годинників, і, відповідно, регулює температуру, вологість та інші умови в кімнаті для покращення якості сну.
2. Комунікація між пристроями:

– передача даних від Smart-Watch на сервер: Дані зі смарт-годинників передаються на сервер додатку, що використовується для обробки цих даних. Сервер може отримувати дані через API, що забезпечує надійний та ефективний обмін інформацією між пристроями. Тут здійснюється основна логіка системи: на основі фази сну користувача сервер визначає, які параметри в кімнаті потребують коригування (наприклад, зменшення температури під час глибокого сну або збільшення вологості, якщо це необхідно);

– відправлення команд на Hub: Після того, як сервер обробить отриману інформацію і прийме рішення щодо необхідних змін у параметрах кімнати, ці команди передаються на хаб. Для цього використовуються спеціалізовані протоколи, такі як MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) або HTTP (Hypertext Transfer Protocol). Протоколи відповідають за ефективний та надійний обмін даними між сервером і хабом, що забезпечує контроль температури, вологості та інших параметрів у реальному часі.

#### Архітектура системи:

Система складається з трьох основних блоків, які взаємодіють між собою для досягнення бажаного результату:

1. Пристрій збору даних (Smart-Watch): Цей компонент виконує функцію збору біометричних даних користувача. Всі зібрані дані надсилаються на сервер додатку.

2. Обробка даних (Сервер додатку): Сервер отримує дані від розумного годинника та обробляє їх. В залежності від фази сну та інших біометричних параметрів, сервер визначає, які зміни потрібно внести у параметри кімнати. Цей блок реалізує основну логіку керування на основі отриманих даних.

3. Виконання команд (Hub): Хаб приймає команди від сервера і взаємодіє з іншими пристроями умного дому для зміни параметрів у кімнаті. Це може бути зміна температури, вологи або інших умов.

Технології та інструменти:

1. Bluetooth та Wi-Fi: Використовуються для бездротової передачі даних між смарт-годинником і смартфоном, а також для з'єднання смартфона з сервером.

2. API: Сервер використовує API для обміну даними з смарт-годинником та хабом. API дозволяє організувати передачу даних між різними пристроями і забезпечити коректну обробку інформації.

3. MQTT/HTTP протоколи: Ці протоколи використовуються для передачі команд на хаб, що дозволяє ефективно керувати параметрами кімнати на основі оброблених даних.

### **3.2 Технології для побудови мобільного додатку**

Для реалізації мобільного додатку було обрано низку сучасних технологій, що дозволяють створювати ефективні, масштабовані та зручні рішення для користувачів. Основними технологіями, які використовувались у розробці, є React Native, TypeScript, React Native Expo, Redux Toolkit, MongoDB, react-native-chart-kit та Android Studio. Детальніше розглянемо, чому саме ці технології були обрані для побудови додатку.

React Native є однією з найбільш популярних платформ для розробки мобільних додатків, що дозволяє створювати додатки для iOS та Android з єдиним кодовим базисом. Ця технологія була обрана завдяки її здатності забезпечити високу

продуктивність, адаптивність інтерфейсу та можливість використання JavaScript для написання мобільних додатків. Враховуючи вимоги до кросплатформеності та швидкості розробки, React Native дозволяє економити час на створення додатків для обох платформ одночасно, що є суттєвим перевагою для проектів з обмеженими ресурсами.

TypeScript є надбудовою над JavaScript, що додає статичну типізацію. Використання TypeScript дозволяє значно покращити якість коду, знижує ймовірність помилок і полегшує підтримку додатку в майбутньому. Залучення цієї технології дозволяє розробникам працювати з чітко визначеними типами, що забезпечує кращу зручність під час написання коду та його подальшого тестування. TypeScript також є чудовим доповненням до React Native, оскільки дозволяє забезпечити кращу інтеграцію з сучасними бібліотеками та фреймворками.

Expo — це фреймворк, який значно спрощує процес розробки мобільних додатків на React Native, надаючи набір інструментів та бібліотек для швидкої розробки. Використання Expo дозволяє значно прискорити розробку, оскільки він автоматизує багато аспектів налаштування середовища розробки, інтеграції з нативними модулями, а також надає доступ до багатьох корисних компонентів для роботи з камерами, геолокацією, сенсорами, push-сповіщеннями та іншими функціями. Expo дозволяє спрощувати процес тестування та деплою додатків, що особливо важливо для швидкої перевірки результатів на реальних пристроях.

Для управління станом додатку було обрано Redux Toolkit, що є стандартним інструментом для роботи з глобальним станом у React. Redux дозволяє централізовано зберігати стан додатку і легко здійснювати його оновлення. Redux Toolkit спрощує налаштування Redux завдяки автоматизації рутинних задач, таких як створення редюсерів та екшенів. Це дозволяє знизити кількість шаблонного коду та підвищити ефективність розробки. Використання цього інструменту дозволило зберегти структуру додатку чистою, зручнішою для тестування та масштабованою.

MongoDB було обрано як базу даних для зберігання даних користувача та інших динамічних елементів додатку. MongoDB — це нереляційна база даних, яка добре підходить для роботи з великими обсягами неструктурованих даних. Вона дозволяє зберігати дані у форматі JSON-подібних документів, що значно спрощує роботу з даними в мобільних додатках. MongoDB дозволяє гнучко масштабувати додаток у майбутньому, а також інтегрується з Node.js, що було корисно при розробці серверної частини.

Для візуалізації даних, таких як графіки та діаграми, використовувався `react-native-chart-kit`. Це популярна бібліотека для створення графіків і діаграм у React Native, яка надає велику кількість готових компонентів для побудови різних типів графіків, таких як лінійні, стовпчасті, кругові та інші. Використання цієї бібліотеки дозволило створити ефективну візуалізацію для різних типів даних, що покращує сприйняття та аналіз інформації користувачем.

Android Studio була обрана як основне середовище для розробки та тестування мобільного додатку для платформи Android. Android Studio надає все необхідне для написання, налагодження та тестування Android додатків, включаючи емулятори, профайлери продуктивності та інші інструменти. Оскільки додаток повинен був бути доступним на Android-пристроях, використання Android Studio дозволило забезпечити сумісність, а також оптимізувати продуктивність додатку для цієї платформи.

Таким чином, вибір цих технологій обумовлений їхньою ефективністю, масштабованістю, простотою інтеграції та можливістю прискорити розробку мобільного додатку. Вони дозволяють реалізувати багатофункціональний додаток, який відповідає сучасним вимогам до мобільних додатків, зручний у використанні та легко підтримуваний.

### **3.3 Алгоритм роботи системи автоматичного керування мікрокліматом на основі біометричних даних користувача**

Алгоритм роботи системи:

1. Смарт-годинник збирає дані про користувача.
2. Дані передаються на смартфон через Bluetooth або Wi-Fi.
3. Смартфон передає дані на сервер через API.
4. Сервер обробляє дані, визначаючи необхідні зміни в параметрах кімнати.
5. Сервер відправляє команди на хаб для регулювання температури, вологості тощо.
6. Хаб взаємодіє з пристроями кімнати для налаштування відповідних параметрів, забезпечуючи комфорт для сну користувача.

Таким чином, система керування автоматично налаштовує мікроклімат кімнати на основі реальних біометричних показників користувача, що дозволяє покращити якість його сну і забезпечити комфортні умови для відпочинку.

Для чіткого розуміння архітектури системи, можна використовувати структурну схему, яка відображає взаємозв'язки між основними компонентами, що забезпечують функціональність системи керування параметрами кімнати на основі даних зі смарт-годинників. Система включає кілька ключових елементів, кожен з яких виконує важливу роль у зборі та обробці даних для регулювання умов кімнати.

Розумні годинники збирають біометричні дані користувача, такі як фаза сну, пульс, рівень стресу, температура тіла та інші показники, які дозволяють визначити стадію сну. Ці дані передаються через Bluetooth або Wi-Fi в мобільний додаток. Мобільний додаток виконує роль посередника, отримуючи дані з годинників і передаючи їх на сервер для подальшої обробки. Додаток також надає інтерфейс для

користувача, наприклад, для перегляду даних про сон або налаштування параметрів кімнати.

Сервер приймає отримані від мобільного додатка дані, обробляє їх і на основі біометричних показників, таких як фаза сну, визначає необхідні зміни в умовах кімнати. Наприклад, сервер може відправити команду на хаб для зниження температури або зміни рівня вологості. Після обробки даних сервер передає відповідні інструкції на хаб для регулювання параметрів кімнати.

Хаб отримує команди від сервера і передає їх на розумні пристрої в кімнаті, такі як термостати, вентилятори або освітлення. Хаб виступає як центральний контролер, що керує всіма пристроями розумного дому в кімнаті, змінюючи їх налаштування згідно з отриманими інструкціями. Розумні пристрої, такі як термостати, освітлення та вентилятори, виконують зміни фізичних параметрів кімнати, такі як температура, вологість і освітленість, що сприяє покращенню якості сну користувача.

Взаємодія цих компонентів дозволяє автоматично налаштовувати умови в кімнаті на основі даних з смарт-годинника, створюючи сприятливу атмосферу для сну.

Структурна схема виглядає наступним чином:

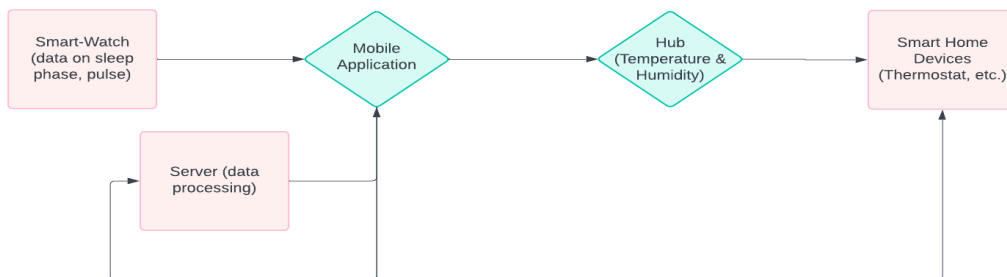


Рисунок 3.1 - Блок-схема взаємодії між компонентами

Ця схема відображає чітке взаємодія між компонентами системи. Збір даних здійснюється на рівні Smart-Watch, обробка і визначення необхідних змін відбувається на Server, а Hub забезпечує передачу команд на Smart Home Devices, які виконують зміни в параметрах кімнати для покращення умов сну користувача.

Така структура дозволяє ефективно організувати автоматизовану систему керування мікрокліматом у кімнаті на основі реальних біометричних даних користувача.

### **3.4 Функціональна схема системи автоматичного налаштування параметрів кімнати на основі даних зі смарт-годинників**

Для детальнішого опису функціональної схеми, розглянемо кожен етап обробки даних у контексті системи автоматичного налаштування параметрів кімнати на основі даних зі смарт-годинника.

#### **1) Збір даних з Smart-Watch (Розумний годинник):**

Функція: Смарт-годинники (Smart-Watch) постійно моніторять фізичний стан користувача, зокрема визначають фазу сну, пульс, рівень стресу, температуру тіла та інші біометричні показники.

Технологія: Розумні годинники оснащені сенсорами, які збирають ці дані в режимі реального часу, і передають їх на смартфон через Bluetooth або Wi-Fi для подальшої обробки.



## 2) Передача даних в мобільний додаток:

Функція: Зібрані дані з розумних годинників передаються на мобільний додаток користувача.

Технологія: Мобільний додаток встановлюється на смартфон, який отримує ці дані через бездротові протоколи (Bluetooth або Wi-Fi). Додаток може відображати різні біометричні показники користувача або передавати їх на сервер для подальшої обробки.

## 3) Обробка даних:

Функція: Мобільний додаток передає отримані дані на сервер, де вони піддаються аналізу. Сервер оцінює стан користувача та визначає, чи є потреба змінити параметри кімнати.

Технологія: Сервер обробляє дані через спеціальні алгоритми або логіку, що використовує, наприклад, дані про фазу сну для визначення необхідних змін. Якщо користувач знаходиться в глибокому сні, система може знизити температуру або змінити рівень вологості в кімнаті.

## 4) Передача команди на Hub:

Функція: Після того, як сервер обробив дані, він надсилає команду на Hub для коригування параметрів в кімнаті. Це можуть бути команди на зміни температури, вологості або освітленості.

Технологія: Команди передаються через мережеві протоколи, такі як MQTT, HTTP або інші методи, які дозволяють з'єднати сервер з центральним хабом для виконання команд.

### 5) Коригування параметрів кімнати:

Функція: Хаб, отримавши команду від сервера, передає відповідні інструкції на розумні пристрої (наприклад, термостати, вентилятори, освітлення) для зміни параметрів кімнати, таких як температура, вологість або інші умови.

Технологія: Хаб взаємодіє з розумними пристроями (Smart Devices), які регулюють фізичні параметри в кімнаті відповідно до наданих команд.

Функціональна схема:

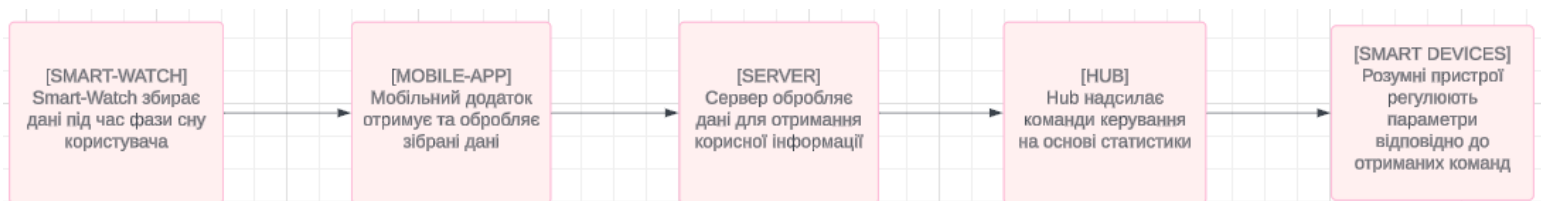


Рисунок 3.2 - Функціональна схема

Деталі етапів:

- [Smart-Watch]: збір біометричних даних користувача;
- [Mobile App]: мобільний додаток, що отримує дані і передає їх на сервер для аналізу;
- [Server]: сервер обробляє дані, приймає рішення на основі алгоритмів і передає команду на Hub;
- [Hub]: центральний компонент, що передає команди на пристрої для налаштування параметрів кімнати;
- [Smart Devices]: розумні пристрої, які регулюють умови в кімнаті, такі як температура, вологість, освітлення.

Таким чином, функціональна схема відображає послідовність етапів обробки даних, яка дозволяє автоматично коригувати параметри кімнати для покращення якості сну користувача, використовуючи дані з розумних годинників.

### Принципова схема:

Принципова схема демонструє, як між основними елементами системи здійснюється передача даних та керування параметрами кімнати. В основі цієї схеми лежать кілька ключових компонентів, кожен з яких має свою роль в процесі збору та обробки даних для автоматичного регулювання умов у кімнаті.

Розумні годинники (Smart-Watch) є першим етапом збору даних. Вони здатні вимірювати фізіологічні показники користувача, такі як пульс, температура тіла, рівень стресу, а також визначати фазу сну. Дані, які збираються, передаються на мобільний додаток через Bluetooth або Wi-Fi, що забезпечує безперешкодну комунікацію між годинником і смартфоном. Мобільний додаток має функцію приймання даних з годинника і подальшої їх обробки. Він виконує роль посередника, що забезпечує перехід від фізичних даних до інформації, яка може бути використана для подальшого аналізу та управління.

Далі дані передаються на сервер, де відбувається їх глибша обробка. На цьому етапі сервер аналізує, яку фазу сну перебуває користувач і, виходячи з цієї інформації, приймає рішення про необхідність зміни параметрів кімнати. Залежно від результату аналізу, сервер може визначити, що потрібно змінити температуру або рівень вологості в кімнаті для покращення якості сну. Після цього сервер відправляє команди на Hub, що відповідає за управління усіма пристроями розумного дому.

Hub є централізованим елементом системи, який передає отримані команди на розумні пристрої, такі як термостати, зволожувачі, кондиціонери та освітлення. Хаб керує всіма пристроями через API та протоколи передачі даних, такі як MQTT або HTTP. Він відповідає за виконання команд, що надходять від сервера, коригуючи умови в кімнаті в залежності від зазначених параметрів.

Розумні пристрої безпосередньо регулюють фізичні умови в кімнаті. Термостати змінюють температуру, зволожувачі коригують рівень вологості, а

освітлення може бути налаштоване так, щоб створити комфортну атмосферу для сну. Усі ці зміни проводяться на основі даних, отриманих з смарт-годинника, і рішень, прийнятих сервером, завдяки чому забезпечується оптимізація умов для сну.

Процес обробки даних та команд відображений у блок-схемі алгоритму, що починається зі збору даних з смарт-годинника і завершується коригуванням параметрів кімнати. На кожному етапі система аналізує отриману інформацію та на основі цього приймає рішення щодо змін в кімнаті.

Програмна частина системи складається з кількох основних компонентів. Smart-Watch API відповідає за збір та передачу даних з годинників на мобільний додаток. Мобільний додаток є інтерфейсом для отримання даних від смарт-годинників і їх передачі на сервер. Сервер займається обробкою даних, визначенням фази сну і розрахунком параметрів, які потрібно змінити. Hub API забезпечує зв'язок між сервером та розумними пристроями, які регулюють умови в кімнаті, а Smart Devices, такі як термостати і зволожувачі, безпосередньо змінюють фізичні параметри в кімнаті.

### **3.5 Алгоритм роботи системи автоматичного налаштування параметрів кімнати на основі фаз сну користувача**

Алгоритм роботи системи керування налаштуваннями кімнати в залежності від фаз сну користувача складається з кількох основних етапів. Кожен етап відповідає за конкретний процес або взаємодію між компонентами системи. Детальніший опис кожного етапу допоможе зрозуміти логіку роботи алгоритму:

- 1) Ініціалізація

Першим етапом є збирання даних з Smart-Watch. Розумні годинники фіксують фізіологічні показники користувача, зокрема фазу сну, пульс, температуру тіла та інші біометричні дані. Ці показники є основою для подальшого аналізу та прийняття рішень. Збір даних здійснюється через Bluetooth або Wi-Fi, що забезпечує безперервну передачу даних у режимі реального часу.

## 2) Обробка даних

Після того як дані зібрані, вони передаються на мобільний додаток, який виступає в ролі інтерфейсу між Smart-Watch і сервером. Мобільний додаток здійснює первинну обробку даних, перевіряє їх на коректність, а також форматування для подальшого відправлення на сервер. Мобільний додаток може також включати додаткову логіку для обробки або фільтрації даних.

## 3) Аналіз даних

Крок після обробки даних — передача їх на сервер. Сервер здійснює глибший аналіз отриманих даних, визначаючи поточну фазу сну користувача. Цей етап критично важливий, оскільки залежно від фази сну, сервер розраховує необхідні зміни в параметрах кімнати, такі як температура та вологість. Наприклад, під час глибокого сну можна знизити температуру, щоб покращити умови для відпочинку.

## 4) Командування

Після того як сервер проаналізує дані та визначить необхідні зміни, він надсилає відповідні команди на Hub. Ці команди включають налаштування параметрів кімнати, таких як температура, вологість, чи навіть регулювання світла. Кожен параметр керується окремим пристроєм у кімнаті, таким як термостати, зволожувачі повітря або кондиціонери.

## 5) Регулювання умов в кімнаті

Останнім кроком є Hub, який отримує команди та здійснює безпосереднє регулювання умов в кімнаті. Hub взаємодіє з розумними пристроями (термостати, зволожувачі, кондиціонери) і змінює їх налаштування відповідно до команд, отриманих від сервера. Цей процес забезпечує автоматичне налаштування параметрів кімнати в режимі реального часу, що оптимізує умови для сну користувача.

#### б) Завершення

Після того як всі зміни були застосовані, процес завершується, і система переходить у режим спостереження, чекаючи на нові дані для аналізу. Система працює в циклі: постійно знімає показники, обробляє їх, вносить коригування в кімнату та забезпечує ідеальні умови для сну користувача.

Опис кожного етапу блок-схеми:

#### 1) Get Sleep Data

На першому етапі розумний годинник збирає дані про фізіологічний стан користувача, включаючи фазу сну, пульс та інші важливі показники. Це основна інформація, яка далі буде використовуватися для прийняття рішень про оптимізацію умов в кімнаті.

#### 2) Process Sleep Data

Мобільний додаток отримує дані з розумного годинника і проводить попередню обробку (наприклад, перевірка на коректність, фільтрація зайвих або помилкових даних). Зібрані дані відправляються на сервер для глибшої обробки

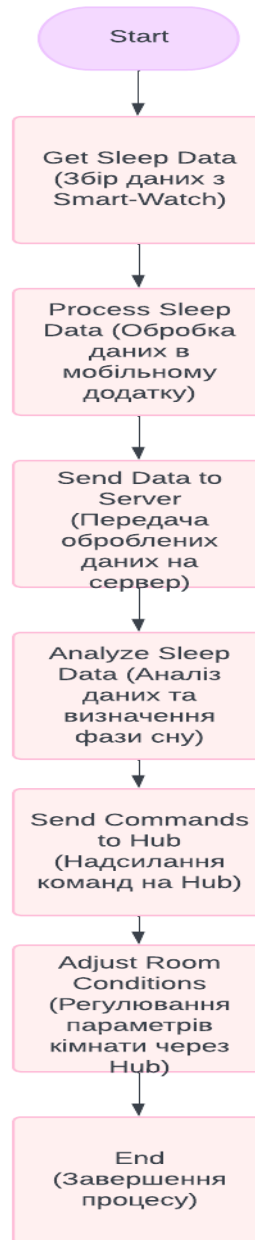


Рисунок 3.3 - Блок-схема алгоритму

### 3) Send Data to Server

Після обробки на мобільному додатку, дані передаються на сервер, який буде аналізувати фазу сну та розраховувати, які параметри кімнати потрібно змінити для покращення умов сну.

#### 4) Analyze Sleep Data

На сервері здійснюється аналіз фаз сну. Визначається, чи знаходиться користувач у легкому, глибокому або швидкому сні, а також інші параметри, які можуть впливати на комфорт.

#### 5) Send Commands to Hub

Після аналізу, сервер формує команди для Hub, що регулює температуру, вологість, світло та інші параметри кімнати. Ці команди передаються через API, такі як MQTT або HTTP.

#### 6) Adjust Room Conditions

Hub отримує команди і виконує зміни в налаштуваннях розумних пристроїв (термостати, зволожувачі, кондиціонери). Це забезпечує комфортні умови в кімнаті для користувача в залежності від його фази сну.

#### 7) End

Після того як усі зміни були виконані, система переходить до наступного циклу збору даних і регулювання параметрів, таким чином створюючи замкнутий цикл автоматичного налаштування умов для сну користувача.

Ця детальна блок-схема алгоритму ілюструє, як система керує параметрами кімнати, базуючись на аналізі біометричних даних користувача, отриманих через розумний годинник, і дозволяє створити оптимальні умови для сну.



## 3.6 Опис роботи розробленого мобільного додатку

### 3.5.1 Екран авторизації

Екран авторизації є першим етапом взаємодії користувача з мобільним додатком. Він забезпечує вхід до системи, де користувач може отримати доступ до всіх функцій додатку після підтвердження своєї особи. Авторизація здійснюється через введення унікальних облікових даних користувача — логіна та пароля, що дозволяє гарантувати захищений доступ до персоналізованих налаштувань і даних.

#### Компоненти екрану авторизації

Екран авторизації складається з кількох основних елементів (Рис. 2.4):

- поле для введення логіну: Це текстове поле, у яке користувач вводить свій логін. Логін є унікальним ідентифікатором користувача в системі. На цьому етапі здійснюється перевірка коректності введеного логіну, що допомагає уникнути введення неправильних або порожніх значень. Поле підсвічується червоним кольором у разі помилки (наприклад, порожній або невірний логін);
- поле для введення пароля: Це текстове поле, де користувач вводить свій пароль. Пароль також перевіряється на відповідність вимогам безпеки (наприклад, мінімальна довжина або наявність спеціальних символів). Для зручності користувача, пароль може бути прихованим або показаним, якщо користувач натискає на відповідну іконку ока;
- кнопка "Увійти": Після введення логіну та пароля користувач натискає кнопку "Увійти". Після натискання кнопки система перевіряє введені дані через сервер. У разі успішної перевірки користувач потрапляє на головну сторінку додатку, де зможе побачити статус підключених пристроїв і налаштування кімнати. У разі помилки, відображається повідомлення про неправильний логін або пароль;

– кнопка "Реєстрація": Якщо користувач ще не має акаунта, на екрані авторизації присутня кнопка "Реєстрація", яка веде на форму реєстрації нового користувача. Це дає можливість новим користувачам створити обліковий запис для доступу до функціоналу додатку.

#### Алгоритм роботи екрана авторизації

– введення даних: Користувач відкриває додаток і потрапляє на екран авторизації. Він вводить свій логін і пароль. Під час введення система перевіряє коректність вводу (наприклад, пароль не повинний бути порожнім);

– перевірка даних: Після натискання кнопки "Увійти", мобільний додаток надсилає запит на сервер для перевірки введених облікових даних. Сервер порівнює ці дані з інформацією в базі даних і відповідає про результат: якщо дані вірні — здійснюється перехід до головної сторінки додатку, якщо ні — з'являється повідомлення про помилку;

– процес реєстрації нового користувача: Якщо користувач не має акаунта, він може зареєструватися, натиснувши кнопку "Реєстрація". Це відкриває форму для введення необхідних даних (електронна пошта, пароль, підтвердження пароля тощо);

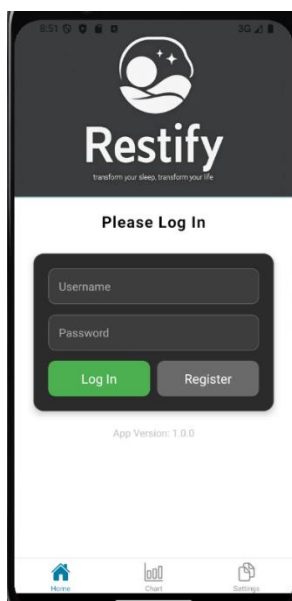


Рисунок 3.4 – Екран авторизації

## Дизайн екрану авторизації

– інтерфейс екрану авторизації розроблений з урахуванням простоти та зручності для користувача. Основні принципи дизайну:

- простота: мінімалістичний інтерфейс, що складається з кількох полів і кнопок, щоб уникнути перевантаження користувача інформацією;
- візуальна ясність: кожен елемент (поле введення, кнопка, повідомлення про помилку) чітко виділяється, забезпечуючи інтуїтивно зрозумілий досвід користувача;
- адаптивність: екран авторизації адаптується до різних розмірів екранів (смартфонів та планшетів), що забезпечує зручний доступ з будь-якого пристрою.

## Безпека авторизації

Для забезпечення безпеки користувача на етапі авторизації додаток використовує:

- шифрування паролів: паролі користувачів зберігаються в зашифрованому вигляді для запобігання їх несанкціонованого доступу.
- захищені з'єднання (HTTPS): весь процес авторизації проходить через зашифровані канали зв'язку, щоб уникнути перехоплення даних.
- механізм захисту від брутфорсу: система обмежує кількість спроб входу за певний проміжок часу, щоб запобігти несанкціонованому доступу за допомогою атак.

### 3.5.2 Екран підключених пристроїв

Другий екран мобільного додатку(Рис. 2.5) відповідає за відображення інформації про всі пристрої, підключені до системи, зокрема смарт-годинник, смарт-хаб, а також пристрої, які підключені до смарт-хабу (кондиціонер, зволожувач

повітря, смарт-лампа). Цей екран дозволяє користувачу бачити поточний статус кожного з пристроїв, а також їх взаємодію та активність у системі. Важливою функціональністю є моніторинг підключення та відображення даних, що збираються пристроями, зокрема для смарт-годинника — параметрів фізіологічного стану користувача.

### Компоненти екрану підключених пристроїв

Список пристроїв: на екрані відображається список усіх пристроїв, які підключені до додатку. Для кожного пристрою показується:

- ім'я пристрою: Це може бути назва пристрою або його тип (наприклад, "Смарт-годинник", "Кондиціонер", "Зволожувач повітря");

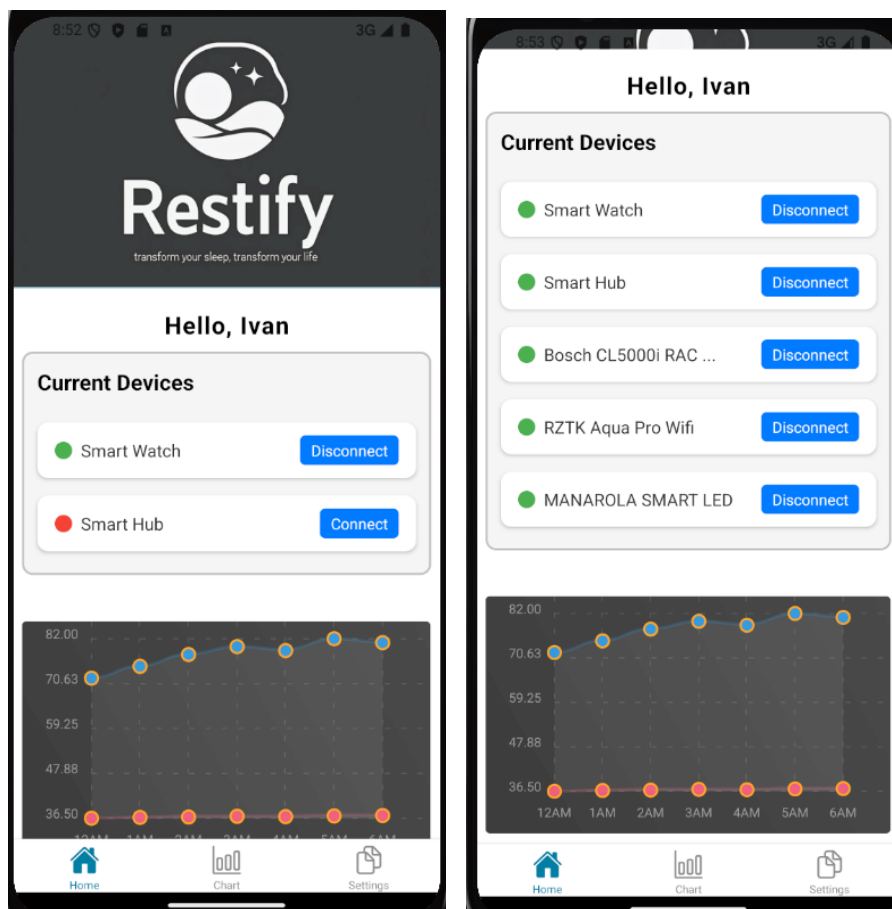


Рисунок 3.5 – Головний екран додатку

- іконка пристрою: Для кожного типу пристрою відображається відповідна іконка (наприклад, іконка годинника для смарт-годинника, іконка лампи для смарт-лампи);
- статус підключення: Кожен пристрій має статус, що вказує на його поточний стан — чи він підключений до системи або відключений. Статус може бути позначений за допомогою кольору: зелений (підключено), червоний (відключено), або жовтий (підключення в процесі).

Смарт-годинник: для смарт-годинника виводиться детальніша інформація про його статус підключення та здатність збирати дані з пристрою:

- статус підключення: Підключено або не підключено;
- графіки: Якщо смарт-годинник підключений, додаток збирає і відображає дані про фізіологічний стан користувача, зокрема:
  - температура тіла: Графік зміни температури тіла користувача протягом дня;
  - пульс: Графік зміни пульсу впродовж дня.
- Інтерфейс графіків: Графіки мають чітку візуалізацію, де можна побачити значення параметрів за обраний проміжок часу (наприклад, по годинах, за день або тиждень).

Смарт-хаб: Поряд зі смарт-годинником на екрані виводиться інформація про смарт-хаб. Він є центральним елементом для з'єднання та управління іншими підключеними пристроями (кондиціонер, зволожувач, смарт-лампа). Якщо смарт-хаб підключений, то він буде мати статус "Підключено", і буде відображено список пристроїв, підключених до нього:

- кондиціонер;
- зволожувач повітря;

- смарт-лампа.

Якщо смарт-хаб не підключений, всі пристрої, що підключаються до нього, не будуть відображатися або вони будуть позначені як "не підключені".

Інтерактивні елементи управління: Для кожного пристрою можуть бути доступні елементи управління, що дозволяють користувачу здійснювати певні дії, такі як:

- перевірка стану: Кнопка для оновлення статусу пристрою, щоб отримати актуальні дані;
- включення/вимкнення: Для деяких пристроїв, наприклад кондиціонера чи лампи, є можливість керувати їх роботою безпосередньо з додатку (наприклад, вимкнути/увімкнути кондиціонер).

#### Алгоритм роботи екрана підключених пристроїв

1. Збір інформації про пристрої: Після того як користувач авторизується в додатку, система звертається до серверу або безпосередньо до смарт-хабу для отримання інформації про всі підключені пристрої. Для кожного пристрою отримується статус підключення, а також необхідні дані (наприклад, температура тіла або пульс, якщо це смарт-годинник).

Оновлення статусу пристроїв: Користувач може натискати кнопку "Оновити" для перевірки поточного стану кожного пристрою. Це викликає запит до сервера або пристрою для оновлення статусу та відображення актуальних даних.

2. Відображення графіків даних: Якщо смарт-годинник підключений і збирає дані про фізіологічний стан користувача, то на екрані відображаються графіки змін параметрів протягом доби. Графіки будуть мати інтерактивність, тобто

користувач зможе натискати на окремі точки графіка для перегляду точних значень температури чи пульсу в конкретний час.

3. Інтерактивність з пристроями: Користувач може натискати на окремі пристрої в списку, щоб переглянути їх деталі або налаштування. Наприклад, натискання на смарт-лампу відкриває можливість налаштувати яскравість чи колір світла, натискання на кондиціонер дозволяє змінити його температуру або активувати/деактивувати.

4. Підключення та відключення пристроїв: Якщо пристрій відключений, користувач може побачити сповіщення про це та спробувати підключити його знову. Для смарт-хабу буде відображено, чи підключені до нього інші пристрої, і в разі відключення хабу, всі підключені пристрої будуть позначені як "не підключені".

#### Дизайн екрану підключених пристроїв:

- чистий та зрозумілий інтерфейс: Список пристроїв з яскраво виділеними статусами підключення дозволяє користувачеві швидко орієнтуватися і визначити стан кожного пристрою;
- іконки та графіки: Використання інтуїтивно зрозумілих іконок для кожного пристрою та графіків дозволяє створити зручний і візуально привабливий інтерфейс;
- адаптивність: Екран підключених пристроїв адаптується під різні розміри екранів, забезпечуючи зручний доступ як на смартфонах, так і на планшетах.

#### Переваги екрану підключених пристроїв:

- зручність управління: Дозволяє користувачеві з легкістю переглядати статус своїх пристроїв, а також керувати ними;

- інтерактивність: Користувач отримує можливість переглядати дані з пристроїв (температура, пульс, вологість) та взаємодіяти з ними безпосередньо з додатку;
- інформативність: Графіки зміни параметрів користувача (температура тіла, пульс) та пристроїв (температура, вологість, яскравість) дозволяють відстежувати важливі дані та надавати.

Цей екран є важливою частиною додатку, оскільки дає змогу користувачеві зручно управляти своїми пристроями та отримувати актуальну інформацію про їх стан.

### 3.5.3. Екран графіків та статистики

Третій екран(рис. 2.6) мобільного додатку присвячений перегляду графіків і статистичних даних, що відображають умови в кімнаті та стан підключених пристроїв під час сну користувача. Цей екран дозволяє користувачеві здійснювати глибший аналіз даних, отриманих з пристроїв, таких як кондиціонер, зволожувач повітря та смарт-лампа, і дає змогу оцінити, як зміни в навколишньому середовищі впливають на якість сну.

#### Компоненти екрану графіків та статистики

а) графік температури кондиціонера: Графік, що відображає зміну температури впродовж 8 годин сну користувача(рис. 2.6). Цей графік надає можливість аналізувати, як зміни температури в кімнаті впливали на комфорт користувача під час сну. Наприклад:

- графік показує значення температури кожну годину або через певний інтервал часу;



- користувач може побачити, чи були перепади температури, що могли б порушити сон, або чи була температура стабільною;
- важливі етапи на графіку (наприклад, значне підвищення або зниження температури) можуть бути підсвічені, щоб звернути увагу користувача на ці моменти;

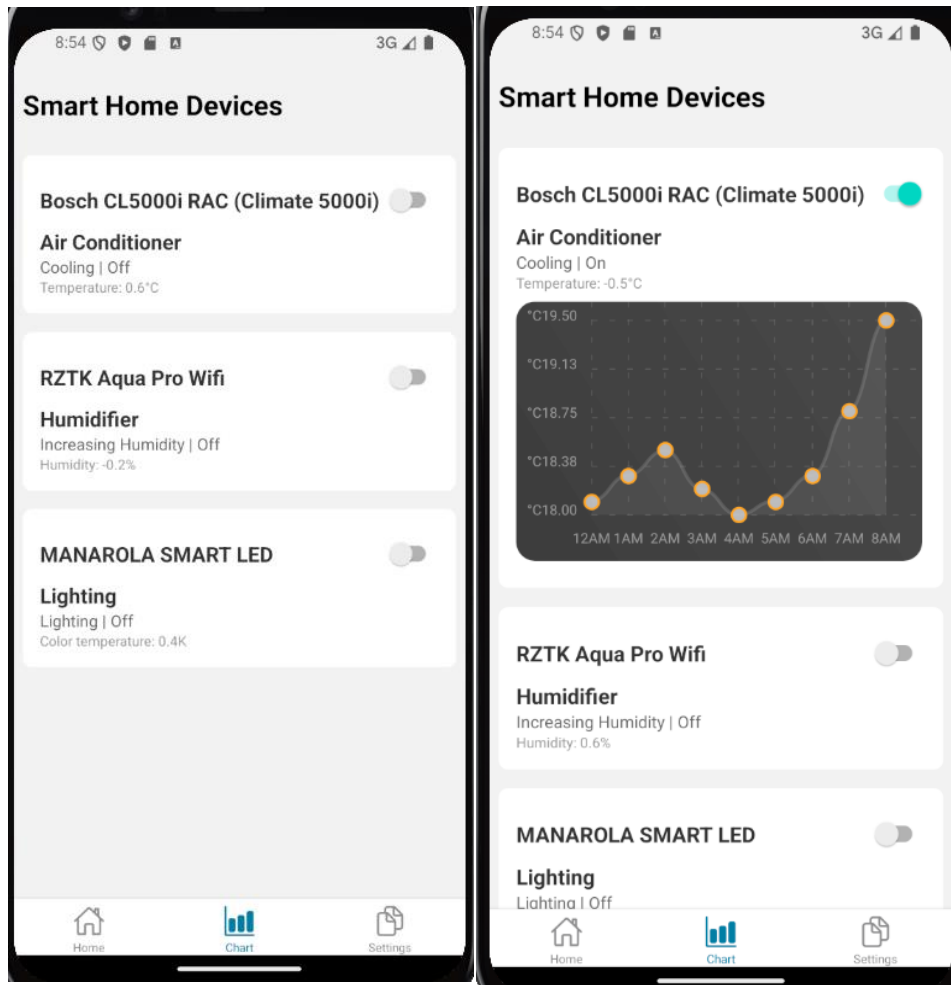


Рисунок 3.6 – Екран графіків та статистики (Кондиціонер)

- можливість вибору періоду часу для графіка, наприклад, за день, тиждень або місяць, дозволяє отримати більший контекст і виявити закономірності.

б) вологості повітря для зволожувача: Графік, що відображає зміну рівня вологості впродовж 8 годин сну. Цей параметр важливий для підтримки комфортних умов для сну, оскільки занадто сухе або надто вологе повітря може негативно вплинути на якість сну(рис. 3.7). Графік:

- показує зміни рівня вологості кожну годину, дозволяючи побачити, чи підтримував зволожувач оптимальний рівень вологості;
- користувач може оцінити, чи були коливання вологості, які могли вплинути на комфорт сну, і коригувати налаштування зволожувача на майбутнє;

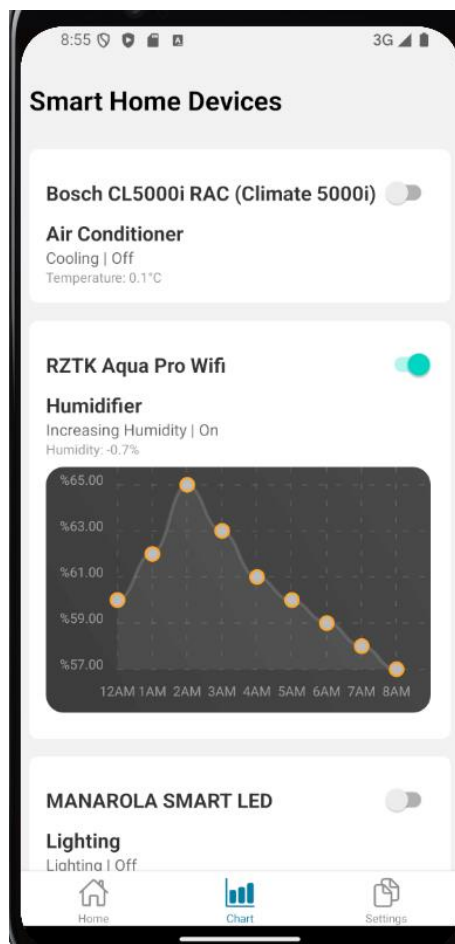


Рисунок 3.7 – Екран графіків та статистики (Зволожувач повітря)

- так само, як і для температури, користувач може обирати період часу для аналізу змін вологості (наприклад, за день або тиждень).

в) Графік зміни Кельвінів та Люменів для смарт-лампи: Графік, що демонструє налаштування освітлення перед пробудженням. Смарт-лампа може бути налаштована для плавної зміни кольору температури (від холодного до теплого) та яскравості світла для забезпечення природного пробудження (рис. 3.8). Графік:

- відображає зміни в колірній температурі (Кельвіни) та яскравості (Люмени) смарт-лампи впродовж визначеного періоду часу перед пробудженням;
- може бути використаний для аналізу, чи було освітлення правильно налаштоване для створення ідеальних умов для пробудження, щоб мінімізувати стрес від раптового різкого світла.

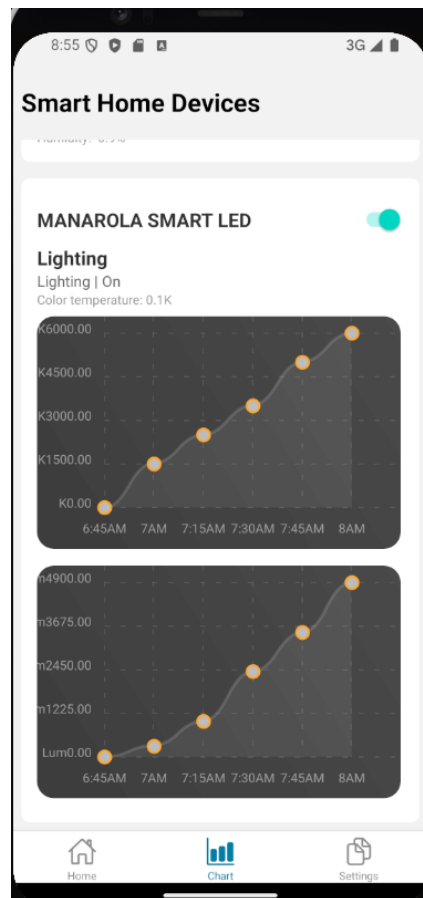


Рисунок 3.8 – Екран графіків та статистики (Смарт освітлення)

- графік показує, як колір і яскравість лампи змінювались упродовж певного часу перед пробудженням, наприклад, протягом останньої години перед будильником.

## Алгоритм роботи екрану графіків та статистики

1) Збір даних з пристроїв: Кожен з пристроїв (кондиціонер, зволожувач, смарт-лампа) регулярно збирає дані під час сну користувача. Наприклад:

- кондиціонер вимірює температуру в кімнаті та передає її до додатку;
- зволожувач моніторить рівень вологості повітря;
- смарт-лампа коригує освітлення і фіксує параметри (температуру кольору та яскравість);
- Дані передаються в додаток, де вони зберігаються та обробляються для створення графіків.

2) Обробка даних: Після збору даних додаток аналізує їх, створюючи графіки для кожного пристрою. Це включає:

- перерахунок даних за заданий проміжок часу (наприклад, за 8 годин сну);
- створення чітких і зрозумілих графічних елементів для кожного пристрою, таких як температура, вологість або освітлення;
- підготовка інтерфейсу для користувача, який дозволяє переглядати графіки в залежності від вибраного періоду (наприклад, день, тиждень, місяць).

3) Графіки є інтерактивними, що дозволяє користувачеві взаємодіяти з ними. Наприклад:

- користувач може вибрати ділянки графіка для перегляду точних значень параметрів на певний момент часу;
- користувач може налаштовувати періоди перегляду графіків (наприклад, перегляд за день, тиждень або місяць);
- для кожного графіка користувач може отримати додаткову інформацію, натиснувши на відповідну точку або лінію графіка.

4) Візуалізація даних: Візуалізація даних має бути чіткою та зрозумілою. Графіки використовують кольорову індикацію для кожного параметра:

- температура може бути відображена червоним кольором (для високої температури) і синім (для низької)(Рис. 3.6);
- вологість може бути представлена зеленим кольором для комфортного рівня та червоним для надто низького або високого рівня вологості(Рис. 3.7);
- освітлення (Кельвіни та Люмени) може бути показано за допомогою ліній, де Кельвіни змінюються від холодних до теплих відтінків(Рис. 3.8).

5) Дизайн екрану графіків та статистики

- чистий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс: Графіки повинні бути представлені у вигляді лінійних або стовпчикових діаграм, з чіткими підписами осей та назвами пристроїв;
- колірні індикатори: Використання різних кольорів для графіків дозволяє чітко розрізняти температурні, вологісні та освітлювальні параметри;
- адаптивний дизайн: Екран має бути адаптованим для різних пристроїв, як для смартфонів, так і для планшетів, щоб користувач міг зручно переглядати дані на будь-якому пристрої.

Цей екран надає користувачеві можливість аналізувати дані за певний період, що допомагає краще розуміти, як зміни в умовах кімнати впливають на якість сну.

#### 3.5.4. Екран ручних налаштувань

Четвертий екран мобільного додатку забезпечує користувача можливістю вручну налаштовувати параметри кімнати відповідно до своїх уподобань чи

поточного стану(рис. 3.9). Цей екран надає доступ до керування ключовими умовами в кімнаті, такими як температура, вологість повітря та освітлення, що допомагає створити комфортні умови для сну чи іншої діяльності.

### Компоненти екрану ручних налаштувань

Налаштування температури кімнати (Кондиціонер): Користувач може змінювати температуру в кімнаті за допомогою інтерактивного інтерфейсу, що регулює роботу кондиціонера. Для цього на екрані буду (Рис. 3.9):

- слайдер температури: Користувач може використовувати слайдер для налаштування бажаної температури в кімнаті. Слайдер буде мати діапазон, наприклад, від 16°C до 30°C;
- інтерфейс виводу поточної температури: Поруч зі слайдером відобразатиметься поточна температура в кімнаті, що дозволить користувачеві коригувати її, орієнтуючись на поточні умови;
- час для налаштування: Користувач може вибрати, чи хоче він, щоб зміна температури була виконана миттєво, чи бажає налаштувати її на певний час (наприклад, зменшити температуру до 22°C за годину до сну).

Налаштування вологості повітря (Зволожувач): Для забезпечення оптимальної вологості в кімнаті користувач може регулювати роботу зволожувача:

- слайдер вологості: За допомогою слайдера користувач може вибрати бажаний рівень вологості, наприклад, від 30% до 70%;
- інформація про поточну вологість: Поруч із слайдером відображається поточний рівень вологості, який зчитується з датчика в кімнаті. Це дозволяє користувачу точніше налаштовувати бажаний рівень;

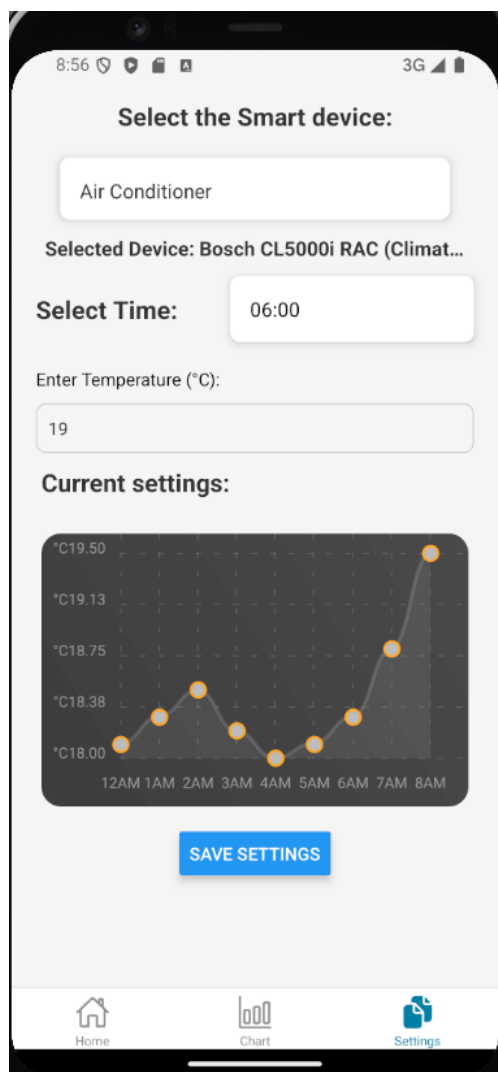


Рисунок 3.9 – Екран ручних налаштувань

– Планування зміни вологості: Користувач може встановити час, коли зволожувач повинен автоматично почати змінювати рівень вологості. Наприклад, для підвищення рівня вологості за кілька годин до сну або для зниження рівня вранці.

Налаштування яскравості та колірної температури світла (Смарт-лампа): Користувач може керувати освітленням у кімнаті через смарт-лампу:

– слайдер яскравості: За допомогою слайдера можна регулювати яскравість світла від 0 до 100%. Це дозволяє користувачу встановлювати потрібну яскравість для різних моментів, наприклад, для читання чи відпочинку;

- слайдер колірної температури (Кельвіни): Інший слайдер дозволяє змінювати колірну температуру світла від холодного білого (близько 6500K) до теплого жовтого (близько 2700K). Це допомагає створювати сприятливу атмосферу для сну або іншої діяльності;
- автоматичне або миттєве виконання: Користувач може обрати, чи хоче він, щоб зміни відбулися негайно, чи через певний час, наприклад, поступове освітлення перед пробудженням.

#### Алгоритм роботи екрану ручних налаштувань

##### 1) Інтерактивність та миттєве застосування налаштувань:

- користувач вибирає параметри, використовуючи слайдери для кожного з пристроїв (кондиціонер, зволожувач, смарт-лампа);
- після зміни параметрів, наприклад, температури чи вологості, зміни миттєво передаються до відповідних пристроїв через смарт-хаб, який керує їхньою роботою;
- усі зміни відображаються в реальному часі, що дозволяє користувачеві швидко побачити результати своїх налаштувань;

##### 2) Планування налаштувань:

- користувач може вибрати час для зміни параметрів. Наприклад, встановити температурну зміну на певну годину або зробити освітлення більш м'яким через певний період перед сном;
- це дозволяє автоматично налаштувати умови в кімнаті відповідно до часу дня чи потреб користувача.

##### 3) Контроль за станом пристроїв:



- інтерфейс дозволяє користувачеві в будь-який час перевірити поточний статус кожного з пристроїв;
- наприклад, після зміни температури кондиціонер відразу показує, на яку температуру налаштований, і чи працює в режимі охолодження або обігріву;
- якщо пристрій не підключений або не працює, це буде видно в інтерфейсі через індикацію статусу або повідомлення про помилку.

#### 4) Збереження налаштувань:

- користувач може зберігати часто використовувані налаштування в профілі, щоб в майбутньому миттєво застосовувати їх, без необхідності вручну регулювати параметри кожного разу;
- це особливо корисно для персоналізованих налаштувань під час сну або для налаштування умов вранці.

#### 5) Дизайн екрану ручних налаштувань

- чистий і зрозумілий інтерфейс: Екран має бути простим для навігації, з великою кількістю інтуїтивно зрозумілих слайдерів для кожного з параметрів: температура, вологість і яскравість світла;
- відображення актуальних даних: Користувач завжди може побачити поточні значення температури, вологості та яскравості, що дозволяє йому приймати обґрунтовані рішення;
- інтерактивні елементи: Слайдери та кнопки повинні мати відгук у вигляді анімацій або змін в інтерфейсі, щоб користувач бачив зміни в реальному часі;
- адаптивний дизайн: Екран має бути адаптований до різних розмірів екранів пристроїв (мобільний телефон, планшет), забезпечуючи зручний доступ до налаштувань на будь-якому пристрої.

### б) Переваги екрану ручних налаштувань

- індивідуальні налаштування: Користувач може адаптувати умови в кімнаті відповідно до своїх вподобань або потреб на даний момент;
- простота використання: Інтерфейс простий і зручний для користувача, з інтуїтивно зрозумілими елементами управління;
- гнучкість налаштувань: Можливість встановлювати як миттєві, так і заплановані зміни дає користувачеві більше контролю над умовами в кімнаті.
- збереження часу: Запис налаштувань дозволяє швидко відновити потрібні параметри в майбутньому без необхідності їх ручного введення;

Цей екран є важливим інструментом для користувачів, які хочуть мати повний контроль над своїми умовами в кімнаті, а також налаштовувати їх відповідно до своїх особистих вподобань чи поточного стану.

### **Висновки до розділу**

Розроблене програмне забезпечення для автоматичного регулювання параметрів кімнати на основі біометричних даних, зібраних з розумних годинників, представляє собою важливий крок у розвитку технологій розумного дому та покращення якості сну користувачів. Завдяки інтеграції з різними пристроями, такими як смарт-годинники та хаби розумного дому, система дозволяє автоматично налаштовувати умови в кімнаті в залежності від фази сну, що забезпечує зручність і комфорт для користувачів, а також сприяє покращенню загального самопочуття.

Один з ключових аспектів розробленого програмного забезпечення – це його здатність інтегруватися з різноманітними пристроями, які збирають та передають біометричні дані користувача. Смарт-годинники є основним джерелом таких даних, оскільки вони можуть вимірювати не лише фазу сну, а й серцевий ритм, рівень стресу,

кількість рухів під час сну та інші показники, що впливають на якість відпочинку. Дані з цих пристроїв передаються через Bluetooth або Wi-Fi на мобільний додаток, що дозволяє здійснити подальшу обробку і аналіз інформації.

Це дає можливість отримати комплексну картину фізіологічного стану користувача в різні періоди сну, що є важливим для точного налаштування умов у кімнаті. Мобільний додаток отримує ці дані, обробляє їх і передає на сервер для подальшого аналізу. Тому інтеграція різних пристроїв забезпечує безперервний процес збору та обробки даних, що є основою для автоматичної корекції параметрів в кімнаті.

Обробка зібраних даних займає важливе місце в алгоритмі роботи системи. Після отримання даних з розумних годинників, сервер здійснює їх аналіз для визначення поточної фази сну користувача. Це важливий етап, оскільки фази сну (наприклад, швидкий сон, глибокий сон) вимагають різних умов в кімнаті, таких як температура та вологість повітря.

Для кожної фази сну розроблено окремі алгоритми, які враховують не лише фізіологічні показники, але й інші фактори, як, наприклад, час доби, зовнішні умови (температура, вологість) та індивідуальні переваги користувача. Таким чином, система здатна забезпечити оптимальні умови для сну на кожній його фазі, мінімізуючи зовнішні фактори, які можуть порушувати відпочинок.

На основі зібраних даних і проведеного аналізу сервер генерує команди для хабу розумного дому, що в свою чергу передає їх на пристрої, які регулюють умови в кімнаті. Для цього використовуються протоколи передачі даних, такі як MQTT або HTTP, що дозволяє забезпечити високу швидкість та надійність комунікації між компонентами системи.

Автоматичне налаштування параметрів кімнати є основною метою розробленої системи. Після обробки та аналізу даних, що надходять з розумних годинників, сервер

надсилає команди на хаб, який здійснює коригування параметрів кімнати, таких як температура, вологість та інші умови, що можуть вплинути на якість сну.

Наприклад, в період глибокого сну, коли організм потребує максимально комфортних умов для відновлення, температура в кімнаті може бути знижена до оптимального рівня, а вологість – підвищена, щоб запобігти сухості повітря. У фазі швидкого сну, коли користувач може прокидатися або ворушитися, температура може бути дещо підвищена для забезпечення комфортних умов для продовження сну.

Система автоматично коригує ці параметри, не вимагаючи участі користувача, що дозволяє значно покращити комфорт та якість сну. Важливо, що всі налаштування виконуються з урахуванням індивідуальних потреб користувача, що дозволяє створити персоналізовану атмосферу для кожного.

Розроблене програмне забезпечення має численні переваги, серед яких:

- інтеграція з різними пристроями – це дозволяє створити єдину екосистему для збору і обробки біометричних даних, що є основою для подальших налаштувань;
- автоматизація процесів – відсутність потреби в ручному налаштуванні температури, вологості та інших умов дозволяє користувачу зосередитись на відпочинку, а не на управлінні умовами в кімнаті;
- персоналізація налаштувань – система здатна враховувати індивідуальні особливості користувача, що дозволяє створювати комфортні умови для кожного;
- покращення якості сну – точне налаштування параметрів кімнати згідно з фазами сну сприяє більш якісному відпочинку, що в свою чергу позитивно впливає на загальний стан здоров'я користувача;
- перспективи розвитку такої системи є дуже широкими. Одним з основних напрямків є інтеграція з іншими пристроями розумного дому, такими як освітлення, звукові системи та системи для контролю за якістю повітря. Це дозволить не лише коригувати умови в кімнаті, але й створювати повноцінне середовище для сну, яке

автоматично налаштовується відповідно до потреб користувача. Зокрема, можна буде додавати функції, які синхронізують час освітлення та температуру з фазами сну, забезпечуючи ще більший комфорт.

Також варто зазначити, що з часом система може бути вдосконалена шляхом використання більш точних біометричних датчиків, що дозволить досягти ще вищої точності у визначенні фаз сну і налаштуванні параметрів. Вдосконалення алгоритмів обробки даних також може призвести до більш ефективного використання ресурсів, таких як електроенергія та вода, що зробить систему більш економічною та екологічною.

Загалом, розроблене програмне забезпечення забезпечує ефективну інтеграцію з різними пристроями для покращення якості сну користувачів. Воно здатне автоматично регулювати умови в кімнаті, покращуючи фізичний і психоемоційний стан людини. Завдяки використанню сучасних технологій обробки біометричних даних, система створює інтелектуальне середовище для сну, яке адаптується під потреби користувача. Це відкриває нові можливості для розвитку розумних будинків і сприяє поліпшенню загальної якості життя людей.

## ВИСНОВКИ

У цій магістерській роботі було розглянуто актуальну проблему інтеграції систем автоматизації в розумний будинок з метою підвищення комфорту та якості життя мешканців через відстеження їх сну. На основі аналізу сучасних технологій автоматизації та моніторингу стану здоров'я користувачів, зокрема аналізу світового досвіду впровадження таких систем, було запропоновано розробку системи відстеження сну мешканців, яка враховує особливості та потреби різних фаз сну, а також адаптується до умов навколишнього середовища.

У роботі проведено аналіз та моделювання умов для автоматизації ключових параметрів мікроклімату в приміщенні, таких як температура, вологість і освітлення. Метою моделювання було визначення оптимальних параметрів для забезпечення комфортного середовища під час сну, що, у свою чергу, покращує якість відпочинку мешканців. Запропоновані алгоритми забезпечують динамічне налаштування мікроклімату на основі даних, отриманих зі смарт-датчиків, які фіксують стан мешканця в різних фазах сну. Завдяки цим алгоритмам система може автоматично регулювати температуру та вологість у приміщенні, змінювати інтенсивність освітлення в ранковий час перед пробудженням, а також реагувати на зміни в зовнішніх умовах, таких як температура на вулиці.

Однією з основних задач, вирішених у роботі, стало оптимальне налаштування температури та вологості залежно від фази сну мешканця. Наприклад, в фазі глибокого сну, що є особливо важливою для фізичного та психологічного відновлення, було рекомендовано зниження температури для досягнення глибшого рівня відпочинку. Водночас, під час фази швидкого сну, що супроводжується активною діяльністю мозку та м'язовим розслабленням, температуру слід трохи підвищити для забезпечення комфортних умов. Це досягається завдяки формальним

та алгоритмічним моделям, які враховують як внутрішні (стан мешканця, фаза сну), так і зовнішні фактори (погодні умови, сезонні зміни).

Важливим результатом цієї роботи стало моделювання різних сценаріїв автоматизації для оцінки ефективності системи відстеження сну. За допомогою алгоритмів було розроблено сценарії, які охоплюють нормальні умови сну, а також нестандартні ситуації, як-от різке підвищення зовнішньої температури під час нічного сну. Такий підхід дозволив оцінити, як система реагуватиме на зовнішні зміни, забезпечуючи стабільні умови для комфортного відпочинку мешканця незалежно від зовнішніх факторів.

У результаті виконаної магістерської роботи був розроблений мобільний додаток, спрямований на покращення якості сну мешканців розумного будинку. Додаток регулює параметри мікроклімату приміщення, зокрема температуру та вологість, в залежності від фази сну, що дозволяє створювати оптимальні умови для відпочинку. Крім того, система автоматично контролює освітлення під час пробудження, що допомагає створити більш природні умови для плавного переходу до активного стану та підвищує рівень бадьорості після сну.

Ці функції значно підвищують комфорт і сприяють покращенню якості сну. Регулювання температури та вологості під час різних фаз сну, таких як глибокий сон і фаза швидкого сну, дозволяє забезпечити ідеальні умови для фізичного і психологічного відновлення організму. Інтелектуальна система автоматично реагує на зміни, що відбуваються в навколишньому середовищі, адаптуючи параметри мікроклімату під час сну, а також враховує індивідуальні особливості користувача.

Важливим аспектом розробленої системи є інтеграція алгоритмів енергоефективності, які знижують споживання енергії під час роботи системи. Це досягається за рахунок точного регулювання параметрів температури, вологості та освітлення відповідно до змін в зовнішніх умовах та фазах сну.

Впровадження такого додатку в повсякденне життя дозволяє не лише покращити якість сну користувачів, але й забезпечити комфорт у їхньому домі. Розроблений додаток забезпечує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє користувачам легко налаштовувати параметри для досягнення найкращих умов для сну. Подальше вдосконалення алгоритмів, зокрема через впровадження машинного навчання, дозволить ще точніше адаптувати систему під індивідуальні потреби кожного користувача.

Загалом, результати роботи не лише підтвердили доцільність інтеграції автоматизованих систем відстеження сну в розумний будинок, а й продемонстрували потенціал використання новітніх технологій для створення здорового і комфортного середовища. Ці розробки можуть стати основою для подальших досліджень у сфері вдосконалення систем розумного будинку та покращення якості життя мешканців через оптимізацію умов для сну.

У результаті дослідження було розроблено рекомендації щодо подальшого вдосконалення системи відстеження сну та автоматизації параметрів розумного будинку. Зокрема, перспективним напрямом є вдосконалення алгоритмів на основі машинного навчання, що дозволить системі більш точно адаптуватися до індивідуальних особливостей сну кожного мешканця. Крім того, розвиток інтерфейсів та зручності взаємодії користувачів із системою дозволить зробити управління розумним будинком ще більш гнучким і ефективним.

Таким чином, виконана робота не тільки підтвердила актуальність впровадження автоматизованих систем відстеження сну у розумний будинок, але й надала практичні рекомендації для розробки адаптивних алгоритмів, які враховують як індивідуальні потреби мешканців, так і зовнішні умови. Результати цього дослідження можуть бути використані для подальшого розвитку технологій розумного будинку, що сприятиме покращенню якості життя мешканців та підвищенню ефективності енергоспоживання.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Smart Homes and Their Users by Tom Hargreaves, Charlie Wilson, February 2014 Personal and Ubiquitous Computing 19(2):463-476.
2. The Internet of Things: A Look at Real-World Use Cases and Challenges by Michael Miller, 800 East 96th Street, Indianapolis, Indiana 46240 USA.
3. Gordon Meyer "Smart Home Hacks: Tips & Tools for Automating Your House". 2005 O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravestine Highway North. // Chapter 6. Security p.253 – 288.
4. Ghahramani, A., & Dong, B. (2021). Data-Driven Smart Buildings: Monitoring, Analysis, and Optimization. Elsevier.
5. Kumar, P., & Singh, Y. (2019). Internet of Things (IoT) Applications for Smart Homes. Springer. // p. 23-29
6. Brown, W. R., & Broussard, J. L. (2018). Sleep Disorders and Sleep Deprivation: An Unmet Public Health Problem. National Academies Press. // p. 110-124
7. Uncovering the IoT Roadblocks: Exploring Barriers to Smart Home Adoption in Europe // Conference paper // First Online: 29 February 2024 //p. 245–262
9. "Smart Homes and Health Telematics, A. Mihailidis, J. Boger, 12th International Conference, ICOST 2014, Denver, CO, USA, June 25-27, 2014, Revised Papers// p. 10-14
10. Integrating Mobile Devices and Wearable Technology for Optimal Sleep Conditions
11. Aserinsky, E.; Kleitman, N. Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena, during sleep. Science 1953, 118, 273e4. [CrossRef]

12. Iber, C.; Ancoli-Israel, S.; Chesson, A.; Quan, S.F. (Eds.) *The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules, Terminology, and Technical Specification*, 1st ed.; American Academy of Sleep Medicine: Westchester, IL, USA, 2007.

13. Rechtschaffen, A.; Kales, A. (Eds.) *A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System of Sleep Stages in Human Subjects*; Brain Information Service/Brain Research Institute, University of California: Los Angeles, CA, USA, 1968.

14. Sawai, H.; Matsumoto, M.; Koyama, E. The relationship between each length of REM-NREM sleep cycle and sleep stage. In *Proceedings of the 2021 IEEE 3rd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech)*, Nara, Japan, 9–11 March 2021; IEEE: New York, NY, USA, 2021; pp. 171–172

15. Maeda, M.; Takajyo, A.; Inoue, K.; Kumamaru, K.; Matsuoka, S. Time-frequency analysis of human sleep EEG and its application to feature extraction about biological rhythm. In *Proceedings of the SICE Annual Conference 2007*, Takamatsu, Japan, 17–20 September 2007; IEEE: New York, NY, USA, 2007; pp. 1939–1944.

16. Ek, F.S.; Jakovljević, M. Heart rate variability—A shape analysis of Lorenz plots. *Cell. Mol. Biol. Lett.* 2002, 7, 160.

17. J.C. Augusto, C.D. Nugent "Designing Smart Home: The Role of Artificial Intelligence in Smart Homes". 2006 Springer-Verlag Berlin Heidelberg. // *Plans and Planning in Smart Homes* p.71 – 85

18. "Enhancing Home Security through Smart Technology: A Comprehensive Guide". Published in June 11, 2023. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/enhancing-your-home-smart-technology-guide-automation-ibrahim>.

19. D. Brown, M. Conroy, G. Jean-Louis, M. Coons. "Sleep Duration and Quality: Impact on Lifestyle Behaviors and Cardiometabolic Health: A Scientific Statement

From the American Heart Association". 2016 American Heart Association, Inc.

20. M. Hirshkowitz, K. Whiton, S. Albert, C. Alessi, e.t.c "National Sleep Foundation's Sleep Duration Recommendations: Methodology and Results Summary" 2015  
National Sleep Foundation. Published by Elsevier Inc.

21. R. Swinbourne, J. Miller, D. Smart, D.K. Dulson "The Effects of Sleep Extension on Sleep, Performance, Immune Response, and Physical Stress in Rugby Players"  
Published online 2018 May 10. doi: 10.3390/sports6020042. URL:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6026815/>

22. Vasilakis, A., et al. Smart Home Systems: Design, Implementation, and Issues. 2020.

23. Alrawi, A., Lever, C., Antonakakis, M., Monroe, F. IoT-Driven Smart Homes: Security Challenges and Solutions. 2020.

24. Jain, A., Sethi, S. Integrating Wearables in Smart Homes: Towards Personalization and Automation. 2022.

25. Chen, T., Zhang, Y. Advanced Sleep Monitoring Techniques in Smart Environments. 2019.

26. Wilson, K., Gupta, R. Automation and Smart Technology for Health Monitoring in Home Environments. 2021.

27. Тронь В. В., Маринич І. А. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи для студентів спеціальності 174 - Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка". Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2022. 50 с.

28. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. Київ, ДП «УкрННЦ», 2015. 26с.(Інформація та документація).

29. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання Київ, ДП «УкрННЦ», 2016. 16 с.(Інформація та документація).

30. ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень в українській мові. Загальні вимоги та правила. Київ, ДП «УкрННЦ», 2013. 23 с.(Інформація та документація).

31. ДСТУ 3651.0-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення Київ, Держстандарт України, 1998. 27 с. (Інформація та документація).

## ДОДАТОК

```

import { Tabs } from 'expo-router';
import React from 'react';

import { TabBarIcon } from '@components/navigation/TabBarIcon';
import { Colors } from '@constants/Colors';
import { useColorScheme } from '@hooks/useColorScheme';

export default function TabLayout() {
  const colorScheme = useColorScheme();

  return (
    <Tabs
      screenOptions={{
        tabBarActiveTintColor: Colors[colorScheme ?? 'light'].tint,
        headerShown: false,
      }}>
      <Tabs.Screen
        name="index"
        options={{
          title: 'Home',
          tabBarIcon: ({ color, focused }) => (
            <TabBarIcon name={focused ? 'home' : 'home-outline'} color={color} />
          ),
        }}
      />
    <Tabs.Screen

```

```
name="charts"
options={{
  title: 'Chart',
  tabBarIcon: ({ color, focused }) => (
    <TabBarIcon name={focused ? 'bar-chart' : 'bar-chart-outline'} color={color} />
  ),
}}
/>

<Tabs.Screen
  name="settings"
  options={{
    title: 'Settings',

    tabBarIcon: ({ color, focused }) => (
      <TabBarIcon name={focused ? 'documents' : 'documents-outline'} color={color} />
    ),
  }}
/>
</Tabs>
);
}
```

```
import { DarkTheme, DefaultTheme, ThemeProvider } from '@react-
navigation/native';
import { useFonts } from 'expo-font';
import { Stack } from 'expo-router';
import * as SplashScreen from 'expo-splash-screen';
import { useEffect } from 'react';
import 'react-native-reanimated';

import { useColorScheme } from '@/hooks/useColorScheme';
import { Provider } from 'react-redux';
import store from '@redux/store';

// Prevent the splash screen from auto-hiding before asset loading is complete.
SplashScreen.preventAutoHideAsync();

export default function RootLayout() {
  const colorScheme = useColorScheme();
  const [loaded] = useFonts({
    SpaceMono: require('../assets/fonts/SpaceMono-Regular.ttf'),
  });

  useEffect(() => {
    if (loaded) {
      SplashScreen.hideAsync();
    }
  }, [loaded]);

  if (!loaded) {
```

```

    return null;
  }

  return (
    <ThemeProvider value={colorScheme === 'dark' ? DarkTheme : DefaultTheme}>
      <Provider store={store}>
        <Stack>
          <Stack.Screen name="(tabs)" options={{ headerShown: false }} />
          <Stack.Screen name="+not-found" />
        </Stack>
      </Provider>
    </ThemeProvider>
  );
}

```

```

import React, { useEffect } from 'react';
import { Animated, View, Text, Image, StyleSheet, Dimensions, SafeAreaView,
TouchableOpacity, TextInput } from 'react-native';
import { LineChart } from 'react-native-chart-kit';
import { ThemedView } from '@components/ThemedView';
import ParallaxScrollView from '@components/ParallaxScrollView';
import { useDispatch, useSelector } from 'react-redux';
import { logout, setUser } from '@redux/slices/userSlice';
import HomeDevices from '@components/DeviceStatus';
import Loader from '@components/Loader';

export default function HomeScreen() {
  const bodyTempData = [36.5, 36.7, 36.8, 37.0, 36.9, 37.1, 37.2];
  const heartRateData = [72, 75, 78, 80, 79, 82, 81];

```



```

const scrollY = new Animated.Value(0);

const [username, setUsername] = React.useState("");
const [password, setPassword] = React.useState("");

const [loading, setLoading] = React.useState(true);

const dispatch = useDispatch();
const user = useSelector((state: any) => state.user.user);
const isLoggedIn = useSelector((state: any) => state.user.isLoggedIn);
const isWatchConnected = useSelector((state: any) =>
state.user.isSmartWatchConnected);
const isHubConnected = useSelector((state: any) =>
state.user.isSmartHubConnected);

useEffect(() => {
  setLoading(true);

  const timer = setTimeout(() => {
    setLoading(false);
  }, 2000);

  return () => clearTimeout(timer);
}, [isLoggedIn]);
return (
  <ParallaxScrollView
    headerBackgroundColor={{ light: '#A1CEDC', dark: '#1D3D47' }}

```

```

headerImage={
  <Image
    source={require('@assets/images/restify_wp.png')}
    style={styles.reactLogo}
  />
}
>
{loading && <Loader />}
{!loading && (
  <ThemedView style={styles.contentContainer}>
    <Text style={styles.greetingText}>
      {isLoggedIn ? `Hello, ${user.name}` : 'Please log in'}
    </Text>

    {isLoggedIn && (
      <>
        <View>
          <HomeDevices />
        </View>

        {isWatchConnected && (
          <View>
            <Text style={styles.chartTitle}>Last Night's Data</Text>
            <LineChart
              data={{
                labels: ["12AM", "1AM", "2AM", "3AM", "4AM", "5AM", "6AM"],
                datasets: [
                  {

```

```

    data: bodyTempData,
    color: (opacity = 1) => `rgba(255, 99, 132, ${opacity})`,
  },
  {
    data: heartRateData,
    color: (opacity = 1) => `rgba(54, 162, 235, ${opacity})`,
  },
],
}}
width={Dimensions.get('window').width - 16}
height={220}
chartConfig={{
  backgroundColor: "#2E2E2E",
  backgroundGradientFrom: "#3C3C3C",
  backgroundGradientTo: "#4A4A4A",
  color: (opacity = 1) => `rgba(200, 200, 200, ${opacity})`,
  labelColor: (opacity = 1) => `rgba(180, 180, 180, ${opacity})`,
  style: {
    borderRadius: 16,
  },
  propsForDots: {
    r: "6",
    strokeWidth: "2",
    stroke: "#ffa726",
  },
}}
bezier
style={styles.chartStyle}

```

```

    />
  </View>}}
</>}}

```

```
<SafeAreaView>
```

```

  <View style={{ flex: 1, paddingVertical: 20, justifyContent: 'center',
alignItems: 'center', gap: 10, width: '100%' }}>

```

```
  {!isLoggedIn ? (
```

```
    <View style={styles.formContainer}>
```

```
      <TextInput
```

```
        style={inputStyles.input}
```

```
        placeholder="Username"
```

```
        placeholderTextColor="#B0B0B0"
```

```
        onChangeText={(text) => setUsername(text)}
```

```
      />
```

```
      <TextInput
```

```
        style={inputStyles.input}
```

```
        placeholder="Password"
```

```
        placeholderTextColor="#B0B0B0"
```

```
        secureTextEntry={true}
```

```
        onChangeText={(text) => setPassword(text)}
```

```
      />
```

```
    <View style={styles.buttonRow}>
```

```
      <TouchableOpacity
```

```
        style={[buttonStyles.button, { flex: 1, marginRight: 10 }]}>
```

```
        onPress={() => dispatch(setUser({ name: username })))}
```

```
      >
```

```
        <Text style={buttonStyles.buttonText}>Log In</Text>
```

```

    </TouchableOpacity>
    <TouchableOpacity
      style={[buttonStyles.button, { flex: 1, backgroundColor: '#6A6A6A'
    }}}
      onPress={() => console.log('Register pressed')}
    >
      <Text style={buttonStyles.buttonText}>Register</Text>
    </TouchableOpacity>
  </View>
</View>
):(
  <TouchableOpacity style={buttonStyles.button} onPress={() =>
dispatch(logout())}>
  <Text style={buttonStyles.buttonText}>Log Out</Text>
  </TouchableOpacity>
)}
</View>
</SafeAreaView>

  <Text style={styles.versionText}>App Version: 1.0.0</Text>
</ThemedView>
)}
</ParallaxScrollView>
);
}
const inputStyles = StyleSheet.create({
  input: {

```

```
width: '100%',  
height: 50,  
backgroundColor: '#3C3C3C',  
borderRadius: 10,  
paddingHorizontal: 15,  
color: '#FFFFFF',  
fontSize: 16,  
borderWidth: 1,  
borderColor: '#6A6A6A',  
},  
});
```

```
const styles = StyleSheet.create({  
  contentContainer: {  
    flex: 1,  
    width: '100%',  
  },  
  reactLogo: {  
    height: Dimensions.get('window').height * 0.3,  
    width: Dimensions.get('window').width,  
    bottom: 0,  
    left: 0,  
    top: 0,  
    right: 0,  
    position: 'absolute',  
  },  
  formContainer: {  
    width: '90%',
```

```
padding: 20,
backgroundColor: '#2C2C2C',
borderRadius: 15,
borderWidth: 1,
borderColor: '#5A5A5A',
shadowColor: '#000',
shadowOffset: { width: 0, height: 2 },
shadowOpacity: 0.3,
shadowRadius: 4,
elevation: 5,
alignItems: 'center',
gap: 15,
},
buttonRow: {
  flexDirection: 'row',
  width: '100%',
  justifyContent: 'space-between',
},
deviceTitle: {
  fontSize: 18,
  fontWeight: 'bold',
  color: '#fff',
  marginBottom: 10,
},
deviceStatus: {
  backgroundColor: '#1E2A35',
  padding: 10,
  borderRadius: 8,
```

```
},  
chartTitle: {  
  fontSize: 18,  
  fontWeight: 'bold',  
  color: '#fff',  
  marginBottom: 10,  
},  
chartStyle: {  
  marginVertical: 8,  
  borderRadius: 4,  
},  
versionText: {  
  bottom: 0,  
  left: 0,  
  right: 0,  
  textAlign: 'center',  
  color: '#C2C2C2',  
  fontSize: 14,  
},  
greetingText: {  
  fontSize: 22,  
  fontWeight: 'bold',  
  color: 'black',  
  textAlign: 'center',  
  marginVertical: 10,  
  letterSpacing: 1,  
  textTransform: 'capitalize',  
},
```



```
});

const buttonStyles = StyleSheet.create({
  container: {
    flex: 1,
    justifyContent: 'center',
    alignItems: 'center',
  },
  button: {
    paddingVertical: 10,
    width: 200,
    height: 50,
    backgroundColor: '#4CAF50',
    justifyContent: 'center',
    alignItems: 'center',
    borderRadius: 10,
  },
  buttonText: {
    color: '#fff',
    fontSize: 18,
  },
});
```