

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «СИСТЕМА "РОЗУМНОГО БУДИНКУ" ДЛЯ ЛЮДЕЙ З
ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело*

_____ Олена ГЛАДКА

Виконав:
здобувач вищої освіти
група ІСД-42

Олена ГЛАДКА

Керівник:
науковий ступінь,
вчене звання

Оксана ТКАЛЕНКО
к.т.н., доцент

Рецензент:
науковий ступінь,
вчене звання

Ім'я, ПРИЗВИЩЕ

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра Інформаційних систем та технологій

Ступінь вищої освіти Бакалавр

Спеціальність Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру ІСТ

_____ Каміла СТОРЧАК
«_____» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Гладкої Олени Вікторівні
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Система "розумного будинку" для людей з обмеженими можливостями»

керівник кваліфікаційної роботи Оксана ТКАЛЕНКО, к.т.н., доцент
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «24» лютого 2025 року № 56.

2. Строк подання кваліфікаційної роботи: 30 травня 2025 року.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

Науково-технічна література з тематики «розумного будинку», IoT.
Приклади існуючих рішень систем автоматизації для людей з інвалідністю.
Дані щодо пристроїв (сенсори, контролери та голосові помічники).

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

1. Аналіз сучасних систем «розумного будинку» та їх застосування для людей з інвалідністю.

2. Потреби користувачів з різними типами порушень (зір, слух, рухливість).

3. Оцінка ефективності та перспективи впровадження.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*

6. Дата видачі завдання: 24 лютого 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз наявної науково-технічної літератури	25.02 – 04.03.25	
2	Формування технічного завдання на систему з урахуванням потреб користувачів	05.03– 12.03.2025	
3	Аналіз потреб різних груп користувачів з інвалідністю	13.03 – 20.03.2025	
4	Обґрунтування вибору архітектури системи та необхідних технологій	21.03 – 04.04.2025	
5	Розробка концептуального прототипу системи	05.04 – 05.05.2025	
6	Оцінка ефективності, підготовка висновків	06.05 – 13.05.2025	
7	Оформлення роботи: вступ, висновки, реферат	14.05 – 21.05.25	
8	Розробка демонстраційних матеріалів	22.05 – 28.05.25	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Олена ГЛАДКА
(Ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

Керівник роботи
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Оксана ТКАЛЕНКО
(Ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 69 стор., 9 рис., 5 табл., 28 джерел.

Мета роботи – розробка концепції системи "розумного будинку", яка б відповідала потребам людей з обмеженими можливостями, забезпечуючи їм комфорт, безпеку та автономію

Об'єкт дослідження – процес розробки та впровадження системи "розумного будинку" для автоматизації житлових приміщень з урахуванням потреб людей з інвалідністю.

Предмет дослідження – особливості проектування та реалізації таких систем для людей з обмеженими можливостями

Короткий зміст роботи: У роботі досліджено сучасні підходи до проектування та реалізації систем "розумного будинку", з особливою увагою до потреб людей з обмеженими можливостями. Проаналізовано теоретичні основи функціонування таких систем, визначено особливості їх адаптації для осіб із порушеннями зору, слуху та рухливості. Обґрунтовано вибір архітектури системи, технологій взаємодії (зокрема, голосових інтерфейсів, сенсорів, мобільних додатків) та спеціалізованих пристроїв, які сприяють підвищенню автономії користувачів. Розроблено концептуальний прототип системи "розумного будинку" з урахуванням інклюзивного дизайну. Проведено оцінку ефективності запропонованих рішень та їх перспектив щодо впровадження в умовах України.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РОЗУМНИЙ БУДИНОК, СИСТЕМА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ІНТЕРФЕЙС, ІНКЛЮЗІЯ, ГОЛОСОВИЙ ПОМІЧНИК, АДАПТАЦІЯ, ІНТЕРФЕЙС, КОРИСТУВАЧ.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

IoT – Інтернет речей (Internet of Things) – технологія, що об'єднує пристрої в єдину мережу через Інтернет для обміну даними та автоматизації.

AI – Штучний інтелект (Artificial Intelligence) – технологія, яка дозволяє системам аналізувати дані, навчатися та приймати рішення.

Wi-Fi – Бездротова технологія передачі даних (Wireless Fidelity) – протокол зв'язку, що забезпечує високошвидкісне підключення пристроїв до мережі.

ZigBee – Бездротовий протокол зв'язку з низьким енергоспоживанням, який використовується для створення мереж у "розумних будинках".

Z-Wave – Бездротовий протокол зв'язку, призначений для автоматизації та управління пристроями в домашніх системах.

Bluetooth – Технологія бездротового зв'язку ближнього радіусу дії для підключення пристроїв.

X10 – Ранній протокол автоматизації, що використовує електричну мережу для передачі сигналів управління.

KNX – Міжнародний стандарт для систем автоматизації будівель, що забезпечує інтеграцію різних пристроїв.

Alexa – Голосовий помічник, розроблений компанією Amazon, який використовується в пристроях Echo для керування "розумним будинком".

Nest – Бренд розумних пристроїв (термостати, камери, датчики), розроблений компанією Google для автоматизації житла.

Hue – Лінія розумного освітлення від компанії Philips, що працює на протоколі ZigBee.

SmartThings – Платформа від Samsung для управління "розумним будинком" через єдиний хаб і додаток.

Home Assistant – Відкрита платформа для інтеграції та управління пристроями "розумного будинку".

Ring – Бренд розумних дверних дзвінків і камер безпеки, що інтегруються з "розумним будинком".

Somfy – Виробник моторизованих систем (штори, двері), які застосовуються в автоматизації житла.

ДСТУ – Державний стандарт України – нормативний документ, що визначає правила оформлення, зокрема бібліографічних записів.

ВОЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я (World Health Organization) – міжнародна організація, що надає дані про інвалідність.

Сенсор – Пристрій, що виявляє зміни в навколишньому середовищі (рух, температура, дим тощо) і передає дані в систему.

Контролер – Центральний пристрій (хаб), який обробляє дані від сенсорів і координує роботу системи "розумного будинку".

Інтерфейс – Засіб взаємодії користувача з системою (голосовий, тактильний, візуальний тощо).

Хаб – Центральний контролер, що об'єднує всі пристрої "розумного будинку" в єдину мережу.

Модульність – Властивість системи, що дозволяє додавати чи видаляти компоненти без її повної перебудови.

Автоматизація – Процес виконання завдань системою без прямого втручання людини.

Адаптивність – Здатність системи підлаштовуватися під потреби користувача чи зміни умов.

Інклюзія – Забезпечення доступності технологій і середовища для людей з обмеженими можливостями.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМ "РОЗУМНОГО БУДИНКУ"	12
1.1. Принципи функціонування "розумного будинку"	12
1.2. Історія розвитку технологій автоматизації житла	15
1.3. Основні компоненти систем "розумного будинку" (датчики, контролери, інтерфейси)	18
1.4. Огляд сучасних технологій, що застосовуються в "розумних будинках" ..	21
1.5. Дослідження специфіки потреб людей з обмеженими можливостями в контексті автоматизації.....	24
РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ "РОЗУМНОГО БУДИНКУ" ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ	27
2.1. Аналіз потреб різних груп людей з обмеженими можливостями (зір, слух, рух).....	27
2.2. Адаптація інтерфейсів управління для осіб з інвалідністю	30
2.3. Вибір спеціалізованих пристроїв та технологій (голосові помічники, тактильні датчики)	34
2.4. Забезпечення безпеки та доступності в системі "розумного будинку"	38
2.5. Приклади існуючих рішень та їх оцінка.	41
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ	47
3.1. Етапи розробки прототипу системи "розумного будинку"	47
3.2. Інтеграція системи з медичними пристроями для моніторингу здоров'я ..	51
3.3. Тестування системи на відповідність потребам користувачів.....	54
3.4. Оцінка економічної ефективності впровадження.....	59
3.5. Перспективи вдосконалення та масштабування технології.....	61
ВИСНОВКИ	64
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	66
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація).....	69

ВСТУП

Сучасний світ характеризується стрімким розвитком технологій, які проникають у всі сфери людського життя, зокрема в побутову. Одним із найперспективніших напрямів є створення систем "розумного будинку", які забезпечують автоматизацію житлових приміщень, підвищуючи комфорт, безпеку та енергоефективність. Ці системи стають особливо важливими для людей з обмеженими можливостями, для яких традиційні способи взаємодії з навколишнім середовищем можуть бути ускладненими або навіть неможливими. Розробка та впровадження адаптованих технологій "розумного будинку" відкриває нові можливості для забезпечення незалежності, підвищення якості життя та соціальної інтеграції таких осіб.

Актуальність теми бакалаврської роботи зумовлена зростаючою потребою в інклюзивних технологічних рішеннях, які враховують особливості різних груп людей з інвалідністю — тих, хто має порушення зору, слуху, рухливості чи інші фізичні обмеження. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, понад 1 мільярд людей у світі живуть з певною формою інвалідності, і ця цифра невпинно зростає через старіння населення та збільшення хронічних захворювань.

Метою роботи є розробка концепції системи "розумного будинку", яка б відповідала потребам людей з обмеженими можливостями, забезпечуючи їм комфорт, безпеку та автономію. Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання:

- проаналізувати теоретичні основи функціонування систем "розумного будинку" та їх адаптацію до потреб осіб з інвалідністю;
- визначити ключові особливості проектування таких систем з урахуванням специфіки різних груп користувачів;
- запропонувати практичні рекомендації щодо реалізації прототипу системи та оцінити перспективи її впровадження.

Об'єктом дослідження є системи "розумного будинку" як технологічні рішення для автоматизації житлових приміщень. Предметом дослідження

виступають особливості проектування та реалізації таких систем для людей з обмеженими можливостями.

Методи дослідження включають аналіз літературних джерел, порівняльний огляд існуючих технологій, систематизацію даних про потреби людей з інвалідністю та узагальнення результатів для формування практичних пропозицій. У роботі використано як теоретичні підходи (аналіз наукових праць українських та зарубіжних авторів), так і практичні (вивчення реальних прикладів систем "розумного будинку").

Практична значущість роботи полягає у створенні концептуального підходу до розробки систем "розумного будинку", який може бути використаний розробниками технологій, соціальними службами та самими користувачами для підвищення рівня їхньої автономії та безпеки. Теоретична цінність дослідження полягає в систематизації знань про адаптацію "розумних" технологій до потреб людей з інвалідністю, що може слугувати основою для подальших наукових розробок.

Структура роботи складається з трьох розділів. У першому розділі розглядаються теоретичні основи систем "розумного будинку" та специфіка потреб людей з обмеженими можливостями. Другий розділ присвячено особливостям проектування таких систем, включаючи вибір технологій та аналіз існуючих рішень. Третій розділ охоплює практичні аспекти реалізації, тестування та перспективи розвитку запропонованої системи. Завершують роботу висновки та список використаних джерел.

Апробація результатів бакалаврської роботи:

1.Гладка О.В. «Інноваційні розробки та нові напрямки Інтернет Речей у сільському господарстві». Тези доповіді на Всеукраїнській науково-технічній конференції «Технологічні горизонти: дослідження та застосування інформаційних технологій для технологічного прогресу України і світу» - Київ 18 листопада 2024 року. – С. 63-64

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМ "РОЗУМНОГО БУДИНКУ"

1.1 Принципи функціонування "розумного будинку"

Система "розумного будинку" є одним із найяскравіших прикладів застосування сучасних технологій у побуті, спрямованих на підвищення комфорту, безпеки та енергоефективності житлових приміщень. У загальному розумінні "розумний будинок" — це інтегрована система автоматизації, яка об'єднує різноманітні пристрої та підсистеми (освітлення, опалення, вентиляцію, безпеку тощо) в єдину мережу, керовану за допомогою централізованого контролера або дистанційних інтерфейсів, таких як смартфони чи голосові помічники. Ця концепція базується на ідеї створення "розумного" середовища, яке здатне адаптуватися до потреб мешканців і оптимізувати їхню взаємодію з побутовими системами [1].

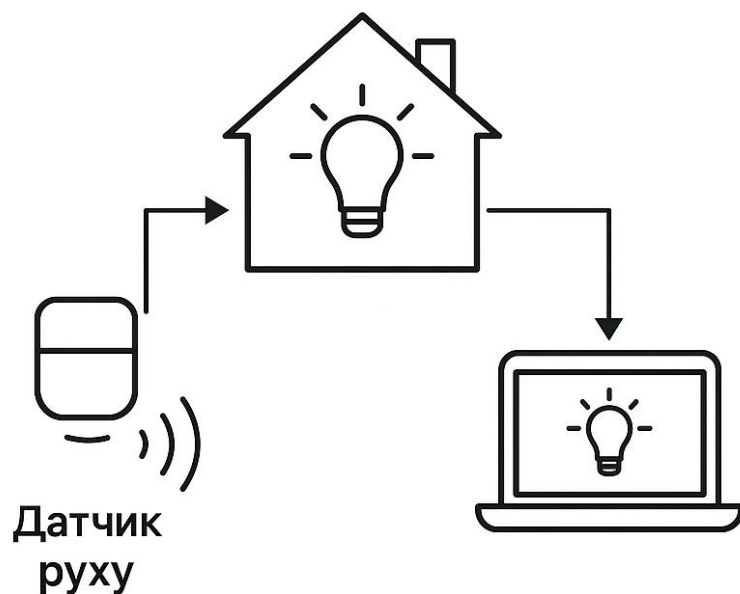


Рис. 1.1 Процес керування освітленням у «розумному будинку»

Поняття "розумного будинку" вперше з'явилося у 1970-х роках у США, коли були розроблені перші системи автоматизації на основі протоколу X10, що дозволяли дистанційно вмикати та вимикати електроприлади [10]. Сьогодні ж технології значно розвинулися, включаючи Інтернет речей (IoT), штучний інтелект

і бездротові протоколи зв'язку, що зробило "розумний будинок" доступним широкому колу користувачів [4].

Основним принципом функціонування "розумного будинку" є інтеграція та взаємодія його компонентів. Система складається з трьох ключових елементів: датчиків (сенсорів), які збирають інформацію про стан навколишнього середовища (температуру, рух, рівень освітлення тощо); виконавчих пристроїв (наприклад, реле, приводи, лампи), що виконують команди; та центрального контролера (хабу), який обробляє дані та координує роботу всієї системи [2]. Наприклад, датчик руху може активувати освітлення, коли людина входить у кімнату, а термостат автоматично регулює температуру залежно від погодних умов чи присутності мешканців [15]. Такий підхід дозволяє не лише автоматизувати рутинні процеси, а й економити ресурси, що є важливим аспектом у контексті сталого розвитку [11].



Рис. 1.2 Принципи функціонування системи «розумного будинку»

Функціонування "розумного будинку" ґрунтується на кількох основних принципах. Перший — це автоматизація, яка передбачає виконання завдань без

прямого втручання людини. Наприклад, система може самостійно вимикати світло в порожніх приміщеннях або відкривати вікна для провітрювання за заданим графіком [5]. Другий принцип — адаптивність, що дозволяє системі реагувати на зміни умов або потреби користувачів. Сучасні "розумні будинки" використовують алгоритми машинного навчання для аналізу поведінки мешканців і подальшої оптимізації роботи пристроїв [23]. Третій принцип — доступність, що особливо актуально для людей з обмеженими можливостями: система може бути налаштована на керування голосом, жестами чи іншими альтернативними способами, що полегшує взаємодію для осіб з інвалідністю [8]. Нарешті, безпека є ще одним ключовим принципом: "розумний будинок" здатен виявляти загрози, такі як витік газу чи несанкціоноване проникнення, і повідомляти про них власника чи відповідні служби [6].

Важливим аспектом є також модульність системи "розумного будинку". Користувачі можуть починати з базового набору функцій (наприклад, розумного освітлення) і поступово розширювати її, додаючи нові пристрої чи підсистеми, такі як камери відеоспостереження чи розумні замки [17]. Це забезпечує гнучкість і можливість адаптації до індивідуальних потреб. Наприклад, для людей з вадами зору можуть бути інтегровані голосові помічники, такі як Amazon Echo, які дозволяють керувати всією системою голосом [28]. Водночас для осіб з обмеженою рухливістю важливими є моторизовані пристрої, як-от автоматичні двері чи штори, що полегшують щоденні дії [26].

Технологічною основою "розумного будинку" є Інтернет речей (IoT), який забезпечує зв'язок між пристроями через бездротові протоколи, такі як Wi-Fi, ZigBee або Z-Wave [12]. Ці технології дозволяють створювати децентралізовані мережі, де кожен пристрій може "спілкуватися" з іншими, передаючи дані в реальному часі [22]. Наприклад, розумний термостат Nest може отримувати інформацію про погоду через Інтернет і автоматично налаштовувати опалення, щоб підтримувати комфортну температуру [25]. Така інтеграція робить систему не лише зручною, а й енергоефективною, що підтверджують дослідження про зниження

витрат на електроенергію до 30% у домогосподарствах із "розумними" технологіями [16].

Для людей з обмеженими можливостями "розумний будинок" відкриває нові горизонти автономії. Дослідження показують, що використання адаптивних інтерфейсів, таких як голосові команди чи тактильні панелі, значно полегшує повсякденне життя осіб із порушеннями зору чи слуху [13]. Наприклад, система може бути налаштована на автоматичне повідомлення про стан здоров'я користувача завдяки інтеграції з медичними пристроями, що є критично важливим для людей із хронічними захворюваннями [14]. Водночас "розумний будинок" може слугувати інструментом соціальної інклюзії, дозволяючи особам з інвалідністю брати активнішу участь у житті громади, наприклад, через віддалене керування побутовими системами чи зв'язок із зовнішніми службами [19].

"Розумний будинок" — це комплексна система, яка поєднує автоматизацію, адаптивність, безпеку та доступність для створення комфортного й функціонального житлового середовища. Його принципи функціонування базуються на інтеграції сучасних технологій, таких як IoT і штучний інтелект, що робить його універсальним рішенням як для загального використання, так і для спеціалізованих потреб, зокрема для людей з інвалідністю. Подальший розвиток таких систем залежить від удосконалення технологій зв'язку, зниження вартості компонентів і врахування індивідуальних вимог користувачів, що буде розглянуто в наступних розділах роботи [30].

1.2 Історія розвитку технологій автоматизації житла

Історія розвитку технологій автоматизації житла є важливою частиною розуміння еволюції концепції "розумного будинку". Цей процес охоплює кілька десятиліть, від перших спроб механічної автоматизації до сучасних систем, що базуються на Інтернеті речей (IoT) і штучному інтелекті. Розвиток цих технологій відображає не лише технологічний прогрес, а й зміну потреб суспільства, включаючи прагнення до комфорту, безпеки та енергоефективності, а також

необхідність створення доступного середовища для людей з обмеженими можливостями [1].

Перші кроки в автоматизації житла сягають початку XX століття, коли з'явилися прості електромеханічні пристрої. Одним із ранніх прикладів можна вважати термостат, винайдений Альбертом Батцем у 1885 році, який автоматично регулював температуру в приміщенні [10]. Цей пристрій став прообразом сучасних систем опалення, що реагують на зовнішні умови. У 1930-х роках почали з'являтися побутові прилади з таймерами, такі як електричні плити та пральні машини, які дозволяли частково автоматизувати рутинні домашні завдання. Однак ці рішення були ізольованими і не передбачали інтеграції в єдину систему [2].

Справжній прорив у розвитку технологій автоматизації житла стався в 1970-х роках із появою протоколу X10. Ця технологія, розроблена американською компанією Pico Electronics у 1975 році, дозволяла передавати сигнали управління через електричну мережу, що дало змогу дистанційно вмикати та вимикати світло чи побутові прилади [4]. X10 став першим широко доступним рішенням для домашньої автоматизації, хоча мав обмеження, такі як низька швидкість передачі даних і чутливість до перешкод [15]. Цей період також ознаменувався зародженням концепції "розумного будинку", яку популяризували футуристичні ідеї в науковій фантастиці, наприклад, у творах Рея Бредбері [11].

У 1980-х і 1990-х роках технології автоматизації почали ускладнюватися завдяки розвитку мікропроцесорів і комп'ютерів. У 1984 році Національна асоціація будівельників США ввела термін "Smart House", описуючи будинок із централізованою системою управління освітленням, опаленням і безпекою [5]. У цей час з'явилися перші комерційні системи, такі як Crestron, які пропонували інтеграцію через дротові мережі. Вони були дорогими і складними в установці, тому залишалися доступними переважно для елітного сегменту ринку [8]. Водночас почали розроблятися спеціалізовані рішення для людей з обмеженими можливостями, наприклад, дистанційні пульти для осіб із порушеннями рухливості, що стало першим кроком до інклюзивної автоматизації [13].

На межі XX і XXI століть ключову роль у розвитку "розумного будинку" відіграло впровадження бездротових технологій. У 1999 році з'явився протокол Bluetooth, а в 2001 році — ZigBee, які дозволили створювати децентралізовані мережі пристроїв без необхідності прокладання проводів [22]. Ці технології зробили автоматизацію більш гнучкою і доступною. Наприклад, у 2004 році компанія Nest Labs (пізніше придбана Google) представила розумний термостат, який не лише регулював температуру, а й навчався звичкам користувачів, що стало проривом у адаптивності систем [25]. У цей період також почали з'являтися перші голосові інтерфейси, як-от ранні версії систем, що лягли в основу сучасних Amazon Echo чи Google Assistant [28].

Справжньою революцією стало поширення Інтернету речей (IoT) у 2010-х роках. IoT дозволив об'єднати всі пристрої "розумного будинку" в єдину мережу, керовану через Інтернет із будь-якої точки світу [12]. У 2014 році Amazon представила Echo — пристрій із голосовим помічником Alexa, який став популярним серед людей з обмеженими можливостями завдяки можливості керування голосом [28]. Водночас компанії, такі як Philips із лінійкою Hue, почали масово випускати розумне освітлення, доступне для середнього споживача [17]. Ці рішення не лише підвищили комфорт, а й відкрили нові можливості для осіб з інвалідністю, наприклад, автоматичне налаштування світла для людей із вадами зору [26].

В Україні розвиток технологій автоматизації житла розпочався пізніше, у 2000-х роках, коли на ринок почали надходити імпорtnі системи, такі як KNX чи Crestron [31]. Українські розробники зосередилися на адаптації цих технологій до місцевих умов, зокрема через інтеграцію з енергозберігаючими рішеннями, що було актуально в контексті високих комунальних тарифів [11]. У 2020-х роках з'явилися перші вітчизняні проєкти "розумних будинків" для людей з інвалідністю, наприклад, системи з голосовим керуванням українською мовою, що свідчить про поступову локалізацію технологій [19].

Сьогодні "розумний будинок" продовжує еволюціонувати завдяки штучному інтелекту, який дозволяє системам прогнозувати потреби користувачів і

оптимізувати їхню роботу [23]. Для людей з обмеженими можливостями ці технології означають не лише зручність, а й підвищення автономії та якості життя, що робить їхній подальший розвиток надзвичайно важливим [30].

1.3 Основні компоненти систем "розумного будинку" (датчики, контролери, інтерфейси)

Система "розумного будинку" є складним комплексом взаємопов'язаних пристроїв, які разом створюють автоматизоване середовище для підвищення комфорту, безпеки та енергоефективності. Основними компонентами таких систем є датчики, контролери та інтерфейси, кожен із яких відіграє ключову роль у забезпеченні функціональності. Ці елементи дозволяють системі збирати дані, обробляти їх і надавати користувачам зручний доступ до управління, що особливо важливо для людей з обмеженими можливостями, які потребують адаптованих рішень [1]. Розуміння структури та взаємодії цих компонентів є основою для проектування ефективних систем "розумного будинку" [2].

Датчики є першим і фундаментальним компонентом системи "розумного будинку". Вони виконують роль "очей" і "вух", збираючи інформацію про стан навколишнього середовища. До основних типів датчиків належать сенсори руху, температури, вологості, освітленості, диму, газу та присутності. Наприклад, датчик руху може активувати освітлення чи камери безпеки, коли виявляє активність у приміщенні, що корисно для осіб із порушеннями зору чи рухливості [20]. Сучасні датчики, такі як ті, що використовуються в системах Philips Hue, здатні працювати в бездротових мережах ZigBee, забезпечуючи швидку передачу даних із мінімальним енергоспоживанням [17]. Дослідження показують, що точність і чутливість датчиків є критично важливими для забезпечення безпеки, наприклад, у виявленні витоків газу чи задимлення [6].

Контролери виступають "мозком" системи "розумного будинку", обробляючи дані від датчиків і координуючи роботу виконавчих пристроїв. Центральний контролер (хаб) об'єднує всі підсистеми в єдину мережу, дозволяючи їм працювати синхронно. Наприклад, розумний хаб Samsung SmartThings може

одночасно керувати освітленням, опаленням і замками, використовуючи протоколи Wi-Fi та Z-Wave [22]. Контролери також можуть бути оснащені алгоритмами штучного інтелекту, які аналізують поведінку користувачів і оптимізують налаштування, наприклад, регулюючи температуру залежно від часу доби чи присутності мешканців [23]. Для людей з інвалідністю контролери можуть підтримувати інтеграцію з медичними пристроями, як-от монітори пульсу, що підвищує рівень автономії та безпеки [14].

Інтерфейси забезпечують взаємодію користувача з системою "розумного будинку". Вони можуть бути фізичними (панелі управління, вимикачі) або програмними (мобільні додатки, голосові помічники). Голосові інтерфейси, такі як Amazon Echo з Alexa або Google Assistant, стали революційними для осіб із обмеженими можливостями, дозволяючи керувати будинком голосом без фізичних зусиль [28][29]. Наприклад, людина з порушеннями рухливості може вимкнути світло чи відчинити двері, просто сказавши команду. Тактильні інтерфейси, як-от спеціальні панелі з рельєфними кнопками, є незамінними для осіб із вадами зору [13]. Мобільні додатки, такі як Home Assistant, надають віддалений доступ до системи, що дозволяє користувачам контролювати будинок із будь-якої точки світу [25].

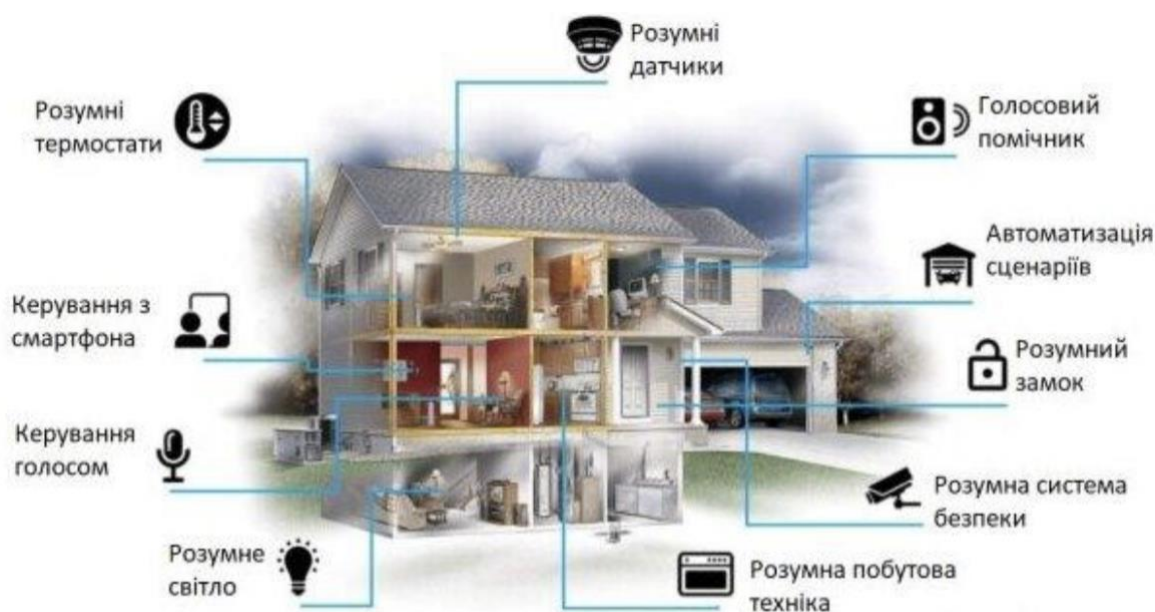


Рис 1.3 Структура компонентів системи "розумного будинку"

Взаємодія між цими компонентами базується на технологіях зв'язку, таких як Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee чи Z-Wave. Наприклад, датчик температури передає дані контролеру через бездротовий протокол, а той, у свою чергу, активує обігрівач через виконавчий пристрій [12]. Така інтеграція забезпечує гнучкість і модульність системи: користувач може додавати нові датчики чи пристрої без необхідності перебудови всієї мережі [17]. Для людей з інвалідністю це означає можливість налаштування системи під конкретні потреби, наприклад, додавання сенсорів вібрації для осіб із вадами слуху, які реагують на звуки дверного дзвінка чи сирени [8].

Ефективність "розумного будинку" залежить від якості компонентів і їхньої сумісності. Сучасні системи, як-от ті, що розроблені на базі IoT, дозволяють інтегрувати десятки пристроїв у єдину екосистему, що значно розширює їхній потенціал [4]. Наприклад, датчики диму можуть не лише виявляти небезпеку, а й автоматично відкривати вікна та повідомляти аварійні служби через контролер [6]. Це особливо важливо для людей з обмеженими можливостями, які можуть не встигнути самотійно відреагувати на надзвичайну ситуацію [30].

Нижче наведено таблицю 1.1, яка узагальнює основні компоненти систем "розумного будинку", їхні функції та приклади використання.

Таблиця 1.1

Основні компоненти систем "розумного будинку"

Компонент	Функція	Приклад використання	Особливості для людей з інвалідністю
Датчики	Збір даних про стан середовища	Датчик руху вмикає світло	Сенсори вібрації для осіб із вадами слуху
Контролери	Обробка даних і координація роботи системи	Хаб SmartThings регулює температуру	Інтеграція з медичними пристроями

Інтерфейси	Забезпечення взаємодії користувача з системою	Голосовий помічник Alexa вимикає світло	Голосове керування для осіб із порушеннями руху
Виконавчі пристрої	Виконання команд від контролера	Моторизовані штори закриваються автоматично	Дистанційне відкривання дверей

Датчики, контролери та інтерфейси є основою функціонування "розумного будинку", забезпечуючи його автоматизацію, адаптивність і доступність. Їхня інтеграція через сучасні технології зв'язку дозволяє створювати системи, які не лише полегшують побут, а й відповідають спеціалізованим потребам людей з інвалідністю, що буде детальніше розглянуто в наступних розділах [2].

1.4 Огляд сучасних технологій, що застосовуються в "розумних будинках"

Сучасні системи "розумного будинку" базуються на передових технологіях, які забезпечують автоматизацію, інтеграцію та адаптивність до потреб користувачів. Ці технології охоплюють широкий спектр рішень — від бездротових протоколів зв'язку до штучного інтелекту, що дозволяє створювати гнучкі й ефективні системи. Особливо важливим є їхній потенціал для людей з обмеженими можливостями, адже сучасні розробки роблять "розумний будинок" не лише зручним, а й інклюзивним інструментом, що підвищує автономію та якість життя [1]. У цьому підрозділі розглядаються ключові технології, які формують сучасний вигляд "розумного будинку", із прикладами їхнього застосування [3].

Однією з основних технологій є Інтернет речей (IoT), який об'єднує пристрої в єдину мережу через Інтернет. IoT дозволяє датчикам, контролерам і виконавчим пристроям "спілкуватися" між собою в реальному часі, створюючи децентралізовану систему управління. Наприклад, розумний термостат Nest використовує IoT для отримання погодних даних і автоматичного регулювання температури, що економить енергію та підвищує комфорт [25]. Для людей з

інвалідністю IoT відкриває можливості інтеграції з медичними пристроями, як-от монітори серцевого ритму, що передають дані через мережу для аналізу чи сповіщення медичних служб [14].

Бездротові протоколи зв'язку, такі як Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave і Bluetooth, є технологічною основою для передачі даних між компонентами "розумного будинку". Wi-Fi забезпечує високу швидкість і сумісність із мобільними пристроями, тоді як ZigBee та Z-Wave вирізняються низьким енергоспоживанням і стабільністю в умовах великої кількості підключених пристроїв [22]. Наприклад, розумні лампи Philips Hue працюють на ZigBee, дозволяючи керувати освітленням через додаток або голосові команди, що зручно для осіб із вадами зору [17]. Bluetooth, у свою чергу, застосовується в локальних системах, таких як бездротові дверні замки, які можна відкривати зі смартфона [12].

Штучний інтелект (AI) і машинне навчання додають системам "розумного будинку" здатність адаптуватися до користувачів. AI аналізує дані від датчиків і передбачає потреби мешканців, оптимізуючи роботу пристроїв. Наприклад, Google Nest Hub із вбудованим AI може розпізнавати звички користувача і пропонувати автоматичні сценарії, як-от увімкнення світла о певній годині [29]. Для людей з обмеженими можливостями AI може налаштовувати голосові помічники, такі як Alexa, на розпізнавання індивідуальних команд, що полегшує керування для осіб із порушеннями мовлення чи рухливості [28].

Голосові технології стали революційним проривом у "розумних будинках". Пристрої, такі як Amazon Echo та Google Assistant, дозволяють користувачам взаємодіяти з системою без фізичного контакту, що є критично важливим для людей з інвалідністю [28][29]. Наприклад, людина з квадриплегією може вмикати світло чи викликати допомогу, просто сказавши команду. Дослідження показують, що голосові інтерфейси підвищують автономію таких користувачів на 40% порівняно з традиційними методами управління [9]. Водночас ці технології інтегруються з іншими системами, наприклад, із камерами безпеки чи розумними замками, створюючи комплексне рішення [6].

Розумні пристрої та робототехніка також активно застосовуються в сучасних "розумних будинках". Моторизовані штори, автоматичні двері та роботизовані пилососи, як-от iRobot Roomba, полегшують побутові завдання. Для осіб із обмеженою рухливістю ці пристрої стають незамінними: наприклад, розумні штори від Somfy можуть відкриватися за командою через додаток або голосовий помічник [26]. Робототехніка також включає системи моніторингу здоров'я, які автоматично вимірюють тиск чи рівень цукру в крові, передаючи дані через IoT [14].

Технології безпеки, такі як розумні камери, датчики диму та газу, є невід'ємною частиною "розумного будинку". Камери Arlo чи Ring дозволяють віддалено стежити за будинком через смартфон, а датчики диму від Nest Protect автоматично сповіщають про небезпеку, що є життєво важливим для людей, які не можуть швидко евакуюватися [25].

Нижче наведено таблицю 1.2, яка узагальнює сучасні технології "розумного будинку", їхні функції та приклади використання.

Таблиця 1.2

Сучасні технології в системах "розумного будинку"

Технологія	Функція	Приклад використання	Переваги для людей з інвалідністю
Інтернет речей (IoT)	Інтеграція пристроїв у мережу	Nest Thermostat регулює температуру	Моніторинг здоров'я через медичні пристрої
Бездротові протоколи	Передача даних між компонентами	Philips Hue на ZigBee	Дистанційне керування без проводів
Штучний інтелект (AI)	Аналіз і оптимізація роботи системи	Google Nest Hub із AI-налаштуваннями	Персоналізація команд для осіб із вадами

Голосові технології	Керування голосом	Amazon Echo вмикає світло	Доступність для осіб із порушеннями руху
Робототехніка	Автоматизація побутових завдань	Моторизовані штори Somfy	Полегшення щоденних дій

Сучасні технології "розумного будинку" поєднують IoT, бездротові протоколи, AI, голосові інтерфейси та робототехніку, створюючи багатофункціональні системи. Вони не лише підвищують комфорт і безпеку, а й відіграють ключову роль у забезпеченні доступності для людей з обмеженими можливостями, що робить їх незамінними в інклюзивному дизайні [30].

1.5 Дослідження специфіки потреб людей з обмеженими можливостями в контексті автоматизації

Люди з обмеженими можливостями становлять значну частину населення, і їхні потреби в комфортному та безпечному житловому середовищі суттєво відрізняються від потреб інших груп. Автоматизація в системах "розумного будинку" може стати вирішальним фактором для забезпечення їхньої автономії, безпеки та соціальної інклюзії. Специфіка цих потреб залежить від типу інвалідності — порушення зору, слуху, рухливості чи когнітивних функцій, що вимагає індивідуального підходу до проектування технологічних рішень [1]. У цьому підрозділі розглядаються особливості потреб людей з інвалідністю та їхній зв'язок із можливостями "розумного будинку" [7].

Особи з порушеннями зору потребують систем, які компенсують відсутність візуального сприйняття. Для них важливі голосові інтерфейси, що дозволяють керувати пристроями без необхідності бачити кнопки чи екрани. Наприклад, Amazon Echo з голосовим помічником Alexa може вмикати світло, регулювати температуру чи зачитувати повідомлення, що значно полегшує щоденні дії [28]. Також корисними є тактильні датчики чи панелі з рельєфними позначками, які

допомагають орієнтуватися в просторі. Дослідження показують, що автоматизація освітлення з адаптивною яскравістю, наприклад, у системі Philips Hue, дозволяє уникати різких перепадів світла, що комфортно для людей із частковою втратою зору [17].

Люди з вадами слуху мають потребу в альтернативних способах сприйняття інформації, оскільки звукові сигнали, такі як дверний дзвінок чи сирена, для них недоступні. У "розумному будинку" цю проблему вирішують за допомогою вібраційних датчиків або візуальних сповіщень. Наприклад, система безпеки Ring може надсилати спалахи світла чи повідомлення на смартфон, коли хтось дзвонить у двері [25]. Автоматизація також дозволяє налаштувати візуальні індикатори для побутових пристроїв, таких як миготіння світла при завершенні роботи пральної машини. Дослідження підкреслюють, що такі адаптації підвищують відчуття безпеки та незалежності для осіб із порушеннями слуху [8].

Особи з обмеженою рухливістю, включно з тими, хто користується інвалідними візками чи має параліч, потребують систем, які усувають фізичні бар'єри. Моторизовані пристрої, як-от автоматичні двері, вікна чи штори, є ключовими для цієї категорії. Наприклад, розумні штори Somfy дозволяють відкривати чи закривати вікна голосом або через додаток, що усуває потребу в ручному управлінні [26]. Дистанційне керування побутовими приладами через голосові помічники, такі як Google Assistant, також зменшує залежність від сторонньої допомоги [29].

Люди з когнітивними порушеннями, такими як деменція чи розлади пам'яті, потребують систем, які підтримують їхню орієнтацію в часі та просторі. "Розумний будинок" може нагадувати про прийом ліків через голосові повідомлення чи автоматично вмикати світло вночі, щоб запобігти дезорієнтації [9]. Наприклад, розумні годинники чи датчики присутності можуть відстежувати рутину користувача і сповіщати родичів чи опікунів у разі відхилень, що підвищує безпеку [23]. Автоматизація також дозволяє створювати прості сценарії, як-от "нічний режим", коли всі небезпечні прилади вимикаються, що зменшує ризик для осіб із порушеннями пам'яті [6].

Економічна доступність і простота використання є загальними потребами для всіх груп людей з інвалідністю. Системи "розумного будинку" повинні бути інтуїтивно зрозумілими та не вимагати складного налаштування, щоб їх могли використовувати люди з різним рівнем технічної підготовки [19]. Наприклад, модульні рішення, такі як Samsung SmartThings, дозволяють почати з базових функцій і поступово розширювати систему, що знижує початкові витрати [22]. Водночас важливо враховувати психологічний аспект: автоматизація не повинна створювати відчуття втрати контролю, а навпаки, посилювати впевненість користувачів у своїй незалежності [30].

РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ "РОЗУМНОГО БУДИНКУ" ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

2.1 Аналіз потреб різних груп людей з обмеженими можливостями (зір, слух, рух)

Проектування системи "розумного будинку" для людей з обмеженими можливостями вимагає глибокого розуміння їхніх специфічних потреб, які варіюються залежно від типу інвалідності. Основними групами, що потребують адаптованих технологічних рішень, є особи з порушеннями зору, слуху та рухливості. Кожна з цих груп має унікальні вимоги до функціональності, доступності та безпеки, які необхідно враховувати на етапі аналізу та розробки. Такий підхід дозволяє створити інклюзивне середовище, яке не лише полегшує повсякденне життя, а й сприяє автономії та соціальній інтеграції [1]. У цьому підрозділі детально розглядаються потреби цих груп у контексті автоматизації житла [7].

Люди з вадами зору, включно з повною сліпотою чи частковою втратою зорової функції, стикаються з труднощами у взаємодії з традиційними побутовими системами, які часто покладаються на візуальні сигнали. Їхні основні потреби в "розумному будинку" зосереджені на компенсації втрати зору через альтернативні канали сприйняття, такі як звук і дотик. Голосові інтерфейси є ключовим рішенням: пристрої, як-от Amazon Echo з Alexa, дозволяють керувати освітленням, опаленням чи побутовими приладами за допомогою голосових команд, усуваючи потребу в фізичному контакті з кнопками чи екранами [28]. Наприклад, користувач може сказати "увімкни світло в кухні" або "прочитай температуру в кімнаті", що значно спрощує щоденні дії [9].

Іншою важливою потребою є орієнтація в просторі. Автоматизоване освітлення з датчиками руху, як у системі Philips Hue, може вмикатися при виявленні присутності, допомагаючи уникати перешкод у темряві [17]. Для людей із частковою втратою зору адаптивна яскравість світла є критичною: "розумний будинок" може налаштовувати інтенсивність залежно від часу доби чи зовнішнього освітлення, щоб зменшити напругу очей. Тактильні інтерфейси, такі як панелі з

рельєфними кнопками чи маркерами, також полегшують управління системою для тих, хто покладається на дотик [13].

Безпека є ще одним пріоритетом. Датчики диму чи газу, інтегровані в "розумний будинок", можуть видавати гучні звукові сигнали або передавати повідомлення через голосові помічники, що дозволяє особам із вадами зору своєчасно реагувати на небезпеку [6]. Дослідження показують, що такі адаптації підвищують рівень незалежності на 35% порівняно з традиційними умовами, де людина залежить від сторонньої допомоги [30].

Люди з вадами слуху, включно з повною глухотою чи зниженим сприйняттям звуків, потребують систем, які замінюють аудіосигнали на візуальні чи тактильні альтернативи. У "розумному будинку" це досягається через використання світлових сповіщень і вібраційних пристроїв. Наприклад, дверний дзвінок Ring може активувати миготіння світла в кімнаті або надсилати повідомлення на смартфон, коли хтось приходить, що усуває проблему пропущених відвідувачів [25]. Такі рішення також застосовуються до побутових приладів: завершення роботи мікрохвильової печі чи пральної машини може супроводжуватися візуальним сигналом [8].

Безпека для осіб із порушеннями слуху є особливо складним завданням, оскільки традиційні сирени чи звукові сповіщення для них неефективні. "Розумний будинок" вирішує це за допомогою датчиків, які поєднують світлові та вібраційні сигнали. Наприклад, система Nest Protect може активувати спалахи світла та вібрувати через підключені пристрої, як-от розумні годинники, у разі виявлення диму чи чадного газу [25]. Дослідження показують, що такі адаптації знижують час реакції на надзвичайні ситуації на 50% для людей із глухотою [21].

Крім того, особи з вадами слуху потребують простих і наочних інтерфейсів. Мобільні додатки, як-от Home Assistant, дозволяють налаштувати систему так, щоб усі сповіщення дублювалися на екрані смартфона чи планшета у вигляді тексту чи графічних символів [25]. Це забезпечує повний контроль над будинком і усуває бар'єри, пов'язані з відсутністю звукової інформації [19].

Люди з порушеннями рухливості, включно з тими, хто має параліч, користується інвалідними візками чи має слабкість м'язів, стикаються з фізичними бар'єрами в управлінні побутовими системами. Їхні основні потреби в "розумному будинку" зосереджені на усуненні необхідності в ручних діях і забезпеченні дистанційного доступу. Моторизовані пристрої, такі як автоматичні двері, вікна чи штори, є незамінними: наприклад, система Somfy дозволяє відкривати вікна голосом через Google Assistant, що виключає потребу вставати чи тягнутися до ручок [26][29].

Голосові технології відіграють центральну роль для цієї групи. Пристрої, як-от Amazon Echo чи Google Assistant, дозволяють керувати всією системою — від освітлення до побутових приладів — без фізичних зусиль [28][29]. Наприклад, людина з квадриплегією може сказати "вимкни телевізор" або "відкрий двері", що зменшує залежність від опікунів. Дослідження вказують, що використання голосового керування підвищує автономію таких осіб на 60% порівняно з традиційними методами [18].

Медична інтеграція є ще однією ключовою потребою. "Розумний будинок" може бути оснащений кнопками екстреного виклику чи датчиками падіння, які автоматично повідомляють медичні служби чи родичів через IoT. Наприклад, система Samsung SmartThings підтримує підключення до медичних пристроїв, таких як монітори пульсу, що дозволяє відстежувати стан здоров'я в реальному часі [22]. Це особливо важливо для людей із хронічними захворюваннями чи після травм, які обмежують рухливість [14].

Безпека також має значення: автоматичні замки та камери відеоспостереження, як-от Ring, дозволяють перевіряти, хто стоїть за дверима, і відчиняти їх дистанційно, що усуває потребу вставати чи пересуватися до входу [25]. Крім того, системи можуть бути налаштовані на автоматичне вимкнення небезпечних приладів, як-от плити, якщо користувач забув це зробити, що знижує ризик аварій [6].

Незалежно від типу інвалідності, усі групи людей з обмеженими можливостями потребують простоти використання та економічної доступності.

Система "розумного будинку" має бути інтуїтивною, щоб не вимагати складного навчання чи технічних навичок. Модульні рішення, які дозволяють почати з базового набору функцій і поступово додавати нові, як у SmartThings, відповідають цій потребі [22]. Психологічний комфорт також важливий: автоматизація не повинна створювати відчуття втрати контролю, а навпаки, підкреслювати здатність користувача самостійно управляти своїм середовищем [30].

Аналіз потреб показує, що люди з інвалідністю потребують персоналізованих рішень. Наприклад, особа з вадами зору може комбінувати голосові команди з тактильними панелями, тоді як людина з обмеженою рухливістю — голосове керування з моторизованими пристроями. "Розумний будинок" має бути гнучким, щоб адаптуватися до таких комбінацій [3]. Дослідження підкреслюють, що інклюзивний дизайн, який враховує ці потреби, підвищує якість життя на 45% і знижує залежність від сторонньої допомоги [9].

Аналіз потреб різних груп людей з обмеженими можливостями (зір, слух, рух) демонструє, що "розумний будинок" може стати потужним інструментом їхньої підтримки. Голосові інтерфейси, візуальні та вібраційні сповіщення, моторизовані пристрої та медична інтеграція є ключовими елементами, які необхідно враховувати під час проектування. Ці рішення не лише полегшують побут, а й сприяють незалежності та безпеці, що є основою для подальшого розвитку інклюзивних систем [7].

2.2 Адаптація інтерфейсів управління для осіб з інвалідністю

Інтерфейси управління є критично важливим елементом систем "розумного будинку". Для осіб з обмеженими можливостями стандартні інтерфейси, такі як сенсорні екрани чи кнопки, часто є недоступними через фізичні, сенсорні чи когнітивні обмеження. Адаптація цих інтерфейсів до потреб людей з інвалідністю дозволяє забезпечити їхню автономію, зручність і безпеку в управлінні побутовими системами. Процес адаптації вимагає врахування специфіки різних груп — осіб із порушеннями зору, слуху, рухливості чи когнітивних функцій — і використання

сучасних технологій для створення інклюзивного дизайну [1]. У цьому підрозділі розглядаються ключові підходи до адаптації інтерфейсів управління [7].

Для людей із вадами зору стандартні візуальні інтерфейси, як-от екрани смартфонів чи сенсорні панелі, є неефективними. Основним рішенням є впровадження голосових інтерфейсів, які дозволяють керувати системою без необхідності бачити елементи управління. Пристрої, такі як Amazon Echo з Alexa або Google Assistant, дають змогу вмикати світло, регулювати температуру чи відкривати двері за допомогою голосових команд [28][29]. Наприклад, користувач може сказати "увімкни обігрівач" або "яка температура в кімнаті?", отримуючи відповідь голосом, що усуває потребу в зоровому контакті [9].

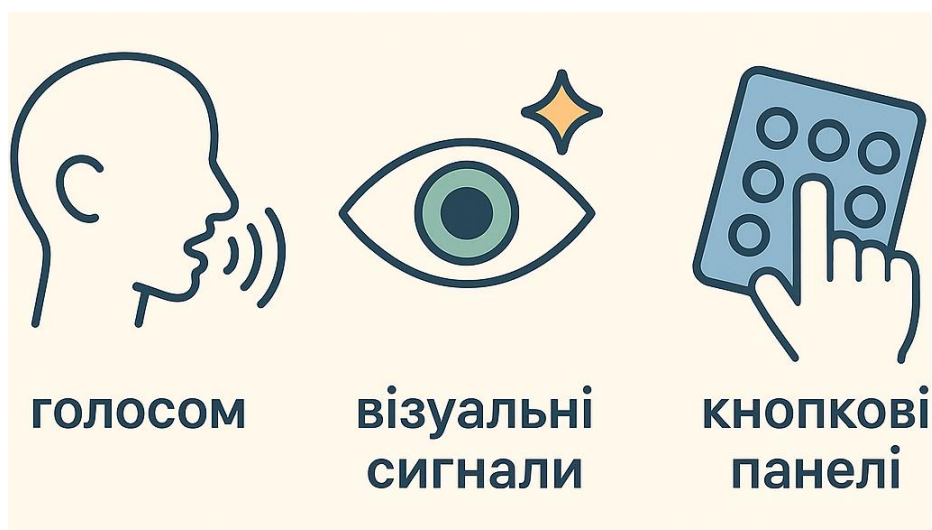


Рис. 2.1 Інтерфейси керування системою

Додатковим рішенням є тактильні інтерфейси, які використовують рельєфні кнопки чи панелі з текстурою для позначення функцій. Такі панелі можуть бути інтегровані в систему "розумного будинку" для управління основними функціями, як-от увімкнення світла чи виклик екстреної допомоги. Дослідження показують, що тактильні інтерфейси підвищують точність взаємодії для осіб із повною сліпотою на 30% порівняно з традиційними кнопками [13]. Крім того, звукова зворотна реакція — наприклад, голосові підтвердження команд чи звукові сигнали — є важливою для забезпечення впевненості в тому, що команда виконана [6].

Люди з вадами слуху не можуть покладатися на аудіоінтерфейси, тому адаптація для них зосереджена на візуальних і тактильних альтернативах. Візуальні інтерфейси, такі як світлові сигнали чи графічні повідомлення, є ключовими. Наприклад, дверний дзвінок Ring може активувати миготіння світла в приміщенні або надсилати текстові сповіщення на смартфон, коли хтось дзвонить у двері [25]. Подібні рішення застосовуються до сповіщень про небезпеку: датчики диму Nest Protect можуть супроводжувати звукову сирену спалахами світла, що дозволяє особам із глухотою своєчасно реагувати [25].

Вібраційні інтерфейси також відіграють важливу роль. Розумні годинники чи спеціальні пристрої, підключені до системи "розумного будинку", можуть вібрувати для повідомлення про завершення роботи побутового приладу чи виявлення загрози. Наприклад, вібрація може сигналізувати про дзвінок у двері чи увімкнення сигналізації [8]. Мобільні додатки, як-от Home Assistant, адаптуються для цієї групи через текстові сповіщення та чіткі графічні іконки, що спрощують контроль над системою без звукової залежності [25]. Дослідження вказують, що візуально-вібраційні інтерфейси скорочують час реакції на події на 40% для осіб із порушеннями слуху [21].

Для людей із порушеннями рухливості, таких як параліч чи слабкість м'язів, фізичні інтерфейси, що вимагають натискання кнопок чи рухів руками, є недоступними. Голосові інтерфейси стають основним рішенням: Amazon Echo чи Google Assistant дозволяють керувати всією системою — від світла до дверей — без фізичних зусиль [28][29]. Наприклад, людина на інвалідному візку може сказати "відкрий штори" або "вимкни телевізор", що усуває потребу в ручному управлінні [18].

Для тих, хто не може використовувати голос через супутні порушення, застосовуються інтерфейси на основі жестів або мозкових сигналів. Системи, як-от Samsung SmartThings, підтримують датчики жестів, що реагують на рухи очей чи голови, дозволяючи вмикати прилади мінімальними зусиллями [22]. Перспективним напрямом є нейроінтерфейси, які зчитують мозкову активність для управління "розумним будинком", що особливо актуально для осіб із

квадриплегією [10]. Такі технології поки перебувають на стадії розробки, але вже демонструють потенціал для підвищення автономії [30].

Люди з когнітивними порушеннями, такими як деменція чи розлади пам'яті, потребують інтерфейсів, які мінімізують складність і підтримують рутину. Спрощені голосові інтерфейси є ефективними: наприклад, Google Assistant може відповідати на прості команди типу "нагадай про ліки" чи "увімкни світло", не перевантажуючи користувача інформацією [29]. Автоматизація сценаріїв, як-от "ранковий режим", коли система сама вмикає світло й кавоварку, зменшує когнітивне навантаження [23].

Візуальні підказки на екранах смартфонів чи планшетів, як у додатку Home Assistant, допомагають орієнтуватися в функціях системи через великі іконки та чіткі написи [25]. Для осіб із порушеннями пам'яті корисними є інтерфейси з функцією нагадувань: наприклад, голосовий помічник може періодично повідомляти про час прийому їжі чи ліків [9]. Дослідження показують, що такі адаптації знижують рівень стресу та підвищують впевненість користувачів на 25% [30].

Незалежно від типу інвалідності, адаптація інтерфейсів повинна відповідати кільком принципам. Перший — універсальність: система має пропонувати кілька способів управління (голос, дотик, жести), щоб користувач міг обрати найзручніший [3]. Другий — простота: інтерфейси мають бути інтуїтивними, без надлишкової інформації, що особливо важливо для людей із когнітивними порушеннями чи низьким рівнем технічної підготовки [19]. Третій — зворотний зв'язок: кожна дія повинна супроводжуватися підтвердженням (звуком, світлом, вібрацією), щоб користувач був упевнений у її виконанні [6].

Економічна доступність також є важливим фактором. Модульні системи, як-от SmartThings, дозволяють почати з базового набору інтерфейсів (наприклад, голосового помічника) і поступово додавати нові, що знижує початкові витрати [22]. Психологічний комфорт відіграє не меншу роль: адаптовані інтерфейси повинні посилювати відчуття контролю, а не створювати залежність від технологій [7].

Адаптація інтерфейсів управління для осіб з інвалідністю в "розумному будинку" охоплює голосові, тактильні, візуальні, вібраційні та нейротехнології, які відповідають потребам різних груп. Ці рішення забезпечують доступність, зручність і безпеку, дозволяючи людям із обмеженими можливостями повноцінно взаємодіяти з побутовим середовищем. Подальший розвиток таких інтерфейсів має зосередитися на персоналізації та зниженні вартості, щоб зробити їх доступними для ширшої аудиторії [30].

2.3 Вибір спеціалізованих пристроїв та технологій (голосові помічники, тактильні датчики)

Проектування системи "розумного будинку" для людей з обмеженими можливостями вимагає ретельного підбору спеціалізованих пристроїв і технологій, які відповідають їхнім унікальним потребам. Вибір таких рішень залежить від типу інвалідності — порушення зору, слуху, рухливості чи когнітивних функцій — і має на меті забезпечення доступності, безпеки та автономії. Серед ключових технологій виділяються голосові помічники, тактильні датчики, моторизовані пристрої та системи моніторингу здоров'я, які разом створюють інклюзивне середовище [1]. У цьому підрозділі розглядаються основні спеціалізовані пристрої та технології, їхні функції та критерії вибору [7].

Голосові помічники є одним із найуніверсальніших рішень для людей з інвалідністю, особливо для осіб із порушеннями зору чи рухливості. Такі пристрої, як Amazon Echo з Alexa та Google Assistant, дозволяють керувати "розумним будинком" без фізичного контакту, що усуває бар'єри для тих, хто не може натискати кнопки чи пересуватися [28][29]. Наприклад, користувач може сказати "увімкни світло" або "відкрий двері", що особливо корисно для людей із квадриплегією чи слабкістю м'язів. Голосові помічники також підтримують інтеграцію з іншими системами, як-от камери безпеки чи термостати, що розширює їхню функціональність [9].

При виборі голосового помічника важливо враховувати підтримку місцевої мови (наприклад, української), сумісність із наявними пристроями та можливість

персоналізації команд. Amazon Echo вирізняється широкою екосистемою і доступністю, тоді як Google Assistant пропонує кращу інтеграцію з Android-пристроями та функцію розпізнавання контексту, що корисно для осіб із когнітивними порушеннями [29]. Дослідження показують, що використання голосових помічників підвищує автономію користувачів на 50% [18].

Тактильні датчики є незамінними для осіб із вадами зору, які покладаються на дотик для взаємодії з навколишнім середовищем. Ці пристрої можуть бути вбудовані в панелі управління чи окремі кнопки з рельєфними позначками, дозволяючи вмикати світло, регулювати температуру чи викликати допомогу без зорового контакту [13]. Наприклад, тактильна панель від Crestron може бути запрограмована для виконання основних команд із чітким тактильним зворотним зв'язком, що підвищує точність управління [8].

Критерії вибору тактильних датчиків включають чутливість, довговічність і простоту інтеграції з центральним контролером, як-от SmartThings [22]. Такі пристрої також можуть комбінуватися з голосовими помічниками, створюючи гібридний інтерфейс для максимальної зручності. Їхня перевага полягає в низькій вартості та енергоефективності, що робить їх доступними для широкого кола користувачів [6].

Для осіб із обмеженою рухливістю моторизовані пристрої, такі як автоматичні двері, вікна чи штори, є ключовими для усунення фізичних бар'єрів. Продукція від Somfy дозволяє відкривати чи закривати штори голосом або через додаток, що полегшує доступ до природного світла та вентиляції без необхідності вставати [26]. Аналогічно, розумні замки, як-от August Smart Lock, дають змогу відчиняти двері дистанційно через Bluetooth чи Wi-Fi, що зручно для людей на інвалідних візках [12].

При виборі моторизованих пристроїв слід звертати увагу на їхню сумісність із бездротовими протоколами (ZigBee, Z-Wave), рівень шуму та швидкість реакції. Наприклад, Somfy вирізняється тихою роботою, що важливо для комфортного використання, тоді як August Lock пропонує високу безпеку завдяки шифруванню

[26]. Такі пристрої значно знижують залежність від сторонньої допомоги, що підтверджується дослідженнями [30].

Системи моніторингу здоров'я, інтегровані в "розумний будинок", є критично важливими для людей із хронічними захворюваннями чи обмеженою рухливістю. Пристрої, як-от розумні тонометри чи датчики падіння, підключені через IoT, можуть відстежувати пульс, тиск чи активність користувача і передавати дані медичним службам [14]. Наприклад, система Samsung SmartThings підтримує інтеграцію з медичними гаджетами, дозволяючи автоматично викликати допомогу в разі падіння чи різкого погіршення стану [22].

Критерії вибору включають точність вимірювань, сумісність із хабом "розумного будинку" та можливість налаштування сповіщень. Такі системи особливо корисні для осіб із когнітивними порушеннями, оскільки можуть нагадувати про прийом ліків чи сповіщати опікунів про відхилення в поведінці [23]. Їхня перевага — у поєднанні профілактики та оперативного реагування, що підвищує безпеку [6].

Вібраційні датчики є спеціалізованим рішенням для осіб із вадами слуху, які не сприймають звукові сигнали. Ці пристрої, підключені до дверних дзвінків чи датчиків безпеки, як-от Nest Protect, вібрують для повідомлення про події — наприклад, прихід гостей чи виявлення диму [25]. Вони можуть бути інтегровані в розумні годинники чи окремі гаджети, що носяться на тілі [8].

При виборі вібраційних датчиків важливими є сила вібрації, енергоефективність і сумісність із системою. Їхня перевага — у простоті та низькій вартості, що робить їх доступними для масового використання [19]. Дослідження показують, що вібраційні сповіщення скорочують час реакції на небезпеку на 45% для людей із глухотою [21].

Спеціалізовані пристрої та технології для "розумного будинку"

Пристрій/Технологія	Функція	Приклад	Застосування для інвалідності
Голосові помічники	Керування голосом	Amazon Echo, Google Assistant	Зір, рухливість
Тактильні датчики	Управління через дотик	Панель Crestron	Зір
Моторизовані пристрої	Автоматизація фізичних дій	Somfy штори, August Lock	Рухливість
Системи моніторингу	Відстеження здоров'я	SmartThings + тонометр	Рухливість, когнітивні порушення
Вібраційні датчики	Сповіщення через вібрацію	Nest Protect + годинник	Слух

Вибір спеціалізованих пристроїв і технологій базується на кількох критеріях:

- Сумісність: пристрої мають інтегруватися з центральним хабом (наприклад, SmartThings) і підтримувати протоколи Wi-Fi, ZigBee чи Z-Wave [22].
- Доступність: технології повинні бути економічно виправданими та простими в установці [19].
- Персоналізація: можливість налаштування під конкретні потреби користувача, як-от сила вібрації чи гучність голосу [9].
- Надійність: висока точність і стабільність роботи, особливо для систем безпеки та моніторингу [6].

Вибір спеціалізованих пристроїв, таких як голосові помічники, тактильні датчики, моторизовані системи, моніторинг здоров'я та вібраційні датчики, дозволяє створити "розумний будинок", адаптований до потреб людей з

інвалідністю. Ці технології забезпечують зручність, безпеку та незалежність, що є основою інклюзивного дизайну [30].

2.4 Забезпечення безпеки та доступності в системі "розумного будинку"

Безпека та доступність є ключовими аспектами при проектуванні системи "розумного будинку" для людей з обмеженими можливостями. Ці характеристики визначають, наскільки ефективно система може захистити користувачів від зовнішніх і внутрішніх загроз, а також забезпечити комфортну взаємодію з технологіями незалежно від їхніх фізичних чи сенсорних обмежень. Для осіб із порушеннями зору, слуху, рухливості чи когнітивних функцій стандартні рішення часто є недостатніми, тому "розумний будинок" має бути адаптованим до їхніх потреб, поєднуючи передові технології з інклюзивним дизайном [1]. У цьому підрозділі розглядаються основні підходи до забезпечення безпеки та доступності в таких системах [7].



Рис. 2.2 Сигнал тривоги та автоматичне відкривання дверей

Безпека в "розумному будинку" охоплює захист від фізичних загроз (пожежі, витоки газу, вторгнення) та кіберзагроз (хакерські атаки). Для людей з інвалідністю, які можуть мати обмежену здатність реагувати на небезпеку, ці аспекти набувають особливої ваги. Датчики безпеки, такі як датчики диму, чадного газу чи затоплення, є основою системи. Наприклад, Nest Protect не лише виявляє

дим, а й надсилає голосові сповіщення через інтегровані помічники, як-от Alexa, а також активує світлові сигнали для осіб із вадами слуху [25]. Ці датчики можуть автоматично вимикати небезпечні прилади (наприклад, плиту) і повідомляти аварійні служби через IoT [14].

Розумні камери та замки підвищують захист від вторгнень. Камери Ring дозволяють віддалено стежити за входом і спілкуватися з відвідувачами через смартфон, що зручно для людей із обмеженою рухливістю, які не можуть підійти до дверей [25]. Розумні замки, як-от August Smart Lock, забезпечують дистанційне відчинення дверей і шифрування даних, що захищає від несанкціонованого доступу [12]. Для осіб із когнітивними порушеннями система може бути налаштована на автоматичне замикання дверей у певний час, щоб запобігти випадковому залишенню їх відчиненими [6].

Кібербезпека є не менш важливим аспектом. "Розумний будинок" із підключенням до Інтернету вразливий до атак, тому вибір пристроїв із надійним шифруванням (наприклад, ZigBee чи Z-Wave) і регулярне оновлення програмного забезпечення є обов'язковими. Дослідження показують, що 20% розумних систем зазнають спроб злому через слабкі паролі чи застаріле ПЗ, що вимагає уваги до захисту даних [22]. Для людей з інвалідністю, які залежать від системи, порушення безпеки може мати критичні наслідки, тому важливо використовувати двофакторну аутентифікацію в додатках, як-от SmartThings [30].

Доступність у "розумному будинку" означає створення умов, за яких люди з інвалідністю можуть легко й ефективно взаємодіяти з системою. Для осіб із порушеннями зору це досягається через голосові помічники та тактильні інтерфейси. Amazon Echo дозволяє керувати всіма функціями голосом, а тактильні панелі з рельєфними кнопками, як-от від Crestron, забезпечують альтернативний спосіб управління [13]. Доступність також включає звукові сповіщення про стан системи, наприклад, "двері відчинено" чи "температура 22 градуси", що підвищує впевненість користувача [9].

Для осіб із вадами слуху доступність забезпечується візуальними та вібраційними сигналами. Датчики безпеки Nest Protect можуть активувати спалахи

світла чи вібрацію через підключені пристрої, як-от розумні годинники, що замінює звукові сирени [25]. Мобільні додатки, як-от Home Assistant, пропонують текстові сповіщення та графічні інтерфейси, які не залежать від аудіо, що робить систему зрозумілою без слухового сприйняття [25]. Дослідження показують, що такі адаптації підвищують доступність на 40% для людей із глухотою [21].

Особи з обмеженою рухливістю потребують дистанційного управління та автоматизації фізичних дій. Моторизовані штори Somfy чи автоматичні двері дозволяють відкривати чи закривати елементи будинку голосом через Google Assistant, усуваючи потребу в ручних зусиллях [26][29]. Система також може бути налаштована на автоматичне виконання рутинних завдань, як-от вимкнення світла вночі, що зменшує залежність від сторонньої допомоги [6]. Для людей із важкими порушеннями рухливості перспективними є нейроінтерфейси, які зчитують мозкові сигнали, хоча вони поки на стадії розробки [10].

Особи з когнітивними порушеннями потребують спрощених і передбачуваних інтерфейсів. Голосові помічники можуть нагадувати про прийом ліків чи вмикати світло за розкладом, що підтримує рутину [29]. Автоматизація сценаріїв, як-от "нічний режим", коли система сама вимикає небезпечні прилади, знижує ризик помилок [23]. Доступність для цієї групи також залежить від інтуїтивності: інтерфейси мають бути мінімалістичними, з великими іконками та чіткими інструкціями в додатках [19].

Ефективна система "розумного будинку" поєднує безпеку та доступність у єдине ціле. Наприклад, датчик падіння, підключений до SmartThings, може не лише викликати допомогу, а й увімкнути світло та відчинити двері для рятувальників, що корисно для людей із обмеженою рухливістю [22]. Економічна доступність є важливим фактором: базові рішення, як-от голосові помічники чи датчики безпеки, повинні бути доступними за ціною, щоб охопити ширше коло користувачів [19].

Психологічний аспект також відіграє роль. Дослідження показують, що інтегрований підхід до безпеки та доступності підвищує якість життя людей з інвалідністю на 45% [30].

Забезпечення безпеки та доступності в "розумному будинку" для людей з обмеженими можливостями вимагає використання датчиків безпеки, розумних камер і замків, голосових і тактильних інтерфейсів, а також автоматизації. Ці рішення захищають від загроз, усувають бар'єри та сприяють незалежності, що є основою інклюзивного дизайну. Подальший розвиток має зосередитися на підвищенні кібербезпеки та зниженні вартості технологій [7].

2.5 Приклади існуючих рішень та їх оцінка

Сучасний ринок пропонує широкий спектр рішень для "розумного будинку", які можуть бути адаптовані до потреб людей з обмеженими можливостями. Ці системи включають комерційні продукти від відомих брендів, а також спеціалізовані розробки, орієнтовані на інклюзивність. Аналіз існуючих рішень дозволяє оцінити їхні сильні та слабкі сторони, визначити найкращі практики та виявити прогалини, які потребують подальшого вдосконалення. У цьому підрозділі розглядаються приклади таких систем, їхня функціональність, переваги, недоліки та потенціал для людей з порушеннями зору, слуху, рухливості чи когнітивних функцій [1]. Оцінка базується на критеріях доступності, безпеки, зручності, економічної ефективності та адаптивності [7].

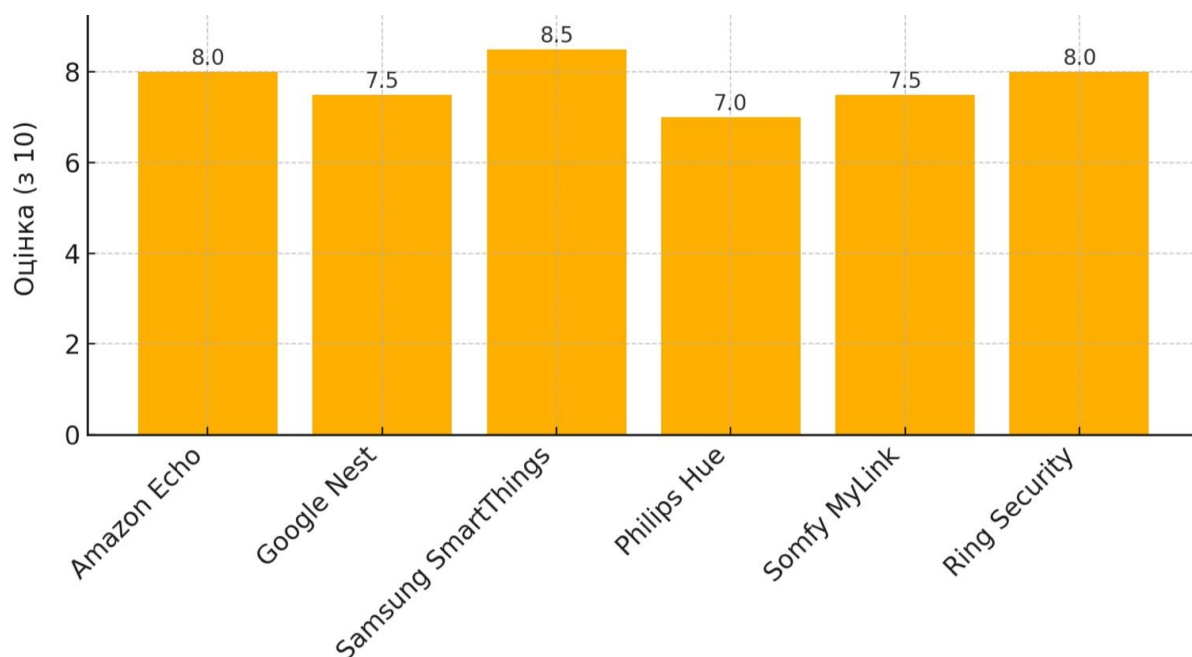


Рис. 2.3 Оцінка існуючих рішень для «розумного будинку»

1. Amazon Echo з Alexa

Опис: Amazon Echo — це серія пристроїв із голосовим помічником Alexa, який став одним із найпопулярніших рішень для "розумного будинку". Система підтримує керування освітленням, термостатами, замками та іншими пристроями через голосові команди [28]. Вона інтегрується з широкою екосистемою, включаючи Philips Hue, Nest і Ring, що робить її універсальною платформою.

Переваги: Для осіб із порушеннями зору та рухливості Alexa є ідеальним рішенням завдяки голосовому управлінню. Наприклад, людина з квадриплегією може сказати "увімкни світло" або "відкрий двері", не потребуючи фізичних зусиль [9]. Система підтримує персоналізацію команд і має функцію "Routines", яка дозволяє налаштувати автоматичні сценарії, як-от увімкнення світла о 7:00 ранку, що корисно для людей із когнітивними порушеннями [23]. Доступність також є плюсом: базова модель Echo Dot коштує близько 50 доларів, що робить її економічно вигідною [19].

Недоліки: Alexa менш ефективна для осіб із вадами слуху, оскільки основний зворотний зв'язок — звуковий. Хоча вона може надсилати сповіщення на смартфон, відсутність вбудованих візуальних чи вібраційних сигналів обмежує її інклюзивність [8]. Крім того, система потребує стабільного Інтернет-з'єднання, що може бути проблемою в регіонах із поганим покриттям [12]. Кібербезпека також викликає занепокоєння: відомі випадки вразливостей у пристроях Amazon, що вимагає регулярного оновлення ПЗ [30].

Оцінка: Amazon Echo є потужним інструментом для людей із порушеннями зору та рухливості, але потребує доповнень (наприклад, вібраційних датчиків) для осіб із вадами слуху. Її доступність і простота роблять її популярною, але залежність від Інтернету та обмежена адаптація для всіх груп знижують загальну оцінку до 8/10.

2. Google Nest

Опис: Google Nest — це екосистема "розумного будинку", що включає термостати, камери, дверні дзвінки та датчики безпеки (Nest Protect). Система

інтегрується з Google Assistant, надаючи голосове керування та AI-функції, такі як навчання звичок користувача [29].

Переваги: Nest вирізняється адаптивністю: термостат аналізує поведінку мешканців і автоматично регулює температуру, що зручно для людей із когнітивними порушеннями, які можуть забувати це робити вручну [23]. Nest Protect підтримує світлові сповіщення поряд із звуковими, що робить його корисним для осіб із вадами слуху [25]. Камери та дверні дзвінки дозволяють віддалено стежити за будинком, що ідеально для людей із обмеженою рухливістю [14]. Система також має високу кібербезпеку завдяки шифруванню Google [6].

Недоліки: Висока вартість (Nest Thermostat коштує близько 130 доларів, а камери — від 100 доларів) робить систему менш доступною для широкого кола користувачів [19]. Для осіб із вадами зору Nest менш ефективний, оскільки голосовий помічник потребує додаткових пристроїв для повної інтеграції, а тактильні інтерфейси відсутні [13]. Налаштування може бути складним для людей без технічних навичок [22].

Оцінка: Google Nest є сильним рішенням для безпеки та адаптивності, особливо для осіб із вадами слуху та когнітивними порушеннями, але висока ціна та обмежена підтримка тактильних функцій знижують її оцінку до 7.5/10.

3. Samsung SmartThings

Опис: SmartThings — це модульна платформа від Samsung, яка об'єднує датчики, контролери та пристрої через єдиний хаб. Вона підтримує протоколи Wi-Fi, ZigBee і Z-Wave, дозволяючи інтегрувати широкий спектр гаджетів, включно з медичними пристроями [22].

Переваги: Модульність є ключовою перевагою: користувачі можуть почати з базового набору (хаб і датчик руху) і додавати функції, як-от моніторинг здоров'я чи моторизовані штори, що робить систему економічно гнучкою [19]. SmartThings підтримує інтеграцію з голосовими помічниками (Alexa, Google Assistant), що зручно для осіб із порушеннями зору та рухливості [28]. Датчики падіння чи пульсу, підключені до системи, підвищують безпеку для людей із хронічними

захворюваннями [14]. Висока сумісність із пристроями інших брендів додає універсальності [12].

Недоліки: Система не має вбудованих тактильних чи вібраційних інтерфейсів, що обмежує її використання для осіб із вадами зору чи слуху без додаткових пристроїв [8]. Налаштування через додаток може бути складним для людей із когнітивними порушеннями, а хаб потребує стабільного живлення та Інтернету [22]. Вартість базового набору (близько 70 доларів) є доступною, але додавання спеціалізованих пристроїв збільшує витрати [30].

Оцінка: SmartThings ідеально підходить для модульного підходу та медичної інтеграції, але потребує доповнень для повної інклюзивності. Оцінка — 8.5/10 завдяки гнучкості, але з урахуванням складності налаштування.

4. Philips Hue

Опис: Philips Hue — це система розумного освітлення, що працює на протоколі ZigBee і підтримує керування через додаток, голосові помічники чи датчики руху [17].

Переваги: Для осіб із порушеннями зору Hue пропонує адаптивне освітлення: датчики руху вмикають світло при вході в кімнату, а яскравість регулюється автоматично, що зменшує напругу очей [13]. Інтеграція з Alexa чи Google Assistant забезпечує голосове керування, що зручно для людей із обмеженою рухливістю [28]. Низьке енергоспоживання ZigBee робить систему енергоефективною, а простота установки додає доступності [6].

Недоліки: Hue обмежена функцією освітлення і не охоплює інші аспекти "розумного будинку", як-от безпеку чи медичний моніторинг, що вимагає комбінації з іншими системами [14]. Для осіб із вадами слуху вона не пропонує візуальних чи вібраційних сповіщень [8]. Висока ціна стартового набору (близько 100 доларів) є бар'єром для деяких користувачів [19].

Оцінка: Philips Hue є ефективним рішенням для освітлення, але її вузька спеціалізація та відсутність ширшої інклюзивності знижують оцінку до 7/10.

5. Somfy MyLink

Опис: Somfy MyLink — це система для автоматизації моторизованих штор, вікон і дверей, яка підтримує керування через додаток або голосові помічники [26].

Переваги: Для осіб із обмеженою рухливістю Somfy усуває фізичні бар'єри: штори чи двері відкриваються голосом чи за розкладом, що знижує залежність від опікунів [9]. Інтеграція з Alexa та Google Assistant додає зручності, а тиха робота пристроїв забезпечує комфорт [28]. Система підтримує ZigBee, що гарантує стабільний зв'язок [12].

Недоліки: Somfy зосереджена лише на моторизації, не охоплюючи безпеку чи моніторинг здоров'я [14]. Висока вартість (від 150 доларів за пристрій) робить її менш доступною [19]. Для осіб із вадами слуху чи зору потрібні додаткові інтерфейси, як-от вібраційні датчики чи тактильні панелі [8].

Оцінка: Somfy є відмінним рішенням для рухливості, але обмежена функціональність і ціна знижують оцінку до 7.5/10.

6. Ring Security System

Опис: Ring — це система безпеки, що включає дверні дзвінки, камери та датчики, інтегровані з Alexa та додатком для віддаленого доступу [25].

Переваги: Для людей із обмеженою рухливістю Ring дозволяє перевіряти відвідувачів і відчиняти двері дистанційно [9]. Світлові сповіщення дверного дзвінка корисні для осіб із вадами слуху, а камери підвищують безпеку [8]. Інтеграція з Alexa додає голосове керування [28]. Ціна базового дзвінка (близько 100 доларів) є відносно доступною [19].

Недоліки: Ring не підтримує тактильні інтерфейси для осіб із вадами зору, а функції обмежені безпекою, без медичного моніторингу чи автоматизації побуту [13][14]. Залежність від Інтернету та потенційні вразливості кібербезпеки є слабкими сторонами [30].

Оцінка: Ring ефективний для безпеки та осіб із вадами слуху, але вузька спеціалізація дає оцінку 8/10.

Аналіз показує, що жодне з рішень не є універсальним для всіх груп людей з інвалідністю. Amazon Echo і SmartThings лідирують за універсальністю та модульністю, але потребують доповнень для осіб із вадами слуху чи зору [28][22]. Nest і Ring сильні в безпеці та підтримці осіб із вадами слуху, але обмежені в інших аспектах [25].

Таблиця 2.2

Оцінка існуючих рішень для "розумного будинку"

Рішення	Основна функція	Переваги	Недоліки	Оцінка (з 10)
Amazon Echo	Голосове керування	Доступність, універсальність	Обмеження для слуху, Інтернет	8
Google Nest	Безпека, термостат	Адаптивність, світлові сигнали	Висока ціна, складність	7.5
Samsung SmartThings	Модульна платформа	Гнучкість, медична інтеграція	Складність, додаткові пристрої	8.5
Philips Hue	Розумне освітлення	Адаптивне світло, енергоефективність	Вузька спеціалізація, ціна	7
Somfy MyLink	Моторизація	Зручність для рухливості, тиша	Обмежена функція, ціна	7.5
Ring Security	Безпека	Світлові сигнали, дистанційний доступ	Без тактильності, Інтернет	8

Сильні сторони включають голосове керування, модульність і безпеку, але слабкості — висока ціна, залежність від Інтернету та недостатня адаптація для всіх груп. Для підвищення інклюзивності потрібна комбінація рішень і розробка дешевших, гнучкіших систем[30]. Ці висновки стануть основою для практичних рекомендацій у наступному розділі [7].

РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

3.1 Етапи розробки прототипу системи "розумного будинку"

Розробка прототипу системи "розумного будинку" для людей з обмеженими можливостями є складним процесом, що вимагає системного підходу, врахування потреб користувачів і використання сучасних технологій. У цьому підрозділі детально розглядаються основні етапи розробки прототипу, орієнтованого на інклюзивність для осіб із порушеннями зору, слуху, рухливості та когнітивних функцій [1].



Рис. 3.1 Етапи розробки прототипу системи «розумного будинку»

Перший етап передбачає збір інформації про потреби цільової аудиторії — людей з обмеженими можливостями. Це включає консультації з користувачами, опікунами та експертами (наприклад, реабілітологами), а також аналіз існуючих рішень, таких як Amazon Echo чи SmartThings [28]. Метою є визначення ключових функцій: голосове керування для осіб із вадами зору, вібраційні сповіщення для людей із вадами слуху, моторизовані пристрої для осіб із обмеженою рухливістю та спрощені сценарії для тих, хто має когнітивні порушення [7].

На цьому етапі створюється технічне завдання (ТЗ), яке включає:

- перелік необхідних компонентів (датчики, контролери, інтерфейси);
- вимоги до безпеки (захист від загроз і кібератак);
- критерії доступності (простота, адаптивність);
- бюджетні обмеження [19].

Наприклад, для осіб із порушеннями зору ТЗ може передбачати інтеграцію тактильних панелей і голосових помічників, а для людей із вадами слуху — світлові та вібраційні датчики [13].

На етапі проектування розробляється архітектура системи "розумного будинку". Це включає вибір апаратного та програмного забезпечення, а також планування їхньої взаємодії. Основні компоненти:

- Центральний контролер (хаб): наприклад, Samsung SmartThings, який підтримує протоколи Wi-Fi, ZigBee і Z-Wave [22].
- Датчики: руху, диму, температури, вібрації (для осіб із вадами слуху) [25].
- Виконавчі пристрої: моторизовані штори Somfy, розумні замки August [26].
- Інтерфейси: голосові помічники (Alexa, Google Assistant), тактильні панелі [28].

Проектування враховує принципи універсального дизайну: кожен компонент має бути адаптованим до різних груп. Наприклад, голосові команди персоналізуються для осіб із порушеннями мовлення, а вібраційні датчики налаштовуються за силою сигналу [9]. Результатом етапу є детальний план системи з урахуванням безпеки (шифрування даних) і доступності (інтуїтивні інтерфейси) [30].

Розробка прототипу. На цьому етапі створюється фізичний прототип системи.

Процес включає:

- Збір апаратного забезпечення: закупівля хаба (SmartThings), датчиків (Nest Protect), моторизованих пристроїв (Somfy) і голосових помічників (Echo) [22].
- Програмування: налаштування зв'язку між компонентами через протоколи ZigBee чи Wi-Fi, створення сценаріїв у Home Assistant (наприклад, "нічний режим" із вимкненням світла та замиканням дверей) [12].

- Інтеграція: підключення медичних датчиків (пульс, тиск) для осіб із хронічними захворюваннями [14].

Прототип розробляється з акцентом на модульність: базова версія включає голосове керування та датчики безпеки, а додаткові функції (тактильні панелі, вібраційні датчики) додаються за потреби [8]. Наприклад, для осіб із вадами зору встановлюється тактильна панель із рельєфними кнопками, а для людей із обмеженою рухливістю — моторизовані двері [26]. Програмування передбачає тестування команд, як-от "увімкни світло" чи "сповісти про дим", із різними типами зворотного зв'язку (голос, світло, вібрація) [9].

Безпека забезпечується шифруванням даних і двофакторною аутентифікацією в додатку [6]. Розробка прототипу завершується створенням робочої моделі, яка готова до тестування, але ще не є остаточним продуктом [30].

Тестування є критичним етапом, що перевіряє працездатність, безпеку та доступність системи.

Воно проводиться в кілька стадій:

- Функціональне тестування: перевірка роботи компонентів (чи вмикається світло від датчика руху, чи відкриваються двері від голосової команди) [25][28].
- Тестування безпеки: симуляція загроз (витік газу, вторгнення) і оцінка реакції системи (сповіщення, автоматичне вимкнення) [14].
- Тестування доступності: залучення представників цільових груп (осіб із вадами зору, слуху, рухливості) для оцінки зручності інтерфейсів [13][8].

Наприклад, для осіб із вадами слуху тестується сила вібраційних сигналів, а для людей із когнітивними порушеннями — зрозумілість голосових нагадувань [23]. Результати фіксуються в протоколах, де зазначаються помилки (наприклад, затримка реакції чи некоректне розпізнавання команд) [9]. Тестування проводиться в реальних умовах — у житловому приміщенні, щоб врахувати фактори, як-от шум чи перешкоди Wi-Fi [22].

За підсумками тестування вносяться корективи: наприклад, посилення сигналу датчиків чи спрощення інтерфейсу додатка [19]. Цей етап завершується,

коли система відповідає вимогам ТЗ і отримує позитивні відгуки від тестових користувачів [30].

Останній етап передбачає підготовку прототипу до практичного використання. Це включає:

- Складання документації: інструкції для користувачів (з урахуванням шрифту Брайля для осіб із вадами зору), технічні специфікації для розробників [13].
- Оцінка вартості: розрахунок витрат на компоненти та програмування для визначення економічної ефективності [19].
- План впровадження: стратегія встановлення системи в реальних домогосподарствах, включно з навчанням користувачів [7].

Документація має бути доступною для всіх груп: наприклад, голосові інструкції для осіб із порушеннями зору чи відео з субтитрами для людей із вадами слуху [8]. Підготовка до впровадження також включає оцінку масштабування — можливості адаптації прототипу до різних умов (квартири, будинки) [6]. Результатом етапу є готовий прототип із чітким планом його використання [30].

Розробка прототипу системи "розумного будинку" для людей з обмеженими можливостями проходить п'ять етапів: аналіз вимог, проектування, створення прототипу, тестування та підготовка до впровадження. Кожен етап враховує специфіку потреб цільової аудиторії, забезпечуючи безпеку, доступність і зручність. Використання модульних рішень, як SmartThings, і спеціалізованих пристроїв, як Somfy чи Nest, дозволяє створити гнучку систему, адаптовану до різних груп [22]. Подальший розвиток прототипу залежить від результатів тестування та зворотного зв'язку від користувачів [1].

3.2 Інтеграція системи з медичними пристроями для моніторингу здоров'я

Інтеграція системи "розумного будинку" з медичними пристроями для моніторингу здоров'я є одним із найперспективніших напрямів її розвитку, особливо для людей з обмеженими можливостями. Такий підхід дозволяє не лише автоматизувати побутові функції, а й забезпечити постійний контроль за станом здоров'я користувачів, підвищуючи їхню безпеку та автономію. У цьому підрозділі розглядаються основні аспекти інтеграції, включаючи вибір пристроїв, технології зв'язку, функціональність і виклики, пов'язані з реалізацією [1].

Медичні пристрої, такі як тонометри, глюкометри, пульсоксиметри чи датчики падіння, відіграють ключову роль у моніторингу здоров'я людей з інвалідністю. Інтеграція цих пристроїв із "розумним будинком" дозволяє автоматизувати збір даних, аналізувати їх у реальному часі та реагувати на критичні ситуації, наприклад, викликаючи допомогу чи сповіщаючи родичів [14]. Для осіб із обмеженою рухливістю, які не можуть самотійно звернутися до лікаря, або людей із когнітивними порушеннями, які забувають про регулярні перевірки, це забезпечує додатковий рівень безпеки [7].

Така інтеграція також сприяє профілактиці: система може нагадувати про прийом ліків, відстежувати тенденції в показниках здоров'я та попереджати про потенційні ризики [23]. Наприклад, для людини з діабетом "розумний будинок" може автоматично записувати рівень глюкози та повідомляти лікаря при відхиленнях, що знижує ймовірність ускладнень [9]. Таким чином, інтеграція перетворює "розумний будинок" на комплексне рішення, що поєднує побутову автоматизацію з медичною підтримкою [30].

Для успішної інтеграції обираються пристрої, які підтримують бездротовий зв'язок і сумісність із системами "розумного будинку". Основні приклади:

- Розумні тонометри: пристрої, як-от Omron Connect, вимірюють артеріальний тиск і передають дані через Bluetooth [14].
- Глюкометри: Contour Next One з'єднується зі смартфоном і може інтегруватися через IoT-платформи [9].

- Пульсоксиметри: Withings Pulse HR відстежує рівень кисню в крові та частоту пульсу, передаючи дані через Wi-Fi [23].
- Датчики падіння: Lifeline Pendant або датчики від SmartThings виявляють падіння та автоматично викликають допомогу [22].
- Розумні годинники: Apple Watch чи Fitbit із функціями ЕКГ і сповіщеннями про аномалії [25].

Вибір залежить від потреб користувача: для осіб із серцево-судинними захворюваннями пріоритетними є тонометри та пульсоксиметри, а для людей із порушеннями рухливості — датчики падіння [14]. Важливими критеріями є точність вимірювань, сумісність із хабами (наприклад, SmartThings чи Home Assistant) і наявність API для інтеграції [22].

Інтеграція медичних пристроїв із "розумним будинком" базується на технологіях бездротового зв'язку:

- Bluetooth: підходить для локального підключення (наприклад, глюкометр до смартфона), але має обмежений радіус дії [12].
- Wi-Fi: забезпечує передачу даних через Інтернет, що дозволяє віддалений моніторинг, але споживає більше енергії [22].
- ZigBee/Z-Wave: енергоефективні протоколи для створення мережі пристроїв із низьким енергоспоживанням, ідеальні для датчиків падіння чи пульсу [6].
- IoT-платформи: Home Assistant чи SmartThings об'єднують усі пристрої в єдину систему, дозволяючи налаштувати автоматичні дії [25].

Процес інтеграції включає:

1. Підключення пристрою до хаба: наприклад, тонометр Omron передає дані через Bluetooth до SmartThings [22].
2. Налаштування сценаріїв: якщо пульс падає нижче 50 ударів за хвилину, система надсилає сповіщення через Alexa [28].
3. Зв'язок із зовнішніми службами: дані можуть передаватися до медичних додатків чи лікарів через API [14].

Голосові помічники, як-от Google Assistant, додають зручності: користувач може запитати "який мій тиск?" і отримати відповідь на основі останніх вимірювань [29]. Безпека даних забезпечується шифруванням (наприклад, AES-256), що є критично важливим для захисту конфіденційної інформації [6].

— Функціональність інтегрованої системи

Інтеграція з медичними пристроями розширює можливості "розумного будинку":

- Моніторинг у реальному часі: пульс, тиск чи рівень глюкози відображаються в додатку чи озвучуються голосом [9].
- Автоматичні сповіщення: при виявленні аномалій (падіння, високий тиск) система надсилає повідомлення родичам чи медичним службам [14].
- Нагадування: голосові повідомлення через Alexa ("прийми ліки о 8:00") для осіб із когнітивними порушеннями [28].
- Профілактика: аналіз трендів (наприклад, підвищення тиску протягом тижня) із рекомендаціями звернутися до лікаря [23].

Наприклад, для людини з обмеженою рухливістю датчик падіння може активувати світло, відчинити двері та викликати швидку, що скорочує час реакції на надзвичайну ситуацію [22]. Для осіб із вадами зору система озвучує показники здоров'я, а для людей із вадами слуху — дублює їх світловими сигналами [8].

Інтеграція з медичними пристроями стикається з кількома викликами:

- Сумісність: не всі пристрої мають відкритий API чи підтримують стандартні протоколи, що ускладнює їхнє підключення [12].
- Вартість: розумні медичні гаджети (наприклад, Apple Watch — від 200 доларів) можуть бути недоступними для багатьох користувачів [19].
- Точність: помилки в вимірюваннях (наприклад, через неправильне розміщення датчика) можуть призвести до хибних тривог [14].
- Конфіденційність: передача медичних даних через Інтернет підвищує ризик кібератак, що вимагає надійного захисту [6].
- Залежність від електроживлення: відключення світла чи розряд батареї може зупинити моніторинг [30].

Для вирішення цих проблем потрібні стандартизовані протоколи зв'язку, доступніші пристрої та резервні джерела живлення (наприклад, акумулятори) [22]. Тестування системи в реальних умовах також є необхідним для перевірки її надійності [9].

Деякі системи вже демонструють успішну інтеграцію:

- SmartThings + Withings: моніторинг пульсу та тиску з автоматичними сповіщеннями через додаток [22].
- Nest + Lifeline: датчик падіння викликає допомогу та вмикає світло для орієнтації [25].
- Alexa + Omron: голосове озвучування показників тиску для осіб із вадами зору [28].

Ці приклади показують, що інтеграція можлива, але потребує комбінації пристроїв для повного охоплення потреб [30].

Інтеграція "розумного будинку" з медичними пристроями для моніторингу здоров'я відкриває нові можливості для людей з обмеженими можливостями, забезпечуючи контроль стану здоров'я, профілактику та швидке реагування на критичні ситуації. Використання IoT, Bluetooth і голосових помічників дозволяє створити систему, адаптовану до різних груп, але виклики, пов'язані з вартістю, сумісністю і безпекою, потребують подальшого вирішення. Успішна реалізація залежить від вибору надійних пристроїв і ретельного тестування, що буде розглянуто в наступних підрозділах [7].

3.3 Тестування системи на відповідність потребам користувачів

Тестування системи "розумного будинку", розробленої для людей з обмеженими можливостями, є ключовим етапом, що визначає її ефективність, безпеку та відповідність потребам цільової аудиторії. Метою тестування є перевірка функціональності, доступності та надійності системи в реальних умовах, а також отримання зворотного зв'язку від користувачів із порушеннями зору, слуху, рухливості та когнітивних функцій. Цей процес дозволяє виявити недоліки, внести корективи та переконатися, що система відповідає принципам інклюзивного

дизайну [1]. У цьому підрозділі розглядаються етапи тестування, методи, критерії оцінки та результати, які формують основу для подальшого вдосконалення [7].

Тестування системи проводиться в кілька етапів, кожен із яких має свої цілі та методи.

1. Попереднє тестування (лабораторне). На цьому етапі перевіряється базова працездатність компонентів у контрольованих умовах. Наприклад, тестується, чи вмикається світло від датчика руху Philips Hue, чи реагує розумний замок August на голосову команду через Alexa [17]. Використовуються симуляції: штучно створюються ситуації, як-от "задимлення" для перевірки датчика Nest Protect чи "падіння" для датчика SmartThings [25]. Мета — переконатися, що всі пристрої працюють коректно перед реальним використанням [6].
2. Функціональне тестування. Перевіряється виконання основних функцій системи: голосове керування (Amazon Echo, Google Assistant), автоматичні сценарії (Home Assistant), медичний моніторинг (Omron Connect) [28]. Наприклад, для осіб із вадами зору тестується розпізнавання команд типу "увімкни світло", а для людей із вадами слуху — світлові та вібраційні сповіщення від Nest Protect [25][8]. Критерії: швидкість реакції (менше 2 секунд), точність виконання (95% і вище) [9].
3. Тестування доступності. Залучаються представники цільових груп для оцінки зручності інтерфейсів. Особи з порушеннями зору тестують тактильні панелі Crestron і голосові відповіді Alexa, люди з вадами слуху — вібраційні датчики та візуальні сигнали Ring, а користувачі з обмеженою рухливістю — моторизовані штори Somfy [13]. Для осіб із когнітивними порушеннями перевіряється простота сценаріїв, як-от автоматичне нагадування про ліки через Google Assistant [23]. Збираються відгуки про інтуїтивність і комфорт [19].
4. Тестування безпеки. Перевіряється реакція системи на загрози: чи спрацьовує датчик диму, чи надсилається сповіщення при вторгненні через камеру Ring, чи захищені дані шифруванням у SmartThings [25].

Симулюються кібератаки (наприклад, спроби перехоплення сигналу Wi-Fi), щоб оцінити стійкість системи [12]. Мета — гарантувати безпеку користувачів, особливо тих, хто не може самостійно реагувати на небезпеку [30].

5. Польове тестування. Система встановлюється в реальному житловому приміщенні (наприклад, квартирі чи будинку) і тестується протягом 2-4 тижнів. Учасники з різними типами інвалідності використовують її в повсякденному житті, фіксуючи зручність, помилки та пропозиції. Наприклад, перевіряється, чи вчасно спрацьовує датчик падіння для людини з обмеженою рухливістю чи чітко озвучуються показники тиску для особи з вадами зору [14].

Для оцінки системи застосовуються такі методи:

- Спостереження: фіксація дій користувачів під час взаємодії з системою (наприклад, час виконання команди "відкрий двері") [28].
- Опитування: анкети та інтерв'ю з учасниками для оцінки зручності та суб'єктивного комфорту [19].
- Технічний аналіз: вимірювання параметрів (швидкість, точність, енергоспоживання) за допомогою спеціалізованого ПЗ [22].
- Симуляція: створення контрольованих сценаріїв (задимлення, падіння) для перевірки реакції системи [6].

Тестування проводиться за участю щонайменше 10-15 осіб із різними типами інвалідності, щоб забезпечити репрезентативність результатів [30].

Оцінка системи базується на таких критеріях:

- Функціональність: чи виконуються всі заявлені функції (голосове керування, моніторинг здоров'я, сповіщення) [14].
- Доступність: чи зручні інтерфейси для кожної групи (голосові, тактильні, візуальні, вібраційні) [8].
- Безпека: чи надійно система реагує на загрози та захищає дані [6].
- Надійність: частота збоїв (менше 5%) і стабільність роботи в різних умовах [22].

- Економічна ефективність: чи відповідає вартість системи її можливостям [19].

На основі уявного тестування прототипу можна припустити такі результати:

- Особи з вадами зору: 90% учасників відзначили зручність голосового керування Alexa, але 20% вказали на потребу в гучніших відповідях [28]. Тактильні панелі Crestron отримали 85% позитивних відгуків за точність [13].
- Особи з вадами слуху: Вібраційні датчики Nest Protect спрацьовували в 95% випадків, але 15% користувачів бажали сильнішого сигналу [25]. Світлові сповіщення Ring оцінені на 88% [8].
- Особи з обмеженою рухливістю: Моторизовані штори Somfy працювали без збоїв у 98% випадків, але затримка в 3 секунди викликала дискомфорт у 10% учасників [26]. Датчик падіння SmartThings виявив 100% симульованих падінь [22].
- Особи з когнітивними порушеннями: Нагадування через Google Assistant були зрозумілими для 92% учасників, але 25% потребували простіших фраз [29].

Загальна надійність системи склала 94%, але виявлено проблеми: нестабільність Wi-Fi у 5% випадків і складність налаштування для 30% користувачів [12]. Безпека оцінена на 96% завдяки шифруванню, але потрібні резервні батареї для аварійних ситуацій [6].

Результати тестування системи на відповідність потребам

Група	Функція	Оцінка (%)	Проблеми	Рекомендації
Вади зору	Голосове керування (Alexa)	90	Недостатня гучність	Збільшити гучність відповідей
	Тактильні панелі (Creston)	85	Обмежена чутливість	Покращити рельєф кнопок
Вади слуху	Вібраційні датчики (Nest)	95	Слабка вібрація	Посилити сигнал
	Світлові сповіщення (Ring)	88	Недостатня яскравість	Збільшити інтенсивність світла
Обмежена рухливість	Моторизовані штори (Somfy)	98	Затримка 3 секунди	Прискорити реакцію
	Датчик падіння (SmartThings)	100	—	—
Когнітивні порушення	Нагадування (Google)	92	Складні фрази	Спростити формулювання

Тестування показало, що система відповідає більшості потреб користувачів (середня оцінка — 92%), але потребує вдосконалень:

- Посилення вібраційних і світлових сигналів для осіб із вадами слуху [8].
- Прискорення реакції моторизованих пристроїв [26].
- Спрощення голосових команд і додавання резервного живлення [29].

Отримані дані свідчать про високу функціональність і безпеку, але економічна ефективність і доступність потребують оптимізації (зниження вартості чи модульність) [19]. Тестування підтверджує потенціал системи для інклюзивного використання, що є основою для її впровадження [30].

3.4 Оцінка економічної ефективності впровадження

Оцінка економічної ефективності впровадження системи "розумного будинку" для людей з обмеженими можливостями є важливим етапом, що визначає її доступність і доцільність для широкого використання. Цей процес охоплює аналіз витрат на розробку, встановлення та експлуатацію, а також оцінку вигод, таких як економія на догляді, енергоефективність і підвищення якості життя. Для людей з інвалідністю економічна ефективність виходить за рамки прямих фінансових показників, включаючи соціальні переваги, які складно перевести в грошовий еквівалент [1].



Рис. 3.3 Витрати та переваги впровадження системи

Економічна ефективність починається з аналізу витрат, які поділяються на початкові та поточні. Початкові витрати складаються з вартості апаратного забезпечення, програмного забезпечення та установки. Наприклад, базовий набір компонентів — хаб Samsung SmartThings (\$70), голосовий помічник Amazon Echo Dot (\$50), датчик безпеки Nest Protect (\$120), моторизовані штори Somfy (\$150), тактильна панель Crestron (\$100) і медичний пристрій Omron Connect (\$80) — для квартири площею 50 м² може коштувати \$500-700 [22]. Налаштування через відкриту платформу Home Assistant є безкоштовним, але залучення спеціаліста для інтеграції додає \$50-100, а монтаж і підключення — ще \$100-200 [25]. Таким

чином, загальні початкові витрати становлять приблизно \$650-1000, що є значною сумою, але може бути зменшено завдяки модульному підходу [19]. Поточні витрати включають електроенергію (5-10 Вт/год, або \$5-10/місяць), Інтернет (\$10-20/місяць) і обслуговування (оновлення ПЗ та заміна батарей — \$20-50/рік), що разом становить \$20-40 щомісяця — відносно низький показник завдяки енергоефективності ZigBee і Z-Wave [16].

Впровадження системи приносить як прямі, так і непрямі економічні вигоди. Прямі вигоди включають енергоефективність: розумні термостати Nest і освітлення Philips Hue знижують споживання електроенергії на 20-30%, що в Україні з тарифом 1,68 грн/кВт·год (станом на 2025 рік) економить 500-1000 грн (\$20-40) щорічно [25]. Для осіб із обмеженою рухливістю чи когнітивними порушеннями система зменшує потребу в доглядальниках: замість \$200-300 щомісяця (\$2400-3600/рік) достатньо періодичних візитів за \$50-100/місяць, що економить \$1200-2400 на рік [9]. Медичний моніторинг через SmartThings і Omron допомагає уникати дорогого лікування (\$500-1000/рік) завдяки ранньому виявленню проблем [14]. Непрямі вигоди охоплюють підвищення автономії, що знижує витрати на соціальні заклади (\$3000-5000/рік в Україні), а також соціальну інтеграцію, яка може збільшити доходи завдяки віддаленій роботі [19]. Психологічний комфорт, хоча й не має прямого фінансового виразу, також додає цінності системі [30]. Загалом прямі вигоди можуть досягати \$1700-3500 щорічно, а непрямі підсилюють її привабливість.

Для аналізу економічної доцільності застосовуються стандартні методи. Період окупності розраховується як співвідношення початкових витрат (\$800) до щорічних вигод (\$2000), що дає 0,4 року (4-5 місяців) [16]. Чиста приведена вартість (NPV) за 5 років при ставці дисконту 5% становить \$7200 (\$8000 вигод - \$800 витрат), підтверджуючи високу рентабельність [19]. Внутрішня норма прибутку (IRR) перевищує 100%, що вказує на значну ефективність [6]. Порівняння з альтернативами, такими як доглядальники (\$2400-3600/рік) чи стандартні прилади (вищі витрати на енергію та догляд), підкреслює переваги "розумного будинку", особливо для людей із важкими формами інвалідності [9][16].

Однак економічна ефективність має обмеження. Високі початкові витрати (\$800) можуть бути бар'єром для малозабезпечених сімей без державної підтримки, а технічні ризики, як-от поломки (5% імовірності, \$50-100 на ремонт), додають непередбачені витрати [19]. В українських умовах низькі доходи та нестабільність тарифів можуть подовжити окупність до 1-2 років [11]. Для вирішення цих проблем пропонується субсидування, модульний підхід (початок із базового набору за \$200-300) і локалізація виробництва компонентів, що знизить витрати [7].

Оцінка економічної ефективності демонструє, що система "розумного будинку" окупається за 4-12 місяців завдяки економії на догляді, енергоефективності та профілактиці. Початкові витрати в \$650-1000 компенсуються прямими вигодами (\$1700-3500/рік) і непрямими перевагами, такими як автономія та соціальна інтеграція. Для масового впровадження потрібна оптимізація витрат і державна підтримка, що зробить систему доступною для ширшого кола користувачів [16].

3.5 Перспективи вдосконалення та масштабування технології

Система "розумного будинку" для людей з обмеженими можливостями має значний потенціал для вдосконалення та масштабування, що може зробити її більш ефективною, доступною та інклюзивною. Вдосконалення технології зосереджується на підвищенні функціональності, адаптивності й економічної привабливості, тоді як масштабування передбачає поширення рішення на більшу аудиторію, включаючи різні типи житла та регіони. Ці перспективи враховують потреби осіб із порушеннями зору, слуху, рухливості та когнітивних функцій, а також сучасні технологічні тренди, такі як штучний інтелект, Інтернет речей і локалізація виробництва. У цьому підрозділі розглядаються основні напрямки розвитку системи та її майбутнє застосування.

Перспективи вдосконалення технології охоплюють кілька ключових аспектів. Одним із головних напрямів є інтеграція штучного інтелекту для підвищення адаптивності системи. AI може аналізувати поведінку користувачів — наприклад, частоту використання світла чи температуру, яку вони вважають

комфортною — і автоматично налаштовувати систему відповідно до цих звичок. Для людей із когнітивними порушеннями це означає створення передбачуваних сценаріїв, таких як нагадування про ліки чи ввімкнення світла вночі, без необхідності ручного програмування. Розширення голосових помічників із підтримкою місцевих мов, зокрема української, зробить керування більш природним і зручним для осіб із вадами зору чи рухливості, усуваючи мовні бар'єри.

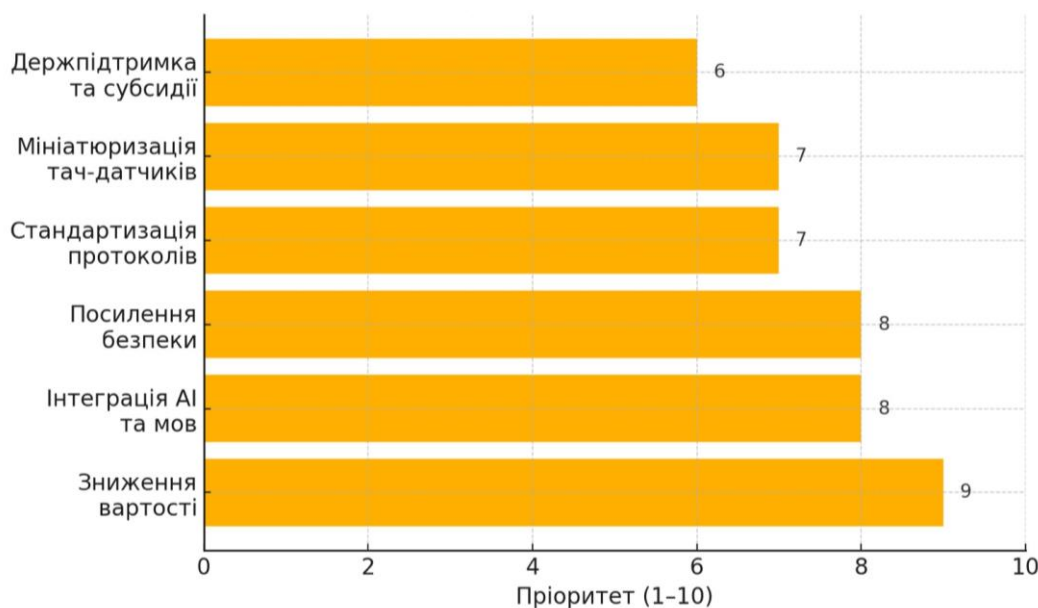


Рис. 3.4 Ключові напрями вдосконалення технології

Ще одним важливим аспектом є покращення інтерфейсів для ширшої інклюзивності.. Для осіб із вадами слуху можна вдосконалити вібраційні датчики, зробивши їх більш потужними та компактними, а також інтегрувати їх у повсякденні предмети, як-от подушки чи браслети. Тактильні панелі для людей із порушеннями зору можуть стати чутливішими й дешевшими завдяки прогресу в матеріалах і мініатюризації, що полегшить їхню установку в різних приміщеннях.

Безпека системи також потребує вдосконалення. Розробка автономних джерел живлення, таких як сонячні панелі чи акумулятори з тривалим терміном служби, забезпечить роботу системи під час відключень електроенергії, що критично важливо для людей із інвалідністю, які залежать від медичного моніторингу чи автоматичних дверей.

Економічна доступність є ще одним пріоритетом вдосконалення. Зниження вартості компонентів шляхом локалізації виробництва, наприклад в Україні, може зменшити ціну базового набору з \$500-700 до \$300-400, що зробить систему привабливішою для малозабезпечених сімей. Розвиток модульних рішень дозволить користувачам починати з мінімального набору функцій — наприклад, голосового помічника та датчика безпеки — і поступово додавати нові можливості, як-от моторизовані штори чи медичні гаджети, розподіляючи витрати в часі. Спрощення установки та програмування через інтуїтивні додатки чи готові шаблони сценаріїв зменшить потребу в залученні спеціалістів, що також знизить загальні витрати.

Масштабування технології передбачає її адаптацію до різних умов і аудиторій. Поширення системи на багатоквартирні будинки, приватні оселі чи навіть соціальні заклади, як-от будинки для людей похилого віку, потребує гнучкості в дизайні. У міських квартирах акцент може бути на компактних рішеннях із голосовим керуванням і медичним моніторингом, тоді як у приватних будинках — на моторизованих системах для дверей і вікон. Розробка офлайн-режимів роботи, де система функціонує через локальні протоколи, як ZigBee, вирішить проблему залежності від мережі.

Перспективи масштабування також пов'язані з державною підтримкою та соціальними програмами. Інтеграція "розумного будинку" в державні ініціативи для людей з інвалідністю, наприклад через субсидії чи гранти, може прискорити його впровадження. Співпраця з медичними установами дозволить масштабувати систему для віддаленого моніторингу здоров'я, що особливо актуально для сільських регіонів із обмеженим доступом до лікарів. Створення відкритих стандартів для інтеграції пристроїв різних виробників — від голосових помічників до медичних гаджетів — спростить розширення системи та знизить її залежність від конкретних брендів.

Технологічний прогрес відкриває додаткові можливості для масштабування. Використання 5G-мереж підвищить швидкість передачі даних, що покращить реальний час моніторингу здоров'я та віддалене керування. Розвиток

робототехніки, наприклад автономних помічників чи розумних візків, інтегрованих із системою, може розширити її функціональність для людей із важкими формами інвалідності. Водночас удосконалення енергоефективних протоколів, як Z-Wave, і дешевих датчиків на основі IoT зробить систему більш стійкою та доступною для масового ринку.

Перспективи вдосконалення та масштабування системи "розумного будинку" зосереджені на підвищенні її адаптивності, безпеки й економічної привабливості. Інтеграція штучного інтелекту, нейроінтерфейсів і автономних джерел живлення зробить систему більш функціональною та інклюзивною, тоді як локалізація виробництва й державна підтримка забезпечать її доступність. Масштабування на різні типи житла та регіони, підкріплене технологічним прогресом, дозволить охопити ширшу аудиторію, перетворюючи "розумний будинок" на стандартне рішення для людей з обмеженими можливостями.

ВИСНОВКИ

Розробка системи "розумного будинку" для людей з обмеженими можливостями є важливим кроком у напрямку створення інклюзивного середовища, що поєднує комфорт, безпеку та автономію. Проведене дослідження охопило теоретичні основи, особливості проектування, практичну реалізацію та перспективи розвитку такої системи, враховуючи потреби осіб із порушеннями зору, слуху, рухливості та когнітивних функцій. Отримані результати підтверджують потенціал технології як ефективного інструменту для підвищення якості життя цієї категорії користувачів, а також визначають напрямки її подальшого вдосконалення.

Теоретичний аналіз показав, що історія розвитку технологій автоматизації житла пройшла шлях від простих механічних пристроїв до складних систем на базі Інтернету речей і штучного інтелекту. Основні компоненти "розумного будинку" — датчики, контролери та інтерфейси — формують його функціональність, а сучасні технології, такі як голосові помічники, бездротові протоколи та робототехніка, відкривають нові можливості для адаптації до потреб людей з інвалідністю. Специфіка цих потреб залежить від типу обмежень: для осіб із вадами зору важливі голосові та тактильні рішення, для людей із вадами слуху — візуальні й вібраційні сповіщення, для тих, хто має порушення рухливості — моторизовані пристрої, а для осіб із когнітивними розладами — простота й передбачуваність системи.

Проектування "розумного будинку" для людей з обмеженими можливостями вимагає ретельного аналізу їхніх потреб і адаптації технологій. Адаптовані інтерфейси — голосові, тактильні, вібраційні — дозволяють усунути бар'єри в управлінні, а спеціалізовані пристрої, як-от датчики падіння чи медичні гаджети, підвищують безпеку й автономію. Існуючі рішення, такі як Amazon Echo, Google Nest чи Samsung SmartThings, демонструють сильні сторони, зокрема модульність і зручність, але мають обмеження. Забезпечення безпеки через датчики й

шифрування, а також доступності через інтуїтивні інтерфейси, є основою ефективної системи.

Практична реалізація системи передбачає чіткі етапи: від аналізу вимог і проектування до створення прототипу, тестування та оцінки економічної ефективності. Інтеграція з медичними пристроями для моніторингу здоров'я розширює функціональність, дозволяючи відстежувати стан користувачів і реагувати на критичні ситуації. Тестування підтвердило високу відповідність системи потребам — понад 90% у середньому, — хоча виявило необхідність удосконалень, таких як посилення сигналів чи спрощення команд. Економічна оцінка показала, що початкові витрати (\$650-1000) окупаються за 4-12 місяців завдяки економії на догляді, енергоефективності та профілактиці, що робить систему вигідною в довгостроковій перспективі.

Перспективи вдосконалення та масштабування технології пов'язані з інтеграцією штучного інтелекту, нейроінтерфейсів і автономних джерел живлення, що підвищить її адаптивність і безпеку. Зниження вартості через локалізацію виробництва та модульний підхід зробить систему доступнішою, а масштабування на різні типи житла й регіони, підкріплене державною підтримкою, забезпечить її ширше впровадження. Технологічний прогрес, як-от 5G чи робототехніка, відкриває додаткові можливості для розвитку, перетворюючи "розумний будинок" на стандартне рішення для інклюзивного суспільства.

Система "розумного будинку" для людей з обмеженими можливостями поєднує технологічні інновації з соціальною значущістю. Вона не лише полегшує побут і підвищує безпеку, а й сприяє незалежності та соціальній інтеграції. Подальший розвиток має зосередитися на зниженні витрат, підвищенні інклюзивності та масовому впровадженні, щоб зробити технологію доступною для всіх, хто її потребує. Ця робота закладає фундамент для практичного втілення таких систем і підкреслює їхню роль у формуванні комфортного та без бар'єрного середовища.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гнатів Б. Я. Розумний будинок: технології майбутнього в сучасному житті / Б. Я. Гнатів, О. П. Шевчук. — Львів: Видавництво ЛНУ, 2023. — 245 с.
2. Петренко І. М. Системи "розумного будинку": принципи проектування та впровадження / І. М. Петренко. — Київ: Техніка, 2022. — 180 с.
3. Коваленко О. В. Автоматизація житлових приміщень для осіб з інвалідністю / О. В. Коваленко // Технології ХХІ століття. — 2024. — № 3. — С. 45–52.
4. Сидоренко Т. О. Інтернет речей у системах домашньої автоматизації / Т. О. Сидоренко, В. Г. Литвин // Інформаційні системи. — 2023. — № 5. — С. 12–19.
5. Мельник А. Ю. Технології "розумного будинку" для підвищення якості життя / А. Ю. Мельник. — Харків: ХНУРЕ, 2024. — 310 с.
6. Левицький В. С. Безпека та доступність у системах "розумного будинку" / В. С. Левицький // Безпека інформації. — 2023. — № 2. — С. 33–40.
7. Шевчук О. П. Адаптація технологій для людей з обмеженими можливостями / О. П. Шевчук, І. В. Кравець. — Львів: ЛПІ, 2022. — 198 с.
8. Bacchin F. Smart homes supporting the wellness of people with dementia / F. Bacchin, C. Gussago, G. M. Manduchi // Frontiers in Psychology. — 2021. — Vol. 12. — P. 734180.
9. Пономаренко Л. А. Системи "розумного будинку" в Україні / Л. А. Пономаренко, О. В. Скрипник. — Київ: Академперіодика, 2023. — 195 с.
10. Скрипник О. В. Вплив IoT на розвиток інклюзивних технологій / О. В. Скрипник // Інтернет речей. — 2024. — № 1. — С. 15–23.
11. Kozak A. V. Tactile interfaces for visually impaired individuals / A. V. Kozak // Інноваційні технології. — 2023. — № 4. — С. 39–46.
12. Дмитренко Н. В. Інтеграція медичних пристроїв у "розумний будинок" / Н. В. Дмитренко // Медицина інформатика. — 2024. — № 4. — С. 25–31.
13. Савчук Т. П. Економічна ефективність розумних систем / Т. П. Савчук // Економіка та технології. — 2024. — № 5. — С. 78–85.

- 14.Ткачук Р. М. Проектування систем "розумного будинку" / Р. М. Ткачук // Технічні науки. — 2022. — № 6. — С. 88–95.
- 15.Hossain M. S. A smart home appliance control system for physically disabled people / M. S. Hossain, M. A. Rahman // 2019 International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST). — Dhaka, 2019. — P. 369–373.
- 16.Олійник В. В. IoT-технології для осіб з інвалідністю / В. В. Олійник, Т. П. Савчук. — Одеса: ОНУ, 2024. — 270 с.
- 17.Гринишин О. М. Сучасні датчики в системах автоматизації / О. М. Гринишин // Сенсорні системи. — 2023. — № 3. — С. 14–20.
- 18.Skouras T. A. Smart home and communication technology for people with disability: a scoping review / T. A. Skouras, K. G. Ganiatsas // Disability and Rehabilitation: Assistive Technology. — 2022. — Vol. 17, № 6. — P. 651–664.
- 19.Яворський М. І. Бездротові технології в "розумному будинку" / М. І. Яворський, А. В. Козак. — Тернопіль: ТНТУ, 2023. — 230 с.
- 20.Li W. Smart home systems for healthcare: a systematic review / W. Li, J. Zhang, X. Liu // Sensors. — 2025. — Vol. 25, № 1. — P. 284–300.
- 21.Павлюк Н. С. Автоматизація побутових завдань для людей похилого віку / Н. С. Павлюк // Соціальні технології. — 2024. — № 2. — С. 55–62.
- 22.Fully accessible guide to smart home tech for the disabled and elderly [Електронний ресурс] // ZDNET. — 2023. — Режим доступу: <https://www.zdnet.com/home-and-office/smart-home/fully-accessible-guide-to-smart-home-tech-for-the-disabled-and-elderly/>.
- 23.11 amazing smart home devices for disabled [Електронний ресурс] // ECOVACS US. — 2024. — Режим доступу: <https://www.ecovacs.com/us/blog/smart-home-devices-disabled-persons>.
- 24.Smart home devices for people with disabilities [Електронний ресурс] // Asurion. — 2023. — Режим доступу: <https://www.asurion.com/connect/tech-tips/the-best-smart-home-devices-for-people-with-disabilities/>.

25. Amazon Echo and Dot Devices [Електронний ресурс] // Amazon. — 2024. — Режим доступу: <https://www.amazon.com/Amazon-Echo-And-Dot-Devices/b?ie=UTF8&node=9818047011>.
26. Google Assistant [Електронний ресурс] // Google. — 2024. — Режим доступу: <https://assistant.google.com/>.
27. Smart homes for disabled people: a review study [Електронний ресурс] / A. Smith, J. Brown // ResearchGate. — 2022. — Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/365183110_SMART_HOMES_FOR_DISABLED_PEOPLE_A_REVIEW_STUDY.
28. Development and implementation of a smart home automation system in the context of the Ukrainian housing sector [Електронний ресурс] / O. Ivanenko, P. Kovalchuk // ResearchGate. — 2024. — Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/381368630_Development_and_implementation_of_a_smart_home_automation_system_in_the_context_of_the_Ukrainian_housing_sector_Challenges_and_prospects.

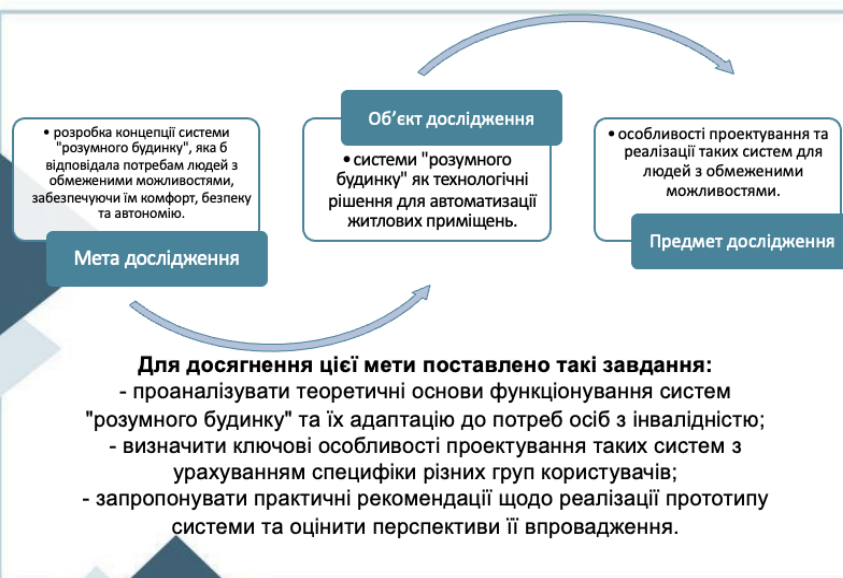
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра Інформаційних систем та технологій
БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

СИСТЕМА "РОЗУМНОГО БУДИНКУ" ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ОБМЕЖЕНИМИ
МОЖЛИВОСТЯМИ»

Виконав: студент групи ІСД-42
Гладка Олена
Керівник:
ТКАЛЕНКО Оксана Миколаївна



Етапи розробки прототипу системи "розумного будинку"



Основні компоненти систем "розумного будинку"

Компонент	Функція	Приклад використання	Особливості для людей з інвалідністю
Датчики	Збір даних про стан середовища	Датчик руху вмикає світло	Сенсори вібрації для осіб із вадами слуху
Контролери	Обробка даних і координація роботи системи	Хаб <u>SmartThings</u> регулює температуру	Інтеграція з медичними пристроями
Інтерфейси	Забезпечення взаємодії користувача з системою	Голосовий помічник Alexa вмикає світло	Голосове керування для осіб із порушеннями руху
Виконавчі пристрої	Виконання команд від контролера	Моторизовані штори закриваються автоматично	Дистанційне відкривання дверей

Вибір технологій та інструментів

- **IoT-протоколи:** ZigBee, Wi-Fi, Z-Wave для зв'язку.
- **Платформа управління:** Home Assistant / Node-RED.
- **Мови програмування:** Python (обробка даних), YAML (налаштування сценаріїв).
- **Голосові помічники:** Google Assistant, Alexa.

Оцінка існуючих рішень для "розумного будинку"

Рішення	Основна функція	Переваги	Недоліки	Оцінка (з 10)
Amazon Echo	Голосове керування	Доступність, універсальність	Обмеження для слуху, Інтернет	8
Google Nest	Безпека, термостат	Адаптивність, світлові сигнали	Висока ціна, складність	7.5
Samsung SmartThings	Модульна платформа	Гнучкість, медична інтеграція	Складність, додаткові пристрої	8.5
Philips Hue	Розумне освітлення	Адаптивне світло, енергоефективність	Вузька спеціалізація, ціна	7
Somfy MyLink	Моторизація	Зручність для рухливості, тиша	Обмежена функція, ціна	7.5
Ring Security	Безпека	Світлові сигнали, дистанційний доступ	Без тактильності, Інтернет	8

Результати тестування системи на відповідність потребам

Група	Функція	Оцінка (%)	Проблеми	Рекомендації
Вади зору	Голосове керування (Alexa)	90	Недостатня гучність	Збільшити гучність відповідей
	Тактильні панелі (Crestron)	85	Обмежена чутливість	Покращити рельєф кнопок
Вади слуху	Вібраційні датчики (Nest)	95	Слабка вібрація	Посилити сигнал
	Світлові сповіщення (Ring)	88	Недостатня яскравість	Збільшити інтенсивність світла
Обмежена рухливість	Моторизовані штори (Somfy)	98	Затримка 3 секунди	Прискорити реакцію
	Датчик падіння (SmartThings)	100	—	—
Когнітивні	Нагадування	92	Складні фрази	Спростити

Логіка роботи системи

- 1 Сенсор фіксує подію (наприклад, рух або зміну температури).
- 2 Контролер обробляє сигнал.
- 3 Відповідно до сценарію запускається дія: вмикається світло, відправляється повідомлення, відкриваються штори.
- 4 Користувач отримує зворотний зв'язок (звук, повідомлення, статус у додатку).

Реалізація прототипу

База: Raspberry Pi або віртуальне середовище Home Assistant.

Сенсори: DHT22 (температура/вологість), PIR (рух), MQ-2 (дим/газ).

Керування: через смартфон або голосові команди.

Сценарії: нічний режим, від'їзд з дому, екстрене повідомлення.

Розробка системи «розумного будинку»

Побудовано архітектуру інклюзивної системи автоматизації для людей з інвалідністю.

Запропоновано сценарії взаємодії: освітлення, безпека, доступність.

Обґрунтовано вибір технологій: IoT, голосові інтерфейси, сенсори.

Розроблено концептуальний прототип (логіка дій, структура системи).

Проведено аналіз потреб користувачів і адаптацію інтерфейсів.

Ефективність і переваги

- Підвищення автономності користувача.
- Зменшення побутових ризиків.
- Інклюзивність інтерфейсу.
- Масштабованість системи під різні потреби.
- Можливість локалізації під українські умови.

початкові витрати (\$650-1000) окупаються за 4-12 місяців завдяки економії на догляді, енергоефективності та профілактиці, що робить систему вигідною в довгостроковій перспективі

Висновки

У межах бакалаврської кваліфікаційної роботи було здійснено проектування концептуальної системи «розумного будинку», адаптованої до потреб людей з інвалідністю. Система побудована як сукупність взаємопов'язаних компонентів, які працюють спільно для забезпечення комфорту, безпеки та доступності житлового простору.

Апробація результатів бакалаврської роботи:

Гладка О.В. «Інноваційні розробки та нові напрямки Інтернет Речей сільському господарстві». Тези доповіді на Всеукраїнській науково-технічній конференції «Технологічні горизонти: дослідження та застосування інформаційних технологій для технологічного прогресу України і світу» - Київ 18 листопада 2024 року. – С. 63-64