МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проєкт)

другого (бакалаврського) рівня освіти
(рівень вищої освіти)

на тему Проект автоматизації «розумного» будинку для людей з обмеженими можливостями.
Система автоматичного регулювання опаленням і освітленням

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1512
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

освітньої програми Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Іванов М.О.

Керівник доцент, к. т. н. Дьяченко В.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент _____

Запоріжжя 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти другий (бакалаврський)
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код та назва)

Спеціалізація _____
(код та назва)

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ
Іванов Микола Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Проект автоматизації «розумного» будинку для людей з обмеженими можливостями. Система автоматичного регулювання опаленням і освітленням
керівник роботи Дьяченко В.В, доцент, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «23» грудня 2025 року № 1833-с
2 Строк подання студентом роботи 10 червня 2026 р.
3 Вихідні дані до роботи технічна документація, технологічні інструкції, дані, отримані під час проходження виробничої практики
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз існуючого рівня автоматизації; розробка схеми інформаційних потоків; розробка технічного завдання; структура програмно-технічного комплексу; проєктування системи регулювання опаленням і освітленням; розробка технічної документації; розрахунок системи автоматизації та показників її надійності; техніко-економічних показники; охорона праці та пожежна безпека
5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): функціональна схема автоматизації, принципові електричні схеми, монтажно-комутаційна схема, схема зовнішніх з'єднань креслень) презентація роботи

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доцент, Дьяченко В.В.		
2	доцент, Дьяченко В.В.		
3	доцент, Дьяченко В.В.		
4	доцент, Дьяченко В.В.		
5	доцент, Дьяченко В.В.		
6	доцент, Дьяченко В.В.		

7 Дата видачі завдання 14.04.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючого рівня автоматизації	14.04-20.04.26	
2	Розробка схеми інформаційних потоків	21.04-27.04.26	
3	Розробка технічного завдання	28.04-04.05.26	
4	Вибір структури та складу програмно-технічного комплексу	05.05-11.05.26	
5	Проєктування системи регулювання опалення і освітлення	12.05-18.05.26	
6	Розробка технічної документації	19.05-25.05.26	
7	Розрахунок системи автоматизації та показників її надійності	26.05-01.06.26	
8	Розрахунок техніко-економічних показників	02.06-08.06.26	
9	Розгляд питань охорони праці та техногенної безпеки	09.06-10.06.26	
10	Розробка презентації роботи, проходження нормконтролю, підготовка доповіді	11.06-16.06.26	

Студент _____ Микола ІВАНОВ
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ Вєра ДЬЯЧЕНКО
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Андрій КОЛОСОК
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Іванов М. О. Проект автоматизації «розумного» будинку для людей з обмеженими можливостями. Система автоматичного регулювання опаленням і освітленням

Кваліфікаційна робота бакалавра на здобуття вищої освіти за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», науковий керівник В. В. Дьяченко, Запорізький національний університет, Інженерний науково-навчальний інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем. Запоріжжя, 2026.

Метою роботи є проектування автоматизованої системи регулювання освітлення та опалення в «розумному будинку», яка адаптована до потреб людей з обмеженими можливостями.

У загальній частині описано сучасні тенденції розвитку систем «розумний будинок», проаналізовано особливості використання інтелектуальних систем людьми з обмеженими можливостями. У спеціальній частині розроблено технічне завдання, яке включає методи збору та аналізу інформації про потреби користувачів, а також методи обґрунтованого вибору апаратних і програмних засобів. Спроектовано архітектуру системи. У розділі розробки технічної документації виконано проектування всі необхідні схеми автоматизації. Також виконано аналіз стану охорони праці та техногенної безпеки, розроблено заходи з охорони праці користувача САР та пожежної та електричної безпеки. Проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження розробленого проекту.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, шести розділів, висновків, переліку джерел посилання з 48 найменувань, викладена на 87 сторінках машинописного тексту, включаючи 14 рисунок, 3 таблиці та 9 аркушів графічного матеріалу.

Ключові слова: автоматизація, розумний будинок, система, система опалення, система освітлення, керуюче вплив, мікроконтролер.

ЗМІСТ

ВСТУП 6
1. ОПИС ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ 8
1.1 Сучасні тенденції розвитку систем «розумний» будинок 8
1.2 Особливості використання інтелектуальних систем людьми з обмеженими можливостями 19
1.3 Постановка задачі проєктування 26
2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ 37
2.1 Методи збору та аналізу інформації про потреби користувачів з обмеженими можливостями 37
2.2 Методи вибору апаратних і програмних засобів 40
3. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 44
3.1 Архітектура системи 44
3.2 Алгоритм роботи системи 45
3.3 Інформаційна модель системи «розумного» будинку 48
3.4 Вибір та обґрунтування технічних засобів САУ 49
4. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ 65
4.1 Функціональна схема автоматизації управління 65
4.2 Принципова електрична схема 66
4.3 Принципова електрична схема живлення 66
4.4 Принципова електрична схема 67
4.5 Розробка схеми зовнішніх з'єднань, вибір щитів 68
5 ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 69
5.1 Охорона праці 69
5.2 Вимоги до обладнання 71
5.3 Заходи з електробезпеки 72
5.4 Пожежна безпека 74
6 ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ 77
ВИСНОВКИ 80
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА 83

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний світ характеризується стрімким розвитком цифрових технологій, автоматизації та штучного інтелекту, які дедалі активніше впроваджуються у повсякденне життя людини. Одним із перспективних напрямів використання цих технологій є створення систем «розумного» будинку – комплексів технічних засобів, що забезпечують комфорт, безпеку, енергоефективність і зручність керування житлом. Особливого значення такі системи набувають для людей з обмеженими можливостями, адже вони дозволяють компенсувати фізичні обмеження, сприяють підвищенню рівня самостійності та якості життя.

Актуальність теми зумовлена соціальною ситуацією в Україні, зокрема наслідками повномасштабного військового вторгнення російської федерації. У результаті бойових дій значна кількість громадян отримала поранення, які призвели до інвалідності. За таких умов питання адаптації побутового середовища для людей з інвалідністю стає одним із ключових напрямів державної та науково-технічної політики. Впровадження інтелектуальних систем управління житлом є не лише технічним рішенням, а й важливим гуманітарним завданням – створенням умов для рівного доступу до комфортного та безпечного життя.

Сучасні досягнення у сфері штучного інтелекту та машинного навчання відкривають нові можливості для реалізації систем «розумний будинок». Інтелектуальні алгоритми дозволяють автоматично розпізнавати голосові команди, аналізувати поведінкові моделі користувача, прогнозувати його потреби, а також адаптувати роботу побутових пристроїв відповідно до фізичних можливостей та індивідуальних особливостей мешканця. Завдяки використанню сенсорних мереж, систем комп’ютерного зору, обробки природної мови та аналітики даних такі системи стають по-справжньому персоналізованими та здатними до самонавчання.

Отже, розробка системи «розумний» будинок для людей з обмеженими можливостями є актуальним завданням, яке має як соціальну, так і науково-технічну значущість. Вона спрямована на інтеграцію новітніх інформаційних технологій у сферу реабілітації, побутової підтримки та соціальної адаптації, що відповідає сучасним тенденціям розвитку інклюзивного суспільства та цифрової трансформації України.

Метою роботи є розроблення системи «розумний» будинок для людей з обмеженими можливостями, а також створення програмного забезпечення для системи розпізнавання користувачів із можливістю машинного навчання.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішено такі завдання:

1. Провести аналіз існуючих систем «розумний» будинок для людей з обмеженим можливостями.

2. Обґрунтувати вибір технічних засобів і мікроконтролера та розроблено на його основі ефективну систему автоматизації.

3. Створити програмне забезпечення для керування системою «розумний» будинок.

4. Розробити програмне забезпечення для керування системою розпізнавання користувачів із можливістю машинного навчання.

5. Провести тестування працездатності розробленої системи.

6. Сформульовати практичні рекомендації щодо вдосконалення та розширення функціональних можливостей системи у майбутньому.

Практичне значення одержаних результатів полягає у створенні доступної, функціональної та розширюваної системи «розумного будинку» для людей з обмеженими можливостями. Отримані результати можуть бути використані для підвищення безпеки, комфорту та енергоефективності житла, а також слугувати рекомендаціями для розробників та користувачів при впровадженні аналогічних систем.

1. ОПИС ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Сучасні тенденції розвитку систем «розумний» будинок

«Розумний будинок» – це сучасне житло, в якому комфорт і безпека мешканців досягаються завдяки використанню систем автоматизації та інноваційних технологій. Його можна розглядати як інтегровану систему, що поєднує різні пристрої та програмні рішення для управління освітленням, опаленням, вентиляцією, охороною, мультимедійними комплексами та іншими елементами побуту. Основна ідея «розумного дому» полягає у створенні максимально зручного середовища для людини при одночасному зниженні витрат енергії та ресурсів. Такі будівлі забезпечують не лише комфортне проживання, а й високий рівень енергоефективності, дозволяють оптимізувати споживання електроенергії, води, тепла.

Сам термін виник у 1970-х роках у США, коли Інститут інтелектуальної будівлі у Вашингтоні сформулював концепцію дому, що здатен підвищувати ефективність використання простору й адаптуватися до потреб користувачів. Відтоді технологія «Smart Home» постійно розвивається: від елементарних систем охорони та автоматичних датчиків світла – до комплексних рішень, які можна контролювати через смартфон або голосові команди.

На сучасному етапі «розумний будинок» інтегрується з технологіями Інтернету речей (IoT), хмарними сервісами та штучним інтелектом, що дає змогу не лише дистанційно керувати побутовими процесами, а й прогнозувати потреби мешканців, роблячи їхнє життя безпечнішим та комфортнішим.

Концепція інтелектуальної будівлі передбачає створення єдиної системи управління, що поєднує всі інженерні та технічні підсистеми будівлі. Така система дозволяє забезпечити узгоджену роботу освітлення, опалення, вентиляції, кондиціонування, водопостачання, охорони, контролю доступу та інших важливих елементів.

Головними принципами інтелектуальної будівлі є [19, с.25-26]:

1) Інтеграція систем – усі процеси автоматизуються та працюють узгоджено, без необхідності залучення великої кількості обслуговуючого персоналу. Функції контролю та прийняття рішень передаються підсистемам, які мають закладені алгоритми реагування на зміни в роботі датчиків та на позаштатні ситуації.

2) Можливість ручного управління – у разі потреби будь-якою системою може керувати людина, причому інтерфейс управління робиться максимально зручним та уніфікованим для всіх підсистем.

3) Надійність і безперервність роботи – навіть у разі відмови центрального контролера кожна окрема підсистема повинна зберігати працездатність.

4) Доступність і гнучкість модернізації – завдяки використанню стандартів, автоматичному виявленню нових пристроїв і модулів знижується вартість обслуговування та оновлення системи.

5) Розвинена інфраструктура комунікацій – у будівлі передбачена мережа для підключення різних пристроїв, яка може працювати через слабкострумові або силові лінії, а також радіоканал.



Рисунок 1.1 – Концептуальне зображення системи «розумний» будинок

Система «Розумний дім» охоплює такі об’єкти автоматизації (рис. 1.1):

– керування освітленням (вмикання, регулювання яскравості, сценарії освітлення);

– керування електроприводами (жалюзі, ворота, штори, підйомні механізми тощо);

– клімат-контроль (опалення, кондиціонування, підтримання заданої температури та вологості);

– автоматизоване управління системою вентиляції;

– централізоване управління мультимедійними комплексами (наприклад, домашнім кінотеатром);

– мультирум – система, що дозволяє відтворювати звук у різних кімнатах будинку;

– системи відеоспостереження з можливістю запису та віддаленого доступу;

– охоронно-пожежна сигналізація (ОПС) із датчиками руху, диму, витоку газу тощо;

– системи контролю доступу (електронні замки, біометричні сканери, домофони);

– контроль електричних навантажень та виявлення аварійних режимів;

– управління інженерним обладнанням через сенсорні панелі та мобільні додатки;

– сервер управління, що координує роботу всієї системи.

В даний час системи «Розумний будинок» встановлюються як на житлові, так і на комерційні об'єкти нерухомості: квартири, котеджі, офіси, готелі, SPA-центри.

Сучасний ринок пропонує величезний вибір технічних пристроїв для автоматизації житла. На 2025 рік у списку найсучасніших «розумних будинків» першу позицію впевнено займає система Ajax виробництва України [24].

Дана система автоматизації будинку повною мірою справляється відразу з двома важливими завданнями:

– забезпечує комфорт і зручність в управлінні життєзабезпеченням приміщення;

– гарантує безпеку житла в повній мірі, контролюючи межі об'єкту на предмет злому, а також електричну, пожежну, газову та інші можливі загрози для дому.

Обладнання «Розумний будинок» Ajax працює на надійно зашифрованою і захищеною двостороннього радіозв'язку Jeweller власної розробки, має повну автономність від електромережі завдяки резервного джерела живлення - хабу, характеризується стильним дизайном всіх своїх пристроїв.

Переваги:

– простий монтаж;

– бездротовий канал зв'язку між системними елементами;

– велика зона дії сигналу (до 2000 м);

– наявність захисту від зняття будь-якого з датчиків (бампера);

– можливий доступ інших користувачів (повний або частковий);

– автономна робота хаба від акумулятора (до 16 годин);

– Wi-Fi і GSM-зв'язок;

– різноманітність способів інформування користувача (дзвінок, SMS, Push-повідомлення);

– розумна розетка показує витрата електроенергії (з урахуванням підключених приладів), автоматично відключається при перепадах напруги;

– установка за QR-кодом і управління за допомогою смартфона (iOS, Android);

– підключення до 100 пристроїв;

– наявність тривожної кнопки на пульті (брелоку);

– невисока вартість комплекту (від 200$).

Недоліки:

– функціонування тільки з роботою центрального контролера (Hub), тобто відсутність автономності датчиків;

– немає власної камери відеоспостереження (але є можливість підключення стороннього обладнання);

– управління тільки через телефон, хоча це знімає необхідність встановлювати будь-які додаткові програми на ПК.

На сьогодні обладнання Ajax – це найкраща система «Розумний будинок» в Україні. Вона багатофункціональна, надійна, зручна, компактна. Має якісний захист від зломів, чудовий дизайн і зрозумілий інтерфейс. Установка і настройка такого комплексу спрощена до мінімуму і цілком доступна навіть для технічно непідготовлених користувачів. Важливою перевагою є і досить демократична ціна на девайс, беручи до уваги його широкий функціонал.

Система BroadLink [24] впевнено займає другу позицію в рейтингу кращих систем «Розумний будинок» виробництва Китая. За замовчуванням немає українського інтерфейсу, при необхідності його можна знайти.

Обладнання «Розумний будинок» BroadLink являє собою комплект сучасних цифрових пристроїв, створених для раціонального управління побутовою технікою, а також освітлювальної, енергетичної, охоронної та іншими системами в будинку. Кожен елемент такого комплексу може працювати як самостійно, так і взаємодіяти один з одним.

Переваги:

– швидко встановлюється, підключається і налаштовується;

– має широкий асортимент датчиків (вологості, температури, освітлення, шуму, забруднення повітря);

– можна легко додавати і прибирати різні пристрої;

– функціонує без центрального хаба (автономна робота датчиків);

– бездротова взаємодія пристроїв між собою;

– є своя камера відеоспостереження;

– контролюється по Wi-Fi через Інтернет з будь-якої точки планети;

– демократична вартість обладнання (від 200$).

Недоліки:

– невелика дальність дії сигналу (до 50 м);

– відсутність резервного живлення хаба;

– пульт працює тільки на прийом сигналів.

«Розумний будинок» обладнання BroadLink має переваги завдяки широкому функціоналу, якісному програмному забезпеченню, простоті в установці і користуванні, а також доступній вартості. Такий комплекс не вимагає наявності центрального контролера, адже всі його пристрої хоч і взаємопов'язані, але можуть працювати повністю автономно. Робота побутової техніки в будинку налаштовується згідно зі сценаріями в додатку на смартфоні.

У Західній Європі, а також в США, Канаді та інших розвинених країнах, програмно-апаратні комплекси систем «Розумний будинок» активно використовуються не тільки забезпеченими людьми, але і тими, хто в силу своїх фізичних особливостей не може повноцінно жити і самостійно вести свій побут.

Внаслідок масштабної війни росії проти України значна кількість людей отримала поранення та інвалідність, що суттєво ускладнює їхню повсякденну діяльність. У цьому контексті технології «розумного будинку» можуть відігравати важливу роль у підвищенні якості життя людей з обмеженими можливостями. Найбільш ефективним інструментом для таких користувачів є системи голосового управління, які дають можливість керувати побутовими приладами та інженерними системами без фізичної взаємодії. Це особливо актуально для людей з ураженнями опорно-рухового апарату, ампутаціями чи обмеженою рухливістю.

Більша частина авторитетних публікацій стосовно технологій розумних будинків належить іноземним спеціалістам, таким як Чері Превілль, Мухаммед Асадулла, Ларс Бергер, Андреас Швагер, які займаються дослідженням і вдосконаленням технологій розумних будинків і мають велику вагу в даній сфері [20, с. 15].

Юрій Сивицький, член Наглядової ради міжнародного об'єднання компаній, що працюють у сфері високих технологій Intecracy Group зазначає: «Розумні технології дозволяють особам з обмеженими можливостями жити більш незалежно та безпечно. Вони надають можливість насолоджуватися життям, не турбуючись про рутинні завдання.»

Існуючі варіанти систем розумного будинку [21, с.32]:

1) Провідна система автоматизації.

Суть дротової системи «розумний дім» полягає в тому, що все обладнання управління:

– датчики, вимикачі, обладнання клімат-контролю та різні панелі управління;

– з’єднані через одну дротову інформаційну шину, яка надсилається на виконання, розташоване в щиті (переважно).

Основні переваги:

– надійність – сигнал від виділеного проводу надійний;

– різні інтегровані системи – у порівнянні з бездротовими системами дротові системи легше інтегрувати з режимами клімату, аудіо та відео;

– тривалий термін служби – у системі немає обладнання, що живиться від акумулятора, і його потрібно регулярно міняти;

– пожежна безпека – усі вимикачі мають низький струм, електричні та пожежобезпечні;

Виробники провідних систем автоматизації: Z-Wave, Vitrum, Zamel, Ectostroy.

Основний недолік такого роду систем полягає саме в наявності основного щита, який знаходиться в певній кімнаті, що унеможливлює використання подібного роду системи людиною з обмеженими фізичними можливостями.

2) Децентралізована система автоматизації.

У розподіленій системі розумного будинку кожен привід має мікропроцесор з пам’яттю, яка не залежить від енергопостачання. Це пояснює надійність таких систем. Якщо виходить із ладу один пристрій, вся система працює нормально, за винятком пристрою, підключеного до даного девайсу. Рішенням, яке показує суть децентралізованої системи, є «smart-home», побудований за протоколом KNX.

Його перевагами є:

– надійність – усі пристрої незалежні від сусідів і мають пам’ять, яка не залежить від енергопостачання;

– популярність, наприклад, стандарт KNX дуже популярний, і у вас не виникне труднощів з обслуговуванням;

– можливість використання додаткових логічних блоків для відповідальності за конкретні сценарії.

Великий вибір панелей управління за дизайном та функціональними можливостями. Виробники децентралізованих систем: ABB, Gira, Berker, Bticino, Vimar, Jung, HDL [14, с.56].

Даний вид систем нічим не відрізняється від попереднього, тобто абсолютно не пристосований до використання людьми з обмеженими фізичними можливостями.

3) Відкрита система автоматизації протоколів.

Протокол – це мова для спілкування всіх пристроїв у «розумному домі». Якщо протокол KNX прийнятий, він відкритий. Багато виробників випускають пристрої, які працюють цією мовою. Асоціація KNX перевіряє їх сумісність.

Переваги:

– велика кількість виробників на вибір, це означає, що існує велика кількість варіантів обладнання з точки зору дизайну, ціни та особливостей;

– паостійні апдейти, розробники конкурують у сегменті ринку, змушуючи їх розробляти та винаходити нові пристрої.

Виробники систем автоматизації відкритих протоколів: Berker, Bticino, Vimar, Jung, HDL.

Основний недолік подібних систем з точки зору використання людиною з обмеженими фізичними можливостями – неможливість додавати спеціалізовані пристрої (наприклад, підйомник на сходах) через необхідність тестування і сертифікації кожного пристрою.

4) Системи автоматизації із закритим протоколом.

З метою спрощення розроблення, зменшення фінансових витрат на створення устаткування розробники створюють девайси, які функціонують на власному закритому протоколі. Кожні розробники мають свої закриті протоколи, які недоступні іншим.

Переваги закритої системи:

– надає цікаві рішення за нижчою ціною;

– вартість зазвичай нижча, ніж у відкритої системи протоколів (хоча це не завжди так);

– швидше реагує на ринковий попит.

Приклади виробників систем із закритим протоколом: ABB, Bticino MY HOME, HDL BUS PRO.

Головний недолік такого роду систем – усічений функціонал та повна відсутність можливості швидко модернізувати систему під потреби людини, яка нею користується.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновки про відсутність на ринку систем розумних будинків, які адаптовані під потреби людей з обмеженими фізичними можливостями.

Порівняння існуючих систем «розумного» будинку для людей з обмеженими можливостями наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця існуючих систем «розумного» будинку для людей з обмеженими можливостями

Система	Основні можливості	Адаптація для людей з інвалідністю	Інтерфейси керування	Переваги	Недоліки	Приблизна вартість
Google Home / Google Nest	Керування освітленням, кліматом, безпекою, побутовою технікою	Голосове керування, сценарії для людей із порушенням руху або зору	Голосові команди, смартфон, планшет	Українська мова, доступна ціна, велика екосистема	Потребує інтернету, залежність від сторонніх пристроїв	100–300$ за центральний пристрій + модулі
Amazon Alexa (Echo)	Автоматизація, безпека, мультимедіа	Голосові команди, Skills для людей із порушенням моторики	Голос, додаток, Echo Button	Велика сумісність пристроїв	Немає підтримки української мови	50–250$ за колонки + модулі
Apple HomeKit	Освітлення, клімат, безпека, домофони	VoiceOver, Siri, повне голосове керування	Голос, iPhone, iPad, HomePod	Найкраща безпека, зручність для людей з порушенням зору	Висока ціна, обмежена сумісність	300–800$ за HomePod + дорогі аксесуари
Xiaomi Mi Home	Датчики руху, клімат, камери	Простий інтерфейс, великі іконки, автоматизація	Смартфон, кнопкові перемикачі, голос через Google	Доступна ціна, багато пристроїв	Менша точність голосового керування	150–400$ за набір
Fibaro Home Center	Преміальна автоматизація, безпека	Модулі для маломобільних людей	Голос, сенсорні панелі, смартфон	Надійність, індивідуальна адаптація	Дуже висока ціна, складність монтажу	800–2000$ й вище
Ajax Smart Home	Безпека, датчики руху, пожежні датчики	Зручний застосунок, візуальні/вібраційні сповіщення	Смартфон, тривожна кнопка	Українське виробництво, простота	Менш комплексна автоматизація	200–600$
Samsung SmartThings	Освітлення, техніка, камери	Інтеграція з технікою Samsung	Голос, смартфон	Широка екосистема	Менше пристроїв в Україні	150–500$

1.2 Особливості використання інтелектуальних систем людьми з обмеженими можливостями

Деякі виробники займаються виготовленням подібного роду систем під замовлення, проте це пов’язано з необґрунтованими фінансовими витратами. Відсутність підходящих рішень на ринку означає однозначну необхідність створення власних систем, основними характеристиками яких будуть дешевизна, швидкість виготовлення, можливість кастомізації.

Основні вимоги до кастомних систем розумних будинків, створених для користувачів з обмеженими фізичними можливостями:

- невелика ціна;
- можливість швидко додавати до системи нові елементи;
- велика сумісність зі сторонніми модулями;
- повне голосове управління;
- відсутність великої кількості щитків і вимикачів;
- наявність функції виклику екстрених служб «із коробки»;
- наявність максимальної кількості сигнальних датчиків, пов’язаних з модулем виклику екстрених служб;
- можливість виклику людини зі списку «швидких контактів»;
- однократне налаштування всього функціоналу з пульта керування.

Система, яка буде мати в собі вищеописані функції, може вважатися адаптованою для людей з обмеженими фізичними можливостями за рахунок функціональних вимог, які базуються на чіткому розумінні особливостей життя і потреб таких людей.

У дослідженні [25, с. 67-69] основна увага приділяється концепції прогнозного інформування для людей з інвалідністю в середовищі розумного будинку, де системи штучного інтелекту та машинного навчання використовують дані про переваги користувача, його звички та можливі надзвичайні ситуації. Автори доводять, що завдяки інтеграції асистивних

технологій стає можливим адаптувати будинок для користувачів з різними типами обмежень та потреб.

Концепція розумного будинку для людини з обмеженими можливостями та пов’язаних із ним сенсорів показана на рисунку 1.2.

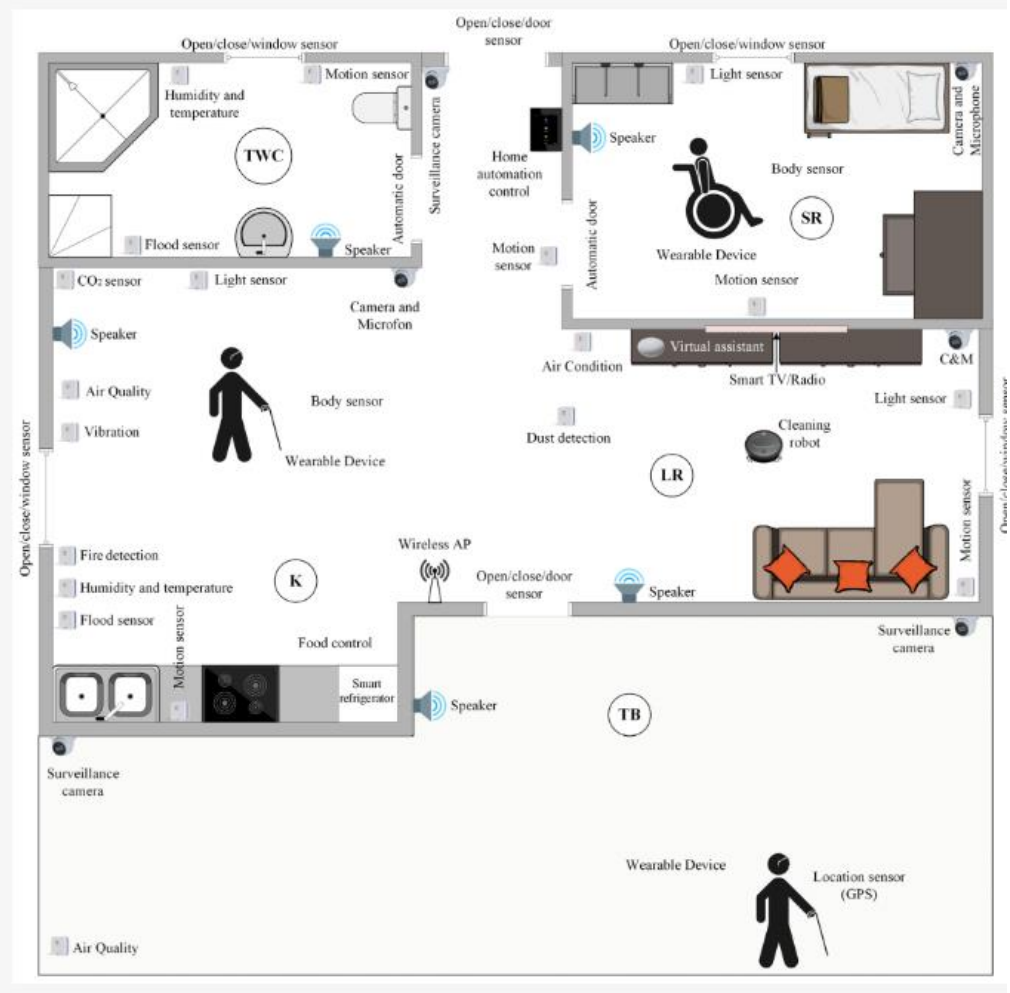


Рисунок 1.2 – Концепція розумного будинку для людини з обмеженими можливостями [22, с.17]

Усередині розумного будинку користувач може отримувати голосові повідомлення про час (години та хвилини), керування нагадуваннями та виявлення навколишнього середовища на основі даних про надзвичайні ситуації, такі як вібрації (землетрус), повінь тощо. Пристрій також може використовуватися для керування побутовою технікою: телевізорами та

радіоприймачами, холодильниками, пилососами, кондиціонерами, вхідними дверима, жалюзі, камерами та іншими доступними IoT-пристроями.

Крім того, можливо надавати користувачу інформацію про стан здоров’я, при цьому можна контролювати пульс, артеріальний тиск, температуру, рівень цукру та кисню в крові. Для цього користувач повинен мати розумний браслет, обладнаний відповідними сенсорами.

Розумний браслет може бути модульним, тобто адаптованим до типу порушень користувача. Залежно від типу обмеження активуються відповідні сенсори, а формат подачі інформації користувачу налаштовується індивідуально. Також необхідне підключення браслета до системи розумного будинку для створення бази користувачів.

Інтеграція з голосовими асистентами (Google Assistant, Amazon Alexa, Siri тощо) дозволяє користувачам керувати розумним будинком за допомогою голосових команд. Це особливо корисно для людей з обмеженою рухливістю, оскільки вони можуть керувати пристроями, не рухаючись по будинку:

– вмикати й вимикати освітлення, регулювати його інтенсивність;

– керувати кліматом у приміщенні (опаленням, кондиціонуванням, вентиляцією);

– відкривати та закривати двері, ворота, жалюзі або штори;

– запускати побутову техніку (пральні машини, телевізори, кавоварки тощо);

– контролювати системи безпеки та отримувати голосові сповіщення про тривоги чи надзвичайні ситуації.

Розумні технології можуть адаптуватися до індивідуальних потреб та звичок користувачів. Наприклад, система може запам'ятовувати вподобання щодо температури або освітлення і автоматично налаштовувати їх відповідно до графіку користувача. Розумні системи безпеки забезпечують спокій та захист. Вони можуть виявляти підозрілу активність, сповіщати про

можливі загрози і навіть автоматично викликати служби екстреної допомоги. Крім того, розумні датчики можуть виявляти падіння або інші надзвичайні ситуації та негайно повідомляти про них рідних або медичні служби.

Моніторинг активності користувачів використовується для спостереження та фіксації дій людини для досягнення комфорту та економії ресурсів, які може запропонувати розумний дім. Діяльність користувача залежить від дій, поведінки та реакцією користувача, тому розумний дім необхідно вміти навчати та застосовувати отримані знання аби пристосувати дім до діяльності користувача

Алгоритми штучного інтелекту, алгоритми машинного навчання та методи передачі даних використовуються для моделювання та прогнозування поведінки користувача.

Сьогодні штучний інтелект активно інтегрується у технології «Розумного дому». Для впорядкування основних напрямів його застосування можна виділити шість ключових груп функцій [26, с. 55-56]:

- розпізнавання дій користувачів;
- обробка даних;
- розпізнавання голосу;
- розпізнавання зображень;
- прийняття рішень;
- прогнозування подальших дій.

У межах розпізнавання активності ШІ аналізує інформацію з різних сенсорів, щоб визначити поведінку або дії мешканців. Якщо система виявляє нетипову чи підозрілу активність, вона може сформувати попереджувальний сигнал.

Функція обробки даних базується на методах аналізу великої кількості інформації. ШІ збирає дані з різних модулів і пристроїв, а потім встановлює взаємозв’язки між ними, що дозволяє системі працювати більш узгоджено й ефективно.

У системах «Розумного дому», що працюють на основі штучного інтелекту, важливе місце займає модуль розпізнавання голосу. Він дозволяє керувати пристроями та отримувати інформацію за допомогою голосових команд. Такі можливості реалізовані у відомих рішеннях – Apple HomePod, Amazon Alexa, Athom Homey, Google Home та інших.

Ще одним напрямом є використання технологій розпізнавання зображень. ШІ здатний ідентифікувати обличчя, емоції, біометричні характеристики, а також аналізувати оточення та поведінку людини. Це дає змогу системі приймати рішення щодо подальших дій. Наприклад, у випадку проникнення незнайомої людини камера безпеки може активувати гучну сигналізацію, надіслати сповіщення на смартфон власника чи навіть автоматично зателефонувати до поліції. Подібні системи мають працювати швидко та надійно. Зібрані сенсорами дані передаються через комп’ютерну мережу та зберігаються у базі даних. Далі їх обробляє інтелектуальний агент, який формує корисні знання – закономірності, прогнози й тенденції. На основі цієї інформації «розумний дім» може самостійно обирати та виконувати оптимальні дії для досягнення заданих цілей.

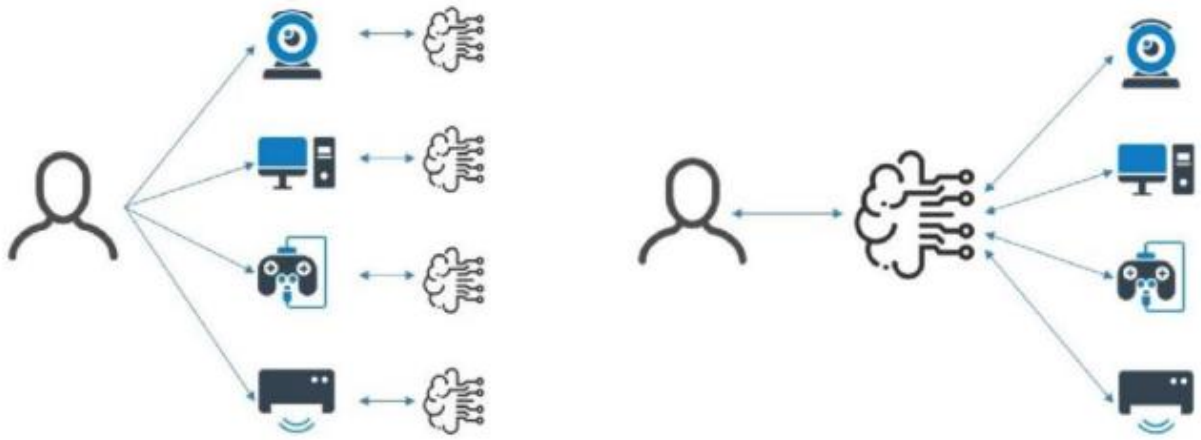
Аналіз показує, що взаємодія систем ШІ у «Розумному домі» відбувається на двох рівнях. На ринку вже є багато готових пристроїв і сервісів, проте більшість із них забезпечують лише базовий рівень інтеграції, наприклад, моніторинг параметрів середовища чи просте керування обладнанням. Водночас існують і спроби створення більш складних рішень, де досягається високий рівень взаємодії між різними компонентами розумного дому.

У системах «розумного будинку» з використанням ШІ виділяють дві основні моделі взаємодії.

Перша модель (рис. 1.3 а) передбачає, що користувач напряму керує кожним окремим пристроєм, передаючи йому команди. У цьому випадку штучний інтелект працює всередині конкретного пристрою і виконує завдання

лише для нього. Такий підхід часто застосовується у сферах розумного керування будинком, забезпечення безпеки та охорони здоров’я.

Друга модель (рис. 1.3 б) передбачає інший принцип: користувач звертається безпосередньо до системи ШІ, а вона вже координує роботу всіх пристроїв. У такій схемі управління кожен елемент системи діє узгоджено, що дозволяє реалізувати більш комплексну автоматизацію та інтелектуальну взаємодію між усіма пристроями будинку.



а б

а) перша модель користувачів, ШІ та розумних будинків;

б) другий зразок користувачів, ШІ та розумних будинків

Рисунок 1.3 – Моделі «Розумного будинку на технологіях ШІ [47, с. 208]

Дослідження підтверджують, що технології штучного інтелекту значно розширюють можливості розумних будинків. Вони забезпечують управління пристроями та енергоспоживанням, підвищують рівень безпеки, сприяють моніторингу стану здоров’я, створюють комфортну взаємодію користувача з системою, підтримують роботу розважальних комплексів і персональних роботів. Для цього використовуються такі функції ШІ, як розпізнавання активності, обробка та аналіз даних, прийняття рішень, робота з візуальною та голосовою інформацією, а також прогнозування подальших дій.

На практиці у більшості сучасних систем «розумного дому» переважають відносно прості алгоритми, наприклад, технології розпізнавання голосу чи зображень. Водночас впровадження методів машинного навчання відкриває нові можливості: пристрої можуть самостійно вдосконалювати роботу, враховувати індивідуальні звички мешканців, підлаштовуватись під їхній розпорядок дня та навіть передбачати потреби. Це робить взаємодію між людиною і системою більш гнучкою, персоналізованою та ефективною.

Автоматизація будинку на основі штучного інтелекту дозволить підвищити комфорт та зручність перебування вдома для дюдей з обмеженими можливостями. Постійний розвиток призведе до ще більш досконалих можливостей ШІ у майбутньому. ШІ трансформує домашню автоматизацію, роблячи її інтуїтивнішою та зручнішою у використанні. Безперервне навчання та вдосконалення алгоритмів дозволяють досягати якісних рішень. Майбутнє ШІ в автоматизації дому набуває нового потенціалу. Люди використовують голосові команди, щоб керувати пристроями та полегшувати своє життя. Ці системи пропонують практичні й доступні рішення для щоденних побутових завдань [25, с. 45].

ШІ у будинку зможе інтегрувати всі пристрої завдяки інтелектуальним системам. Така інтеграція створює єдину екосистему, яка підвищує комфорт і персоналізацію. Високий рівень синхронізації дозволить досягти нового рівня керування без ручного втручання. Така безшовна інтеграція значно покращує умови життя.

Завдяки машинному навчанню майбутні системи зможуть краще прогнозувати дії користувача. Керування освітленням і температурою, а також автоматичне відключення приладів за потреби допоможуть економити кошти. Безперервне навчання дозволить системам адаптуватися до людини та її потреб. Подальші розробки вдосконалять ці системи, забезпечуючи ще більший контроль і зручність.

Окрім комфорту, пристрої ШІ для дому підвищать рівень безпеки. Питання захисту даних цікавить багатьох людей, тому важливо забезпечити

прозорість. Нові методи роботи та дослідження сприятимуть покращенню безпеки вдома завдяки спеціальному шифруванню. Камери отримають ще кращі сенсори для моніторингу. У найближчому майбутньому власники житла отримають переваги від розширених функцій безпеки.

Завдяки штучному інтелекту системи не лише розвиваються, а й допомагають економити. Аналізуючи дані користувача, вони можуть персоналізувати послуги відповідно до індивідуальних потреб. Системи на основі ШІ здатні зменшити витрати на електроенергію. Загалом, штучний інтелект обіцяє вдосконалені й стійкі системи для «розумного дому» у майбутньому [36, с. 23-24].

1.3 Постановка задачі проєктування

Основна мета розробки – підвищення рівня комфорту, безпеки та автономності користувачів з обмеженими можливостями шляхом автоматизації побутових процесів та інтелектуального керування всіма ресурсами будинку.

У процесі проєктування передбачається використання модулів голосового керування, систем розпізнавання зображень та біометрії, інтелектуальних датчиків руху, температури, вологості, освітлення та інших сенсорів, які дозволять створити комплексну мережу моніторингу і керування.

Технології штучного інтелекту будуть застосовані для аналізу даних сенсорів, прогнозування поведінки користувачів, автоматичного прийняття рішень та адаптації системи до індивідуальних потреб мешканців.

Машинне навчання забезпечить здатність системи вдосконалювати свої алгоритми на основі накопиченого досвіду та звичок користувача, що зробить її більш персоналізованою та ефективною. Програмне забезпечення для системи буде розроблено на мові програмування Pathon, що дозволить

реалізувати інтелектуальні алгоритми керування та забезпечити інтеграцію різних підсистем у єдине середовище.

Схема апаратної частини системи, створена у Tinkercad, відображатиме взаємодію контролерів, сенсорів, модулів зв'язку та виконавчих пристроїв. Це дасть змогу перевірити правильність архітектури і забезпечити злагоджену роботу всіх компонентів.

Проєктована система буде здатна виконувати голосові команди, автоматично регулювати освітлення, температуру та споживання електроенергії, забезпечувати дистанційний контроль через мобільний додаток, а також підвищувати безпеку за рахунок інтелектуальних систем сповіщення і відеоспостереження.

Завдяки поєднанню ШІ, машинного навчання та інноваційних сенсорних технологій розумний будинок стане надійним помічником для людей з обмеженими можливостями, створюючи максимально комфортні умови життя і сприяючи їхній соціальній інтеграції.

У системах розумного будинку датчики й камери зазвичай застосовуються для відстеження станів середовища та ідентифікації дій мешканця. На основі зібраних даних система може аналізувати модель поведінки людини та робити прогнози щодо її подальших дій. Це дає змогу завчасно активувати потрібні функції або автоматизовані сценарії. Для такої роботи необхідний ефективний метод розпізнавання діяльності, який здатний автоматично і точно визначати дії користувача та запускати відповідні процеси управління в будинку.

Метод розпізнавання діяльності – це сукупність алгоритмів та технологій, що дозволяють автоматично визначати дії, звички та поведінкові патерни користувача на основі даних від датчиків «розумного» будинку.

Метод дозволяє:

– адаптувати систему під індивідуальні звички користувача,

– автоматично керувати освітленням, кліматом, технікою,

– виявляти небезпечні ситуації (падіння, відсутність активності),

– прогнозувати дії мешканця (наприклад, час пробудження, приготування їжі),

– покращувати комфорт і безпеку.

Переваги методу:

– висока точність визначення дій;

– можливість персоналізації розумного будинку;

– зниження енергоспоживання завдяки оптимізації сценаріїв;

– покращення безпеки та моніторингу вразливих груп (літні люди, люди з ООП).

Недоліки та виклики методу:

– необхідність великої кількості даних для навчання,

– ризики конфіденційності,

– складність інтеграції різних типів датчиків,

– можливі помилки розпізнавання в нетипових ситуаціях.

Джерела даних, які використовує метод розпізнавання діяльності:

– сенсори руху;

– датчики відкриття/закриття дверей;

– відеокамери;

– датчики освітленості, температури, вологості**,**

– «wearable»-пристрої (смарт-годинники, фітнес-трекери);

– мікрофони (для розпізнавання звукових подій).

Метод складається з кількох послідовних етапів:

1. Збір даних від сенсорів.
2. Попередня обробка (фільтрація шумів, нормалізація).
3. Виділення ознак (патернів поведінки, характерних змін).
4. Класифікація діяльності (машинне навчання або нейронні мережі).
5. Прогнозування майбутніх дій**.**
6. Генерація автоматизованих сценаріїв**.**

3. Методи, що застосовуються

– класичні алгоритми МЛ**:** SVM, Random Forest, k-NN;

– глибинне навчання**:** CNN, LSTM, GRU;

– моделі на основі ймовірностей**:** Hidden Markov Models (HMM);

– мультиагентні та контекстні моделі**.**

Керування сучасним «розумним будинком», як правило, здійснюється дистанційно – через веб-інтерфейси або мобільні додатки. Проте, незважаючи на поширеність таких рішень, існують суттєві проблеми, пов'язані з відсутністю єдиних стандартів сумісності обладнання та недостатнім використанням алгоритмів штучного інтелекту для адаптивного керування.

Для вибору оптимальної архітектури системи доцільно проаналізувати існуючі методи автоматизації та канали передачі даних [35, с. 22]:

1. Автоматизація з використанням каналів GSM.

Даний метод базується на використанні мобільного зв'язку для обміну даними між користувачем та системою управління. Основним інструментом є SMS-повідомлення, що містять команди або звіти про стан датчиків.

Переваги: широке покриття мережі, відсутність необхідності в інтернет-з’єднанні.

Недоліки: низька швидкість реакції системи (затримки доставки SMS), слабка захищеність (передача паролів у відкритому вигляді), залежність від якості роботи мобільного оператора.

2. Використання технології Bluetooth.

Архітектура будується на безпосередній взаємодії керуючого пристрою (смартфону) та контролера (часто на базі Arduino) через протокол Bluetooth.

Переваги: низька вартість реалізації, прийнятний рівень захисту даних, енергоефективність.

Недоліки: обмежений радіус дії (10-100 м), неможливість віддаленого керування за межами радіовидимості (відсутність доступу через Інтернет), повільний процес пошуку та сполучення пристроїв.

3. Керування за допомогою тональних сигналів (DTMF).

Метод базується на використанні телефонної лінії та декодуванні тональних сигналів (Dual-Tone Multi-Frequency), що генеруються натисканням клавіш телефону.

Переваги: висока завадостійкість та відносна безпека каналу.

Недоліки: вкрай обмежений функціонал, зумовлений кількістю клавіш на телефоні (обмежена кількість команд), складність масштабування системи.

4. Системи на базі протоколу ZigBee.

ZigBee – це специфікація мережевих протоколів верхнього рівня, орієнтована на додатки, що вимагають низького енергоспоживання. Часто реалізується на мікроконтролерах типу PIC.

Переваги: енергоефективність, можливість інтеграції специфічних датчиків (наприклад, детекторів диму з оповіщенням).

Недоліки: обмежений радіус дії без використання ретрансляторів, складність реалізації віддаленого доступу без додаткового шлюзу, можливі помилки у простих модулях розпізнавання голосу.

5. Автоматизація на основі бездротових мереж (Wi-Fi).

Найбільш поширений сучасний підхід, що передбачає об'єднання автономних пристроїв у єдину мережу з виходом в Інтернет.

Переваги: висока сумісність пристроїв, можливість керування через кросплатформні рішення (веб-браузери, додатки), відсутність потреби у виділеному сервері (ПК), легкість налаштування та динамічного розширення мережі.

6. Гібридні (комбіновані) системи.

Передбачають одночасне використання декількох технологій (GSM, Bluetooth, ZigBee) для нівелювання недоліків кожної з них. Часто включають модулі перетворення голосових команд у текстові інструкції для контролерів.

Переваги: гнучкість, наявність резервних каналів зв'язку.

Недоліки: висока вартість та складність архітектури, потенційні проблеми з надійністю через велику кількість проміжних вузлів.

На основі проведених досліджень представлена таблиця 1.2, де показані переваги та недоліки різних систем з їхніми можливостями та особливостями.

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика способів автоматизації

Характеристика	GSM	Bluetooth	Телефон (DTMF)	Zigbee	Wireless (Бездротові мережі)
Первинна комунікація	SMS-повідомлення	Команди Bluetooth та AT	Телефонні лінії	Команди Zigbee та AT	Радіо, інфрачервоні або інші хвилі
Віддаленість пристрою (радіус дії)	Доступ з будь-якої точки світу	Обмежений (до 100 метрів)	Будь-де за наявності телефонної лінії	До 10 метрів	Залежно від дальності та спектру хвиль, що використовуються
Кількість пристроїв	Необмежена	Необмежена	12 приладів	Необмежена	Необмежена
Вартість	Висока (вартість через SMS-платежі)	Залежить від дальності пристрою	Дешева	Дешева	Висока (вартість через ліцензування та інші проблеми спектру)
Пропускна спроможність	Низька	Залежить від віддаленості пристрою	Висока	Висока	Залежно від стандарту
Управління в реальному часі	–	+	–	+	+

На основі проведеного огляду можна сформулювати вимоги до сучасної системи «розумного будинку». Вона повинна забезпечувати:

– глобальний доступ: керування в режимі реального часу з будь-якої точки світу.

– масштабованість: можливість підключення необмеженої кількості пристроїв.

– надійність та безпеку: захищене шифрування даних та стабільність каналів зв'язку.

– швидкодію: високу пропускну здатність для миттєвої реакції на команди або аварійні ситуації.

Вимоги до систем «розумного» будинку стають дедалі жорсткішими, тоді як розробники систем цього типу змушені керувати щоразу більшою кількістю станів системи в окремі моменти часу її роботи [9, с. 105]. Ці стани можуть охоплювати дані, отримані від давачів, розташованих всередині будинку, збережені, так звані, історичні дані показників давачів, а також інформацію, генеровану в процесі роботи системи, таку як команди зміни режимів роботи побутових приладів у будинку.

Проєктування архітектури і написання логіки керування станами системи, що часто змінюються, – це складна частина процесу розроблення системи «розумного» будинку, яка потребує значних часових та фінансових витрат. Значення стану давача потребує оновлення режиму роботи побутового приладу в будинку, що може змінити значення стану іншого давача, який вимагає оновлення режиму роботи іншого побутового приладу в будинку. На певному етапі розроблення програмного забезпечення «розумного» будинку, проектувальники не знають, що відбувається всередині логіки роботи системи та не можуть контролювати коли, чому і як стани системи оновлюються.

Така ситуація, коли робота системи стає непрозорою, зазнає величезних ризиків щодо надійності роботи самої системи [10, с. 46], швидкості виявлення і виправлення помилок розробленої логіки та можливості розробляти нову функціональність.

Системи, які оперують багатьма подіями, такі як «розумні» будинки, стикаються з проблемою швидкодії. Для розроблення високонавантажених та масштабованих систем, до яких належать системи управління «розумним» будинком, використовують різні архітектурні рішення, які спершу застосовували у системах з інших сфер інформаційних технологій. Кожен архітектурний підхід має недоліки та переваги, залежно від специфіки використання інформаційної системи, які різняться вимогами до показників швидкодії, надійності та масштабованості.

Системи «розумного» будинку характеризуються багатьма одночасно активними подіями, що потребують опрацювання. Для вибору оптимального

рішення щодо проектування, запропоновано впровадження кожного архітектурного підходу в систему «розумного» будинку, що працює на підставі однакової вибірки тестових даних, збирання та збереження параметрів швидкодії роботи системи під час використання кожного розглянутого рішення з подальшим аналізом отриманих результатів та вибором оптимального рішення щодо проектування.

Проблема опрацювання великих масивів подій вирішується за допомогою використання Flux-подібних архітектур, таких як Redux [31, с. 34]. Схему життєвого циклу стану системи розумного будинку відображено на рис. 1.4.

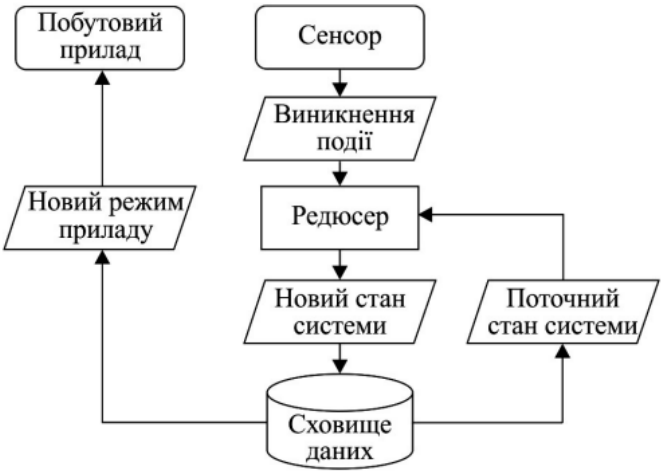


Рисунок 1.4 – Схема життєвого циклу стану системи «розумного» будинку [31, с. 35]

Отримуючи на вхід активовану подію, редюсер почергово порівнює тип отриманої події з відомими редюсеру. У разі збігання типів, редюсер робить запит поточного стану системи та, використовуючи логіку зміни стану системи, що відповідає конкретному типу події, проводить зміни параметрів стану. Вихідним результатом є новий стан системи, що зберігається у сховище даних, замінюючи попередній.

Приклад алгоритму роботи редюсера, логіка якого відповідає за підтримку температурного режиму відповідно до отриманих даних від сенсора

температури та за допомогою зміни налаштувань кондиціонера та обігрівача, наведено на рис. 1.5.

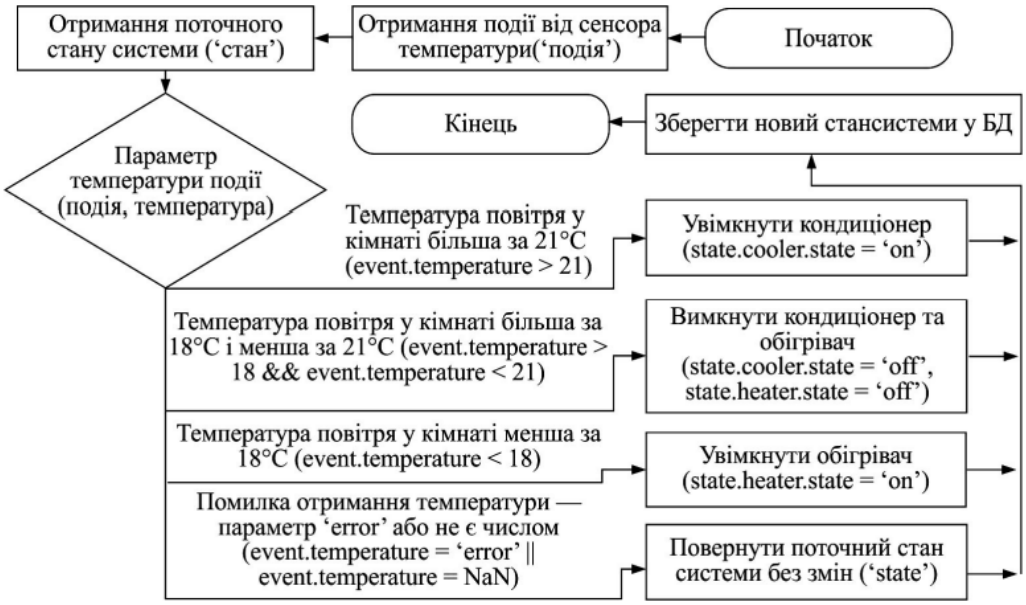


Рисунок 1.5 – Приклад алгоритму роботи редюсера [34, с.36]

Архітектура системи «розумного» будинку на шаблоні Redux надає централізований механізм управління станами даних системи під час роботи з великими масивами подій, що виникають у системах цього типу. Це дозволяє досягти зменшення кількості запитів між різними компонентами системи, що пришвидшує швидкодію роботи системи та підвищує загальну надійність системи. Також завдяки зменшенню кількості взаємозв'язків між компонентами системи досягається пришвидшення зміни стану системи.

Висновки. На підставі порівняльного аналізу технічних характеристик існуючих систем «розумного» будинку методів і архітектур їх побудови можна зробити висновок, що найбільш перспективними для побудови системи «розумний будинок» для людей з обмеженими можливостями є технології бездротового зв’язку: Bluetooth, ZigBee та Wireless (Wi-Fi). Зазначені стандарти демонструють оптимальний баланс між радіусом дії, енергоспоживанням та пропускною здатністю, що дозволяє реалізувати:

– єдине інформаційне середовище – інтеграцію різнорідних компонентів системи зі зручним інтерфейсом керування через мобільні або веб-додатки.

– масштабовану сенсорну мережу – можливість об’єднання широкого спектра датчиків (руху, освітленості, температури) для моніторингу стану приміщення в режимі реального часу.

– енергоефективність – автоматизоване керування виконавчими механізмами на основі аналізу показників середовища, що сприяє раціональному використанню енергоресурсів.

Найбільш перспективним напрямком є використання технологій Інтернету речей (IoT) з інтеграцією елементів штучного інтелекту для усунення проблем сумісності та автоматизації прийняття рішень. Враховуючи необхідність адаптації системи до потреб користувача, наступним логічним етапом розробки є інтеграція методів штучного інтелекту. Це дозволить перейти від простих алгоритмів реагування («якщо – то») до інтелектуального прогнозування та оптимізації взаємодії між модулями системи.

Архітектура системи яка пропонується, що пропонується даним проєктом.

1. Датчики, призначені для вимірювання параметрів внутрішнього та зовнішнього середовища будинку, а також його мікроклімату, інтегруються в систему розумного дому та взаємодіють із підключеними пристроями. Вони не належать до IoT-датчиків, що встановлюються безпосередньо в побутову техніку, проте забезпечують постійний моніторинг стану приміщення. Усі отримані сенсорами дані безперервно збираються і передаються локальною мережею на центральний сервер системи.

2. Процесори, що виконують локальні та комплексні обчислення, за потреби можуть бути пов’язані з хмарними сервісами для підвищення продуктивності. Передані сенсорні дані проходять обробку на локальних серверних модулях.

3. Програмне середовище, яке включає API-інтерфейси, забезпечує можливість зовнішніх застосунків взаємодіяти із системою, якщо їхні запити відповідають установленим форматам. Через API можуть здійснюватися обробка даних датчиків та керування окремими діями або пристроями.

4. Пристрої доступу та модулі виконавчих команд перетворюють рішення сервера або керуючих систем у конкретні команди, зрозумілі для кожного підключеного пристрою. Після аналізу сенсорних даних система перевіряє відповідність умов, і за необхідності ініціює виконання заданих сценаріїв або операцій.

5. Для зберігання зібраної інформації використовується база даних, яка також може слугувати інструментом для подальшого аналізу, обробки та візуалізації показників. Оброблені дані фіксуються у сховищі для подальшого використання та формування висновків.

6. Штучний інтелект та модулі машинного навчання забезпечують автоматичне розпізнавання діяльності користувачів та адаптацію системи до їхніх звичок. Алгоритми аналізують історичні дані, виявляють поведінкові патерни, прогнозують майбутні дії та оптимізують роботу пристроїв у режимі реального часу. Завдяки цьому система розумного будинку здатна самостійно приймати рішення, покращувати енергоефективність та підвищувати комфорт і безпеку мешканців.

2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

2.1 Методи збору та аналізу інформації про потреби користувачів з обмеженими можливостями

Успішна реалізація інтегрованої системи «розумного» будинку потребує ретельного проектування її архітектури та розробки інтерфейсів користувачів, що відповідали б широкому спектру потреб та специфічних вимог людей з обмеженими можливостями.

Потреби користувачів – це конкретні вимоги та очікування користувачів, яким повинен відповідати продукт або послуга, щоб забезпечити цінність і покращити їхній досвід. Ці потреби відображають перспективи, цілі, мотивацію, больові точки та інші людські фактори. Визначаючи та задовольняючи потреби користувачів можна створювати релевантні та зручні рішення для цільової аудиторії.

Для комплексного розуміння потреб користувачів важливо поєднувати якісні та кількісні методи дослідження.

Методи збору інформації [47, с. 16-17]:

1) Якісні методи: дозволяють отримати глибоке розуміння мотивації та емоцій користувачів:

– інтерв'ю: індивідуальні бесіди для з'ясування очікувань та «болей» клієнтів.

– фокус-групи: групові обговорення для розуміння сприйняття розробки;

– спостереження: аналіз поведінки клієнтів у реальних умовах, як онлайн, так і офлайн;

– юзабіліті-тестування: спостереження за взаємодією користувачів з продуктом для виявлення недоліків розробки;

– аналіз відгуків: вивчення скарг, пропозицій та коментарів у соцмережах та на платформах продажів.

2) Кількісні методи надають числові дані для статистичного аналізу.

– опитування та анкетування: збір кількісних даних про вподобання та звички за допомогою закритих запитань.

– аналіз аналітики: використання даних з аналітичних систем для розуміння поведінки користувачів;

– кабінетні дослідження: аналіз вже наявних даних, наприклад, звітів про продажі або статистичних даних.

При розробках програмних продуктів, зорієнтованих на конкретні цільові групи користувачів, використовується метод персон, також відомий як «профільна методика» або «портрет користувача». Аналіз потреб користувачів «розумного» будинку дає можливість чіткіше розуміти, які саме функції та спроможності системи є найбільш корисними для того чи іншого користувача. В основу методу покладено вивчення груп потенційних користувачів розробленої системи, щоб краще зрозуміти їхні потреби, пріоритети, звички та цілі.

Метод персон сформований в середині XX-го століття, коли досягнення у вивченні психології та соціології посприяли кращому розумінню людської поведінки та мотивацій. Це до певної міри стратегія дослідження, яка полягає у фокусуванні на індивідуальних особливостях осіб або груп людей, з метою кращого розуміння їх поведінки, культури, переконань, потреб та цінностей.

Цей метод передбачає збір якісних та кількісних даних, проведення спостережень, інтерв'ю та використання інших методів для аналізу процесів взаємодії між людьми та зовнішнім світом. Орієнтація на конкретний контекст використання сприяє опису кожної персони з точки зору її конкретних потреб, завдань та вимог до продукту в певному контексті використання.

У контексті обмеженості в середовищі інтернету, а також доступності web-систем увага зосереджується на можливих недоліках, що заважають

взаємодії та комфортному використанню web-систем людям з точки зору людей, які не мають обмежень.

Особливості аспектів web-взаємодії поділяють на чотири типи, з яких і можна виокремити класифікацію, характерну для взаємодії людей з обмеженими можливостями:

– труднощі щодо отримання інформації з сенсорних чуттів;

– пізнання передбачають труднощі в аналізі інформації, отриманої з сенсорних чуттів, такі як розуміння та тлумачення, за допомогою процесу обробки інформації;

– складність у розпізнаванні та інтерпретації емоцій;

– складність у виконанні функцій ІТ-пристрою, пов’язані з можливостями користувача для експлуатації обладнання.

Чотири типи особливостей інформаційно-технологічної взаємодії тісно пов'язані зі звичайними типами інвалідності. Отже, можливостями, які є обмеженими, які впливають на вебвзаємодію людей, можуть бути:

– порушення рухового апарату (фізичні труднощі): обмеження рухливості верхніх кінцівок (рук, кистей, пальців), проблеми з контролем руху (мимовільні рухи рук), проблеми спритності;

– сенсорні вади (функціональні труднощі): сліпота, дальтонізм, тяжкі порушення зору, світлочутливість; зниження слуху, глухота;

– когнітивні вади (інтелектуальні труднощі): проблеми, пов’язані з інтелектом, такі як: синдром Аспергера, синдром Дауна, хвороба Альцгеймера, аутизм, порушення мови (заїкання), порушення грамотності (дислексія);

– емоційне сприйняття (соціоадаптивні/соціокультурні труднощі): складність у розпізнаванні та інтерпретації емоцій [8, с. 70].

Вищезазначені категорії важливі, але окрім них до людей, які потребують інклюзивної взаємодії, можна віднести людей похилого віку, оскільки вони мають погіршення рухових, сенсорних та когнітивних функцій.

Насьогодні в Україні немає єдиних офіційних стандартів, вимог чи інструкцій, методичних рекомендацій щодо розробки web-орієнтованих систем, включаючи розробки «розумних будинків». Тому єдиний будемо використовувати норми та рекомендації міжнародного рівня та вивчати іноземний досвід розробок.

2.2 Методи вибору апаратних і програмних засобів

В рамках проекту створення нової інформаційної інфраструктури організації перш за все слід звернути увагу на системотехнічну складову інформаційної інфраструктури. Саме ця складова обіймає сукупність апаратних та програмних засобів, за допомогою яких функціонує ІС організацій.

Для нової інформаційної інфраструктури перш за все виникає проблема оптимального вибору комплексу апаратних засобів.

Комплекс апаратних засобів є основною частиною технічного забезпечення системи обробки даних.

До апаратних засобів належать обчислювальні системи різних моделей (ЕОМ, ПК, мейнфрейми), периферійне обладнання (принтери, сканери, модеми тощо). Іноді до комплексу технічних засобів включають також засоби оргтехніки. За допомогою апаратних засобів виконуються операції, що пов'язані зі збором, реєстрацією, та перезаписом даних на технічні носії, їх тиражуванням, оформленням і контролем.

Найважливішим етапом при створенні нової інформаційної інфраструктури є всебічне обґрунтуванням вибору апаратних засобів та укомплектованості складу технічних засобів, що забезпечують ефективне функціонування ІС.

Комплекс апаратних засобів повинен відповідати ряду вимог.

Організаційно-технічні вимоги полягають у забезпеченні рішення всього заданого набору економічних задач, можливості зміни та розвитку структури апаратного забезпечення у випадку зміни змісту та набору задач та удосконалення техніки управління, використання прогресивних зразків обчислювальної техніки, мінімально можливі капітальні та експлуатаційні витрати на придбання техніки та її обслуговування.

Функціональні вимоги повинні забезпечити виконання функцій збору, передачі, обробки, накопичення та видачі інформації, необхідну сумісність (програмну, технічну), пропускну спроможність технічних засобів на всіх фазах перетворення інформації, максимальну продуктивність устаткування, необхідну надійність, правильність результатної інформації.

Конструктивні вимоги повинні передбачати на всіх фазах перетворення інформації, можливість здійснювати гнучкі зміни структури комплексу апаратних засобів, наявність необхідної стійкості проти перешкод, можливість контролю інформації.

Експлуатаційні вимоги до апаратного забезпечення повинні забезпечувати максимальну пристосовність до умов конкретного середовища, простоту експлуатації та повинні відповідати сучасним вимогам ергономіки та технічної естетики.

Слід пам'ятати, що швидкість розв'язання основних задач ІС залежить як від конструкції апаратури, так і від якості її програмного забезпечення.

Проблема вибору певного комплексу апаратних засобів полягає в тому, щоб із заданої їх множини вибрати, за встановленими критеріями такий варіант, який найкращим чином відповідає обмеженням. Для цього виконують такі дії:

– визначають мету застосування апаратно-програмних засобів та критерій ефективності, якому вони повинні відповідати;

– систематизують апаратні засоби за функціями, які вони будуть виконувати в процесі перетворення інформації;

– визначають можливі варіанти побудови комплексу апаратних засобів.

При цьому вибір обладнання базується на: (1) оцінці (характеристиці) первинної інформації та (2) аналізі (характеристиках) задач, що будуть вирішуватись ІС, а також (3) характеристиках технологічного процесу обробки інформації та (4) характеристиках устаткування, що забезпечує його реалізацію (експлуатаційні можливості, вартість, надійність, кількість персоналу для технічного обслуговування та експлуатації

Під *характеристикою первинної інформації* слід розуміти характеристику вхідних даних (вона включає в себе перелік задач, що підлягають розв'язанню, обсяги інформації по кожній задачі, періодичність надходження інформації), аналіз та класифікацію вхідної інформації.

Основними характеристиками задач, які повинні бути враховані при виборі апаратних засобів, є такі:

- носії вхідної та вихідної інформації,
- обсяги вхідної та вихідної інформації по кожному з вибраних носіїв,
- строки розв'язання задач,
- форми представлення результатної інформації, тощо.

Основним *характеристиками технологічного процесу*, що визначає вибір апаратури, є типи технологічних етапів та операцій, що виконуються при розв'язанні задач, та кількість технологічних операцій кожного типу.

Вибір технологічної платформи комп'ютерної системи залежить великої кількості технологічних факторів, таких як [32, с. 10-12]:

- обмеження по ресурсах, що виділені на створення системи;
- кількість та вартість програмних засобів, що вже створені та використовуються;
- середній рівень кваліфікації персоналу, що користується системою, та спеціалістів, які забезпечують її працездатність;
- частота та глибина модернізації системи, що здійснюються у зв'язку зі змінами у предметній області;
- стан дисципліни та організованості в організаційно-економічній системі, що впроваджує ІС.

Під платформою зазвичай розуміють сукупність базових засобів (обчислювальних і програмних) певним чином об’єднаних у комплекс. Тобто, основу будь-якої платформи складають обчислювальні і базові програмні засоби. Від вибору саме цих складових значною мірою залежать усі інші рішення.

Для різних частин складної ІС можуть використовуватись різні платформи: одні – в якості серверів різних рівнів, інші, як робочі станції – на робочих місцях користувачів і співробітників ІТ-підрозділу. Вибір варіантів платформ є важливою, ключовою та складною проблемою, яку треба розв’язувати при проектуванні інформаційної системи об’єкта. Якщо ж задача полягає ще й в обґрунтуванні оптимальності вибраних варіантів платформи, то її постановка і розв’язання потребують проведення досить великих і науково- й трудомістких досліджень, пов’язаних з моделюванням бізнес-процесів, визначенням критеріїв оптимальності тощо.

Загальних рекомендацій щодо розв’язання цієї проблеми не існує. Одні фірми використовують ефективні варіанти розподілених систем, у яких, завдяки переносу основних операції з центральної машини на робочі місця, підвищується ступінь розпаралелювання обчислювального процесу. Інші, навпаки віддають перевагу консолідованим центральним системам, які забезпечують розпаралелювання обчислювального процесу за рахунок кращого управління і, одночасно, високу ступінь захищеності системи в цілому [43, с. 48].

Висновки. Приймаючи рішення щодо структури системи і базових платформ, треба враховувати вимоги замовників і майбутніх користувачів щодо продуктивності обробки інформації, захищеності та збереження даних. У зв’язку з цим слід спеціально виявляти тенденції у сфері базових (платформостворюючих) засобів і орієнтуватися на них при прийнятті стратегічних рішень. Найважливіші засоби цього класу – ЕОМ і операційні системи.

3. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Архітектура системи

Архітектура «розумного» будинку – це структурна схема або модель, яка показує, як поєднані між собою всі пристрої, датчики, контролери та програмні компоненти у системі. Вона демонструє, як дані передаються**,** хто ними керує та які модулі відповідають за різні функції.

Для цього дослідження була використана чотирискладова структура, яка показана на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Архітектура побудови системи для «розумного» будинку

Система працює за принципом обробки інформації від фізичного рівня до рівня дій. Датчики через певні інтервали часу генерують дані про стан середовища. Аналогові сигнали проходять через комунікаційний рівень і надходять до мікроконтролера, після чого потрапляють у програмний модуль.

У програмному модулі дані проходять попередню обробку: фільтрацію, нормалізацію та перетворення в часові ряди подій. Такий формат, що містить послідовність символів із часовими мітками, є зручним для алгоритмів прогнозування, які реалізуються на рівні знань.

На рівні знань застосовуються різні алгоритми прогнозування та аналітичні моделі, що дають змогу оптимізувати роботу розумного будинку

(керування освітленням, вентиляцією, енергоспоживанням тощо). На основі цих алгоритмів формується рішення, яке передається на рівень дій.

Рівень дій виконує прийняте рішення: координатор формує та надсилає керуючі сигнали через комунікаційний рівень до відповідних виконавчих пристроїв:

- системи освітлення;
- система управління і контролю витіку газу;
- система контролю протікання води;
- система управління опаленням;
- системи контролю медичних показників.

3.2 Алгоритм роботи системи

Датчики: наявності руху PIR і рівня освітлення LDR.

1. Система освітлення.

1.1. Датчики наявності руху PIR і рівня освітлення LDR зчитують дані;

- передача сигналу на контролер (інтерфейси: Wi-Fi (ESP8266/ESP32);
- канали: Wireless LAN / ZigBee / Bluetooth

1.2. Контролер (Arduino/ESP) обробляє дані:

- якщо темно + є рух → вмикає світло
- якщо світло достатньо → не включає
- якщо рух зник → вимикає через таймер

1.3.Передача даних у хмару/БД

- протоколи: MQTT, HTTP, REST API
- база даних: Firebase / Thingspeak / Arduino IoT Cloud
- у хмарі ведеться логування та аналітика.

1.4. Користувач керує через застосунок:

- команда → MQTT/HTTPS → контролер → вмикає/вимикає лампи.

2. Система управління і контролю витіку газу.

Датчики газовий сенсор, електромагнітний клапан перекриття газу

2.1. Датчик MQ-2 зчитує рівень газу.

Сигнал передається по аналоговому входу → на контролер Arduino**.**

контролер аналізує рівень:

– якщо перевищено поріг → тривога;

– включає звукову сигналізацію;

– надсилає команду на електроклапан → перекриття газу.

2.2. Передача події у хмару:

MQTT → «gas_alert» = «true»

2.3. Користувач отримує push-сповіщення.

Управління:

– можна дистанційно відкрити/закрити клапан;

– команда → MQTT → Arduino → керування реле клапана.

3. Система контролю протікання води.

Датчики: датчик протікання води, електроклапан подачі води.

3.1. Датчик торкається води → замикання контактів.

Сигнал передається на Arduino по GPIO.

3.2. Контролер обробляє подію:

– перекриває воду → реле → клапан;

– включає сирену;

– лог пишеться у БД.

3.3. Хмарне повідомлення:

– MQTT topic: *home/water/leak;*

– відправляється alert.

3.4. Управління: користувач може вручну відкрити/закрити воду через додаток.

4. Система управління опаленням.

Датчики температурний сенсор, розумні термостатичні клапани або реле котла.

4.1. Термодатчик зчитує температуру кожні 1–5 секунд.

Передача на Arduino по OneWire/I²C.

4.2. Контролер порівнює значення з заданою температурою:

– якщо холодно → включає нагрів (котел/радіатор);

– якщо тепло → вимикає.

4.3. Дані відправляються в хмару:

– графіки температури;

– статистика.

4.4. Керування користувачем:

– змінює температуру → команда у хмару → MQTT → Arduino

– регулювання нагріву у реальному часі

5. Системи контролю медичних показників.

Пристрої: смарт-браслет (пульс, SpO_2, тиск), домашні смарт-прилади (глюкометр, тонометр).

5.1. Пристрій зчитує медичні показники.

5.2. Передача смартфону або хабу: Bluetooth Low Energy (BLE) Смартфон передає дані у хмару.

5.3. Хмарний сервер аналізує:

– нормальні чи критичні показники;

– якщо критично → сирена + повідомлення родичам;

Інтеграція з розумним будинком:

– якщо дуже низький тиск → автоматичне викликання швидкої

– включення освітлення вночі при підвищеній активності (падіння)

3.3 Інформаційна модель системи «розумного» будинку

Інформаційна модель системи автоматичного регулювання – графічне або логічне відображення того, як дані (сигнали) передаються між окремими елементами системи для забезпечення її стабільної роботи. Вона демонструє шлях сигналу від джерела (завдання або датчика) до виконавчого механізму та назад (зворотний зв'язок).

На рисунку 3.2 представлено інформаційну модель системи «розумного» будинку.

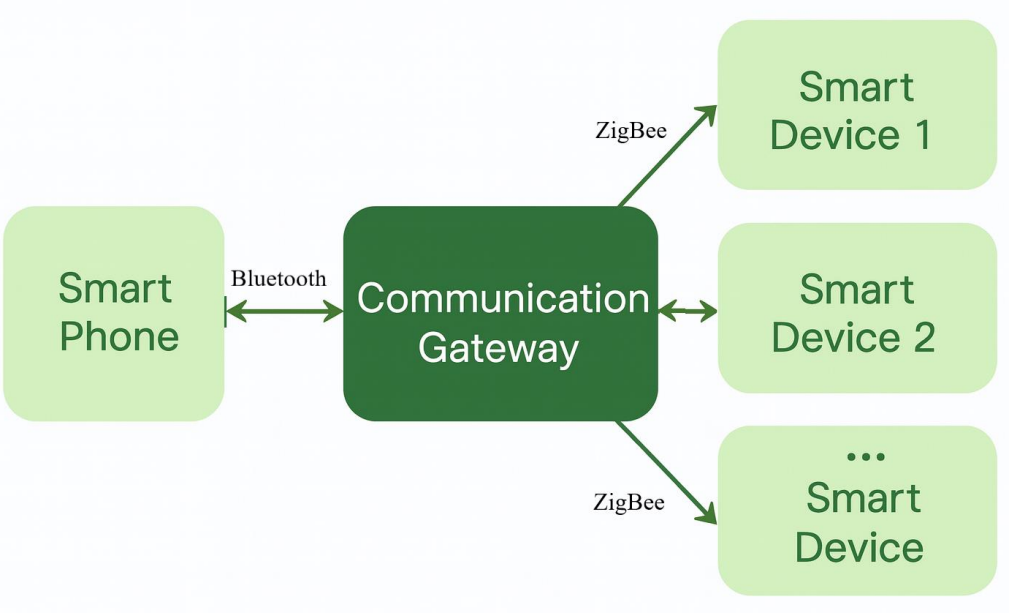


Рисунок 3.2 – Інформаційна модель системи «розумного» будинку

Система включає шлюз, що забезпечує обмін даними між усіма пристроями, мобільний додаток для керування з боку користувача, розумні розетки для контролю та управління електричними приладами, а також розумні датчики для вимірювання параметрів мікроклімату приміщень.

Для цього створено спеціальний мобільний додаток, модулі керування для підлеглих пристроїв та шлюз, який працює з різними бездротовими стандартами. Програмне забезпечення мобільного додатку має зручний сенсорний інтерфейс, що дозволяє користувачеві легко керувати всіма елементами системи та отримувати дані моніторингу.

Шлюз розумного будинку зазвичай має підтримувати кілька типів інтерфейсів, оскільки різні пристрої можуть працювати за різними мережевими стандартами. Усі можливі види підключення умовно поділяють на дві групи: дротові та бездротові. До дротових належать стандарти IEEE 802.3, xDSL, RS-232, RS-485 та передавання даних через електромережу (PLC). До бездротових – Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, GSM, 3G і 4G.

Шлюз виконує роль посередника: він приймає команди, які користувач надсилає зі свого мобільного застосунку, та передає їх керованим «розумним» пристроям. У зворотному напрямку шлюз отримує дані від сенсорів і периферійних модулів та надсилає їх назад на смартфон користувача для відображення стану системи.

3.4 Вибір та обґрунтування технічних засобів САУ

Вибір апаратних засобів для системи «розумного будинку», особливо якщо вона призначена для людей з обмеженими можливостями, вимагає врахування низки технічних, ергономічних та безпекових вимог.

1. Загальні технічні вимоги:

– сумісність і інтегрованість: усі пристрої мають підтримувати спільні протоколи (Wi-Fi, Bluetooth).

– надійність і безперервність роботи: обладнання повинно мати резервне живлення (UPS, акумулятори) для забезпечення роботи під час відключення електроенергії;

– модульність: система має легко розширюватися новими датчиками чи модулями без повної заміни обладнання;

– швидкість реакції: затримка між подією (сигналом датчика) і виконанням команди не повинна перевищувати 1-2 секунд.

2. Сенсорні пристрої:

– датчики руху та присутності (інфрачервоні, ультразвукові) для автоматичного керування освітленням і безпекою.

– датчики температури, вологості, диму, газу, витоку води – для моніторингу мікроклімату та попередження аварійних ситуацій;

– медичні сенсори (пульс, тиск, рівень активності) – для контролю стану здоров'я користувача з інвалідністю.

– сенсори відкриття дверей/вікон – для безпеки та автоматизації сценаріїв.

3. Центральний контролер:

– потужний процесор для обробки даних у реальному часі.

– підтримка локальної обробки даних (*edge computing*) для автономності при втраті інтернету;

– можливість підключення до хмарних сервісів для моніторингу опікуном або медперсоналом;

– наявність голосового управління (інтеграція з Google Assistant) або спеціального асистента з українським інтерфейсом.

4. Виконавчі пристрої:

– розумні розетки, реле, вимикачі – для керування побутовими приладами;

– моторизовані приводи для відкривання дверей, вікон, штор;

– автоматизовані системи освітлення з плавним регулюванням яскравості;

– підйомники, ліжка з регулюванням положення, адаптовані меблі – для фізичної підтримки користувача.

5. Безпека та надійність:

– шифрування даних (AES, SSL/TLS) для захисту від зловмисників;

– біометрична або голосова аутентифікація – зручна для користувачів із порушеннями руху;

– резервні канали зв’язку: GSM, LTE або супутниковий для передачі сигналів тривоги;

– відеоспостереження з автоматичним розпізнаванням облич або падіння користувача.

6. Енергозбереження:

– пристрої мають працювати в енергоефективному режимі (режим сну, низьке споживання живлення);

– підтримка сонячних панелей або систем рекуперації енергії**.**

7. Ергономіка і доступність:

– прості інтерфейси управління (сенсорні екрани, великі кнопки, голосові команди);

– можливість адаптації під особливі потреби: управління з допомогою жестів, очей або кнопок на інвалідному візку;

– аварійна кнопка виклику допомоги з миттєвою передачею сигналу опікуну або швидкій.

Система управління освітленням.

Ця функція дозволяє вимикати світло в будь-якій зоні квартири або будинку за відсутності руху, включати при появі, а також управляти інтенсивністю освітлення в різних групах приладів освітлення. При цьому у ванній та туалеті монтуються вимикачі для дезактивації датчиків руху (щоб можна було виключити вимкнення світла у цих приміщеннях за відсутності руху). Синхронізована зона освітлення (коридор) із датчиками руху, інша (спальня чи вітальня) – зі шторами та ступенем освітленості на вулиці.

Для реалізації цієї схеми знадобляться:

– реле (iNELS RFSAI-61B);

– дімери для зміни інтенсивності освітлення (дімуюча розетка iNELS RFDSC-71/S);

– модулі перетворення проводового вимикача на бездротовий (універсальний iNELS RFIM-40B),

– спеціальні дімовані світильники (Xiaomi);

– датчики руху (Fibaro Motion Sensor FGMS-001);

– світлодіодні стрічки.

Бездротове комутаційне реле iNELS RFSAI-61B (рис. 3.3) [17] призначене для керування електроприладами та освітленням і має вхід для підключення зовнішньої кнопки.



Рисунок 3.3 – Реле iNELS RFSAI-61B [37]

Пристрій можна встановити безпосередньо в монтажній коробці, стелі або кришці приладу, яким ви керуєте.

Технічні характеристики:

– напруга живлення: 230 В AC / 50–60 Гц, 120 В AC / 60 Гц або 12–24 В AC/DC;

– вихідний контакт: 1x перемикаючий (AgSnO2);

– номінальний струм: 16 А / AC1;

– комутована потужність: 4000 ВА / AC1, 384 Вт / DC;

– піковий струм: 30 А / <3 с;

– комутована напруга: 250 В AC1 / 24 В DC;

– кількість каналів: 1;

– бездротовий протокол: RFIO2;

– робоча частота: 868 МГц, 915 МГц, 916 МГц;

– дальність зв'язку (на відкритому просторі): до 200 метрів;

– функції: кнопка, імпульсне реле, затримка увімкнення або вимкнення (від 2 секунд до 60 хвилин);

– матеріал корпусу: пластик;

– робоче положення: будь-яке;

– ступінь захисту: IP30;

– розміри: 49 х 49 х 21 мм.

– вага: 46 г.

Система управління і контролю витіку газу:

– датчик витоку газу (Aqara Smart Gas Detector (ZigBee) модель JT-BZ-03AQ/A) (рис. 3.4) – виявляє наявність метану або природного газу у повітрі, надсилає сигнал тривоги [18];

– електромагнітний клапан перекриття газу – Tervix Gas Valve G1/2″ 220V NC – автоматично перекриває подачу газу при отриманні сигналу від датчика.

– модуль керування клапаном (реле) (iNELS RFSA-11B) – приймає сигнал від датчика і подає живлення на клапан для його активації;

– сирена (звукова/світлова сигналізація) (iNELS RFSF-1B Siren) – подає гучний звуковий сигнал при спрацьовуванні системи;

– безперебійне живлення, UPS або акумуляторний модуль (APC Back-UPS 500VA) – забезпечує роботу системи під час відключення електроенергії;

– мобільний застосунок або панель керування (Aqara Home / iNELS Home Control) – для віддаленого сповіщення користувача чи опікуна про аварію.



Рисунок 3.4 – Датчик витоку газу JT-BZ-03AQ/A Aqara Smart Gas Detector (ZigBee) [18]

Технічні характеристики

– цільовий газ: побутовий газ, метан (CH_4);

– тип сенсора: напівпровідниковий;

– розміри: ⌀ 80,4 × 31 мм;

– датчик: високочутливий сенсор, вбудований у пристрій;

– бездротові протоколи: Zigbee 3.0;

– живлення: 12,0 В ⎓ 0,5 А, 6,0 Вт (в комплекті йде адаптер);

– функція ретранслятора: працює як ретранслятор Zigbee для розширення мережі;

– поріг спрацьовування: 10% LEL (нижньої межі вибуховості) для метану;

– сигналізація: вбудована сирена гучністю до 85 дБ та світлодіодний індикатор;

– сповіщення: Push-сповіщення на смартфон через хаб Aqara;

– можливість налаштування автоматизацій (наприклад, перекриття газового крана за допомогою сумісних пристроїв)

робоча температура: Від -10°C до 55°C;

робоча вологість: 0 ~ 93% відносної вологості, без конденсації.

Система контролю протікання води.

Дозволяє вчасно виявити будь-яку протікання (водопровідних з'єднань або побутової техніки – наприклад, пральної чи посудомийної машини). Це допомагає уникнути будь-якого затоплення (на радість власника приміщення та сусідів, що мешкають поверхами нижче), що особливо актуально для квартир, розташованих у багатоповерхових будинках.

Для реалізації даної схеми встановлюють датчики протікання води (радіодатчик контролю протікання Neptun RSW+ 2014) (рис. 3.5) у всіх місцях, де може статися зазначена неприємність (під раковинами та ванною, посудомийною та пральною машиною).

Отриманий сигнал від датчика фіксується контролером, який обробляє його і дає команду електроприводу кульового крана (НС 220В 1") на перекриття води.



Рисунок 3.5 – Радіодатчик контролю протікання Neptun RSW+ 2014 [19]

Технічні характеристики:

- робоча частота радіосигналу: 433,92 МГц;
- напруга живлення: 3 В ±10%, батарея CR123A;
- модуляція: QPSK;
- середня споживана потужність: не більше 30 мВт;

– випромінювана потужність: не більше 10 мВт

– температурний діапазон навколишнього середовища: +5 °С … +40 °С;

– ступінь захисту: IP67;

– габаритні розміри: 60×55×23 мм;

– маса: не більше 50 г;

– максимальна віддаленість від модуля управління (пряма видимість) без використання роутера RSW+: 50 м

– термін роботи без заміни батареї: не менше 3 років.

Система управління опаленням.

Ця функція дозволяє підтримувати задану температуру в приміщенні та автоматично регулювати її залежно від погодних умов. Для реалізації цієї схеми на кожен радіатор встановлюють привід, що управляє подачею гарячої води (термоелектричний привід Danfoss 220B NC TWA-K 088H3142).

Кожен привід, у свою чергу, керується контролером, який зчитує дані датчика температури повітря (Connect Home CH-S01) (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Датчика температури повітря Connect Home CH-S01 [20]

Технічні характеристики

– номінальна напруга живлення: 3,3 В;

– діапазон вимірювання: -55 ° С до + 90 ° С;

– точність вимірювання в діапазоні від -10 ° С до + 85 ° С: 0,5 ° С;

– точність вимірювання в діапазоні від -55 ° С до -10 ° С і від + 85 ° С до + 100 ° С: 2 ° С;

– максимальна довжина проводу (в разі подовження дроту йде в комплекті з датчиком): 50 м;

– ступінь захисту: IP-44.

Система правління системою вентиляції.

Вентилювання санвузлів та ванних кімнат може проводитись за різними сценаріями. Так, його можна проводити за таймером, а також – за датчиком руху або включення світла (обидва варіанти налаштовуються на спрацьовування з певною затримкою). Також витяжка в санвузлі, що має власний таймер, може включатись вручну за допомогою вимикача через 5-10 хвилин. Для реалізації цієї схеми всі витяжки підключають до контролера.

Медичний моніторинг.

Обрано гібридний варіант – споживчий смарт-годинник з медфункціями і відкритим API – Withings ScanWatch (відстеження серцебиття, ECG, SpO_2) (рис. 3.7) у Withings є розробницький API для вивантаження метрик у бекенд. Недоліком гаджету є те, що не всі функції відстежуються у реальному часі (деякі метрики синхронізуються через додаток).



Рисунок 3.7 – Withings ScanWatch

Вибір мікроконтролера.

Мікроконтролер – це невеликий комп’ютер на одному чипі, який поєднує процесор, пам’ять та різні периферійні пристрої. Його можна

запрограмувати для виконання певних завдань у електронних пристроях. Програмування мікроконтролерів здійснюють за допомогою спеціальних середовищ, наприклад Arduino IDE, STM32Cube або MPLAB для мікроконтролерів PIC.

Вони широко застосовуються у вбудованих системах, автоматизації, робототехніці, автомобільній промисловості та інших сферах. Головне завдання мікроконтролера – керувати роботою пристрою або обробляти дані відповідно до завантаженої програми. Наприклад, у системах «розумного будинку» мікроконтролер може регулювати освітлення, температуру, системи безпеки та інші функції.

Основні складові мікроконтролера можна описати так:

1. Процесор (центральний обчислювальний блок, ЦОБ) – це «мозок» мікроконтролера, який виконує обчислення та керує роботою всіх його компонентів. Сучасні мікроконтролери часто мають багатоядерні процесори або спеціальні блоки для обробки сигналів, що дозволяє працювати з більш складними алгоритмами.

2. Пам’ять – використовується для зберігання програм і даних. Основні типи:

– оперативна пам’ять (RAM) – для тимчасового зберігання даних під час роботи програм.

– постійна пам’ять (ROM, EEPROM, Flash) – для збереження програм, налаштувань та постійних даних. Сучасні мікроконтролери часто підтримують зовнішню пам’ять або швидку Flash для оновлення програм без перепрошивки.

3. Периферійні пристрої – це набори модулів, які дозволяють мікроконтролеру взаємодіяти з зовнішнім світом. До них належать:

– порти вводу/виводу (GPIO);

– модулі комунікації (SPI, I2C, UART, USB, Ethernet, CAN);

– аналогово-цифрові перетворювачі (ADC) та цифро-аналогові (DAC);

– таймери та лічильники;

– контролери переривань.

Сучасні мікроконтролери також можуть мати апаратні блоки для прискорення алгоритмів машинного навчання (ML), нейронних мереж або обробки сигналів в реальному часі.

4. Шина – внутрішня система зв’язку між усіма компонентами мікроконтролера, яка дозволяє передавати дані та команди між процесором, пам’яттю та периферією. Сучасні шини підтримують високошвидкісну передачу даних і ефективну обробку великих потоків інформації.

Мікроконтролери тепер здатні запускати спрощені моделі машинного навчання без потреби у великому комп’ютері або сервері. Їх можна застосовувати для розпізнавання зображень та звуків, прогнозування стану систем, обробки сенсорних даних у реальному часі, автоматизації та IoT-пристроїв. У розумному будинку мікроконтролер може аналізувати поведінку користувача та автоматично регулювати освітлення, температуру або безпеку, використовуючи алгоритми ML для оптимізації енергоспоживання та підвищення комфорту.

Мікроконтролер Arduino UNO Raspberry Pi (рис. 3.8) – це серія одноплатових мікрокомп'ютерів, що були розроблені Raspberry Pi Foundation у Великобританії. Raspberry Pi зазвичай використовується для навчання інформатики, а також в різноманітних проектах та пристосуваннях, від робототехніки до «розумних» будинків.

Нова версія Raspberry Pi 4 – це потужний варіант в серії, який має багато особливостей, які роблять його ідеальним для розумного будинку. Воно має з'єднання Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, а також декілька USB-портів для підключення різноманітних пристроїв.

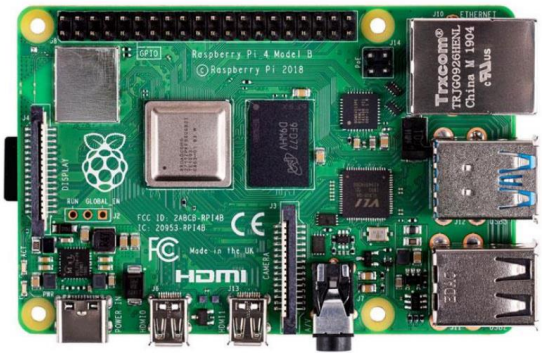


Рисунок 3.8 – Мікроконтролер Raspberry Pi 4 [22]

Одна з важливих особливостей Raspberry Pi 4 є те, що він здатний працювати з різноманітними операційними системами, включаючи Raspbian, Ubuntu і навіть версії Windows 10 IoT Core. Це означає, що ви можете вибрати операційну систему, яка найкраще підходить для вашого проекту розумного будинку. Raspberry Pi 4 може бути використаний для автоматизації різних систем у вашому будинку, включаючи освітлення, опалення, вентиляцію та кондиціонування. Ви також можете використовувати його для створення власної системи безпеки, яка може включати в себе камери відеоспостереження і датчики руху.

За допомогою підходящого програмного забезпечення, як-то Home Assistant або OpenHAB, Raspberry Pi 4 може служити в якості головної системи вашого розумного будинку, що забезпечує координацію і керування всіма підключеними пристроями та системами.

Також важливо згадати що Raspberry Pi – це платформа з відкритим вихідним кодом. Це означає, що існує велика спільнота розробників, які створюють та діляться програмним забезпеченням і ідеями для проектів. Це робить Raspberry Pi величезно гнучким інструментом для будь-якого проекту розумного будинку.

ESP8266 (рис. 3.9) – це високоінтегрований мікроконтролер з Wi-Fi, розроблений компанією Espressif Systems. Його основна ціль – забезпечити Wi-Fi з'єднання для різних IoT (Internet of Things, Інтернет речей) пристроїв, а також для мікроконтролерів і різноманітних електронних проектів.

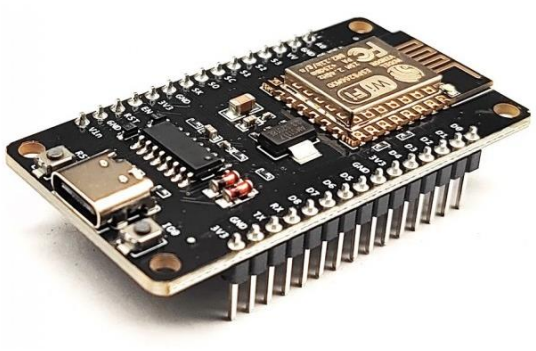


Рисунок 3.9 – Мікроконтролер ESP8266 [23]

ESP8266 має вбудований 32-бітний мікроконтролер, який можна програмувати за допомогою різних інструментів, включаючи Arduino IDE та NodeMCU firmware, що базується на Lua. Це робить ESP8266 дуже гнучким інструментом для розробників. З одного боку, ESP8266 може служити в якості WiFi модуля, який додає з'єднання з Інтернетом до пристроїв, які не мають вбудованої Wi-Fi підтримки. З іншого боку, воно може служити в якості повноцінного мікроконтролера з Wi-Fi з'єднанням для створення різних IoT пристроїв.

ESP8266 використовується в широкому спектрі застосувань, включаючи розумні домашні пристрої, автоматизовані системи поливу, моніторинг погоди, моніторинг середовища і багато іншого. Основним чином, ESP8266 є надзвичайно корисним для будь-якого проекту, що вимагає з'єднання з Інтернетом або Wi-Fi мережею. Додатково, він є доступним за ціною.

Для даної системи було обрано Arduino Uno (рис. 3.10) – це мікроконтролерна плата, що базується на чипі ATmega328P. Ця плата є однією з найпопулярніших у родині Arduino, в основному через свою доступність і простоту використання, що робить її відмінним вибором для новачків.

Архітектура Uno є відкритою, тобто її схеми та програмне забезпечення доступні для вільного використання і модифікації. Це дозволяє вам створювати власні версії плати, якщо ви маєте достатній рівень знань.

Arduino Uno оснащений 14 цифровими вводоми-виводами, які можуть бути використані як входи або виходи, з них 6 можуть бути використані для виходу широтно-імпульсної модуляції (PWM).



Рисунок 3.10 – Мікроконтролер Arduino Uno [24]

Він також має 6 аналогових входів, 16- мегагерцовий кварцевий резонатор, USB-порт для програмування і підключення до комп'ютера, живлення, ICSP-заголовок і кнопку скидання

Одним із ключових аспектів Arduino Uno є його простота програмування. Він використовує власний мову програмування, який заснований на Wiring, та інтегрований середовище розробки (IDE), який дозволяє вам легко писати код і завантажувати його на плату. Це середовище розробки також забезпечує багато прикладів коду, які можуть допомогти вам почати.

Отже, Arduino Uno широко використовується для створення різноманітних DIY проєктів, включаючи роботів, автоматизацію дому, музичні інструменти, іграшки, системи безпеки, і багато інших. Його гнучкість і простота використання роблять його відмінним інструментом для проєкту «розумний» будинок.

Плата Arduino Uno може отримувати живлення двома способами: через USB-кабель або від окремого зовнішнього джерела. Вона сама автоматично обирає, яке джерело використовувати.

Живлення від зовнішнього джерела (не USB):

– мережевий адаптер: підключається через круглий роз'єм на платі. важливо, щоб штекер мав діаметр 2,1 мм та плюс був на центральному контакті;

– акумулятор/батарея: підключається безпосередньо до контактів Gnd (земля) та Vin (вхід напруги) на роз'ємі POWER;

Вимоги до напруги:

– діапазон, який плата приймає, становить від 6 В до 20 В.

– оптимальний та рекомендований діапазон: від 7 В до 12 В (якщо напруга менша за 7 В, напруга на виході 5 В може знизитися, і пристрій працюватиме нестабільно, якщо вища за 12 В напруга може спричинити перегрів вбудованого стабілізатора та пошкодити плату.

З використанням функцій *pinMode (), digitalWrite () і digitalRead ()* кожен з 14 цифрових виводів може працювати в якості входу або виходу. Рівень напруги на виводах обмежений 5 В. Максимальний струм, який може віддавати або споживати один вивід, становить 40 мА. Всі виводи пов'язані з внутрішніми підтягуючими резисторами (за умовчанням відключеними) номіналом 20-50 кОм.

Обсяг флеш-пам'яті ATmega328 становить 32 КБ (з яких 0.5 КБ використовуються завантажувачем). Мікроконтролер також має 2 КБ пам'яті SRAM і 1 КБ EEPROM (з якої можна зчитувати або записувати інформацію за допомогою бібліотеки EEPROM). Незважаючи на те, що більшість комп'ютерів мають власний захист, такі запобіжники забезпечують додатковий рівень захисту. Якщо від USB-порту споживається струм більше 500 мА, запобіжник автоматично розірве з'єднання до усунення причин короткого замикання або перевантаження [25].

На рисунку 3.11 наведена схема моделі системи «розумний» будинок.

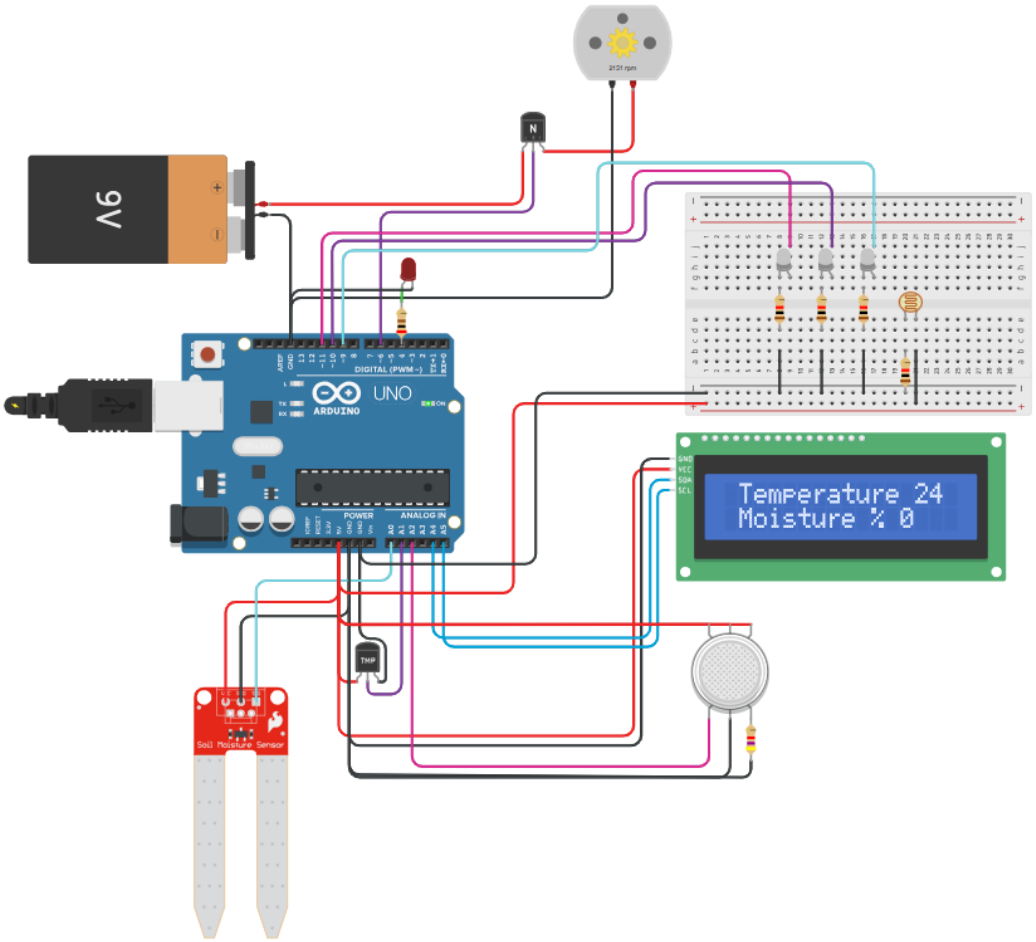


Рисунок 3.11 – Схема моделі системи «розумний» будинок

Алгоритм роботи моделі (розроблено в застосунку Tinkercad):

– на екран виводяться значення з датчиків температури та вологості, а також індикація тривоги при витоку газу і загорається червона світлосигнальна арматура;

– залежно від температури змінюється швидкість двигуна вентилятора приточно-витяжної вентиляції у діапазоні від 5 до 50 градусів:

– якщо нижче 5 – швидкість 0;

– якщо вище 35 – максимальна;

– світлодіодне освітлення регулюється датчиком освітлення.

Висновки. В даному розділі розроблена система автоматизованого регулювання: обрана її структура, інформаційна модель, необхідне технологічне обладнання та алгоритм роботи.

4. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

4.1 Функціональна схема автоматизації управління

Функціональна схема систем автоматизації технологічних процесів є основним технічним документом, що визначають структуру і характер систем автоматизації технологічних процесів, а також оснащення їх приладами й засобами автоматизації. На функціональній схемі надано спрощене зображення агрегатів, що підлягають автоматизації, а також приладів, засобів автоматизації і керування, зображуваних умовними позначками за діючими стандартами, а також лінії зв'язку між ними. Принципи управління по кожному технологічному параметру визначаються по статичним і динамічним характеристикам об’єкта управління.

У функціональній схемі автоматизації використовуються умовні позначення для показу основного технологічного обладнання, комунікацій потоків рідин, газів і пари, а також приладів і засобів автоматизації. Зображення технологічного обладнання на функціональній схемі автоматизації повинно відповідати його реальній конфігурації, воно зображується спрощено, без масштабу і додаткових конструкцій.

У функціональних схемах автоматизації інформація про контрольовані параметри і тип обробки представлена умовними позначеннями з послідовністю літерних позначень, розміщених в них (або поруч).

Групи приладів, які виконують єдину задачу, об'єднуються в контури контролю/регулювання, які на схемі з'єднані безперервними лініями. Всі первинні і вторинні прилади позначаються округлою формою. Ця форма може бути розділена горизонтальним діаметром, що вказує на установку приладу на щиті (місцевому або центральному). Передачу даних з приладу (датчика) вказує буквене позначення. Вище і нижче діаметра наноситься буквено-цифрова інформація. Для полегшення читання схеми розриви в безперервних лініях для контурів маркується адресним числовим методом.

4.2 Принципова електрична схема

Принципова електрична схема – це документ, що визначає повний склад електричної системи та зв'язки між її елементами, надаючи детальне уявлення про принципи роботи системи. У списку встановленого обладнання, який вказаний у специфікації, принципова схема відображається як основа для подальшої розробки інших схем проекту, таких як монтажні схеми щитів і пультів, а також схеми зовнішніх з'єднань. Принципова електрична схема розроблена відповідно до системи автоматичного регулювання освітлення та опалення. Простота і економічність цієї схеми досягається за рахунок застосування стандартної апаратури і типових вузлів. Вона забезпечує оптимальні умови для роботи персоналу під час керування та обслуговування водогрійного котла. Це передбачає спрощення операцій, виконуваних персоналом, можливість швидкого вибору режиму роботи і перехід з автоматичного на ручний режим.

4.3 Принципова електрична схема живлення

На схемі живлення представлена структура підведення електричного струму до системи. Тут детально показані параметри та розташування запобіжників, автоматичних вимикачів та інших елементів, які забезпечують безпеку та правильне функціонування електричної системи. Важливою частиною цієї схеми є точне визначення параметрів електричної мережі, таких як напруга та потужність, а також правильне розташування запобіжних пристроїв для захисту від перенапруги чи перевантаження.

Запобіжники та автоматичні вимикачі розташовані таким чином, щоб забезпечити надійний захист від потенційних аварій або перегріву. Це важливо для запобігання пошкоджень обладнання та забезпечення безпеки для персоналу, який працює з електричною системою. Крім того, на схемі можуть

бути показані розподільні коробки, вимикачі, реле, а також будь-які інші електричні компоненти, необхідні для правильного функціонування системи.

Ця частина схеми є важливою для забезпечення безпеки та ефективності роботи електричної системи в цілому, тому вона детально розробляється з урахуванням всіх потрібних технічних вимог і стандартів.

4.4 Принципова електрична схема

Принципова електрична схема є основним технічним документом, який визначає повний склад елементів системи, їхні взаємозв’язки та принципи роботи електричних кіл. У контексті проекту «Розумний будинок» для користувачів з обмеженими можливостями, ця схема відображає логіку передачі сигналів від датчиків до контролера та від контролера до виконавчих пристроїв.

Основні компоненти принципової схеми.

1. Джерело живлення: блок живлення (наприклад, 24V DC або 5V DC для мікроконтролерів), який забезпечує енергією всю систему. Обов'язково вказується захисна апаратура (автоматичні вимикачі, ПЗВ).

2. Вхідні пристрої (датчики): кнопки, датчики руху, датчики температури, датчики відкриття дверей тощо. На схемі вони відображаються як контакти або модулі, що подають сигнал на входи контролера.

3. Керуючий пристрій (мікроконтролер або ПЛК): центральний елемент схеми. На схемі він відображається як функціональний блок з позначенням входів (Input, наприклад, I0, I1) та виходів (Output, наприклад, Q0, Q1).

4. Виконавчі пристрої: реле, пускачі, електромагнітні замки, димери або сервоприводи. Вони керуються сигналами з виходів контролера.

5. Елементи індикації: світлодіоди або дисплеї, які сигналізують користувачу про стан системи (наприклад, «Система активна», «Тривога»).

Особливості розробки для проекту:

1. Гальванічна розв'язка: враховуючи вимоги до безпеки, схеми вводу/виводу повинні мати опторозв'язку, щоб уникнути впливу високої напруги на керуючу електроніку.

2. Захист: схема повинна передбачати плавкі запобіжники або термореле для захисту кожного виконавчого механізму.

3. Стандартизація: усі позначення елементів повинні відповідати ДСТУ або міжнародним стандартам (наприклад, IEC), щоб забезпечити однозначне читання схеми монтажниками та експлуатаційним персоналом.

4.5 Розробка схеми зовнішніх з'єднань, вибір щитів

Схема зовнішніх з’єднань – це схема на якій зображені електричні та трубні зв’язки, які прокладаються поза щитом КВПіА. Дана схема розробляється на основі рішень, прийнятих у ФСА, ПЕС, ПСЖ та МКС та після визначення місць встановлення щитів та пультів управління, первинних приладів, регулюючих органів та місцевих приладів. У верхній частині схеми розміщуються згруповані за параметрами або системами регулювання монтажні символи приймачів, регулюючих органів та виконавчих механізмів. Над ними розміщуються пояснювальні записи, в яких вказуються найменування, контрольований параметр, місце встановлення, номер позиції згідно функціональної схеми автоматизації.

Висновки. У даному розділі було розроблено повний комплекс технічної документації, необхідної для реалізації системи автоматизації «Розумний будинок» для осіб з обмеженими можливостями. На основі аналізу технологічних процесів побудовані всі важливі схеми автоматизації, які визначають структуру взаємозв’язків між датчиками, пристроями керування та виконавчими механізмами. Всі розроблені графічні матеріали, наведені у відповідному графічному додатку до цієї випускної кваліфікаційної роботи.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

5.1 Охорона праці

Під час розробки та впровадження системи «Розумний будинок» були враховані вимоги чинних нормативно-правових актів, зокрема:

– Закон України «Про охорону праці»;

– Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС);

– ДБН В.2.5-23:2010 «Проєктування електрообладнання об’єктів цивільного призначення»;

– Стандарти щодо безпеки користувачів при взаємодії з автоматизованими системами управління.

Заходи щодо забезпечення вимог безпеки.

Проєктом передбачено комплекс заходів, що гарантують безпечну експлуатацію інтелектуальної системи:

Безпека конструктивних рішень: розміщення компонентів системи (щити керування, силові блоки) у спеціально відведених місцях, недоступних для випадкового контакту, з дотриманням ергономічних вимог для обслуговування.

Автоматизація контролю: впровадження функцій самодіагностики, що дозволяють виявляти несправності обладнання на ранніх стадіях, мінімізуючи ризик аварій.

Надійність функціонування: забезпечення стійкості системи до перепадів напруги, захист від короткого замикання та автоматичне знеструмлення критичних вузлів у разі виявлення критичних відхилень від нормативних показників.

Власник системи або відповідальна особа, що здійснює її обслуговування, несе відповідальність за технічний стан інтелектуального

обладнання. Усі роботи з монтажу, налаштування та планового обслуговування системи повинні виконуватися кваліфікованим персоналом, який пройшов відповідну підготовку та перевірку знань з електробезпеки.

Заходи щодо захисту персоналу (користувачів) та безпечної евакуації

Для забезпечення захисту користувачів системи «Розумний будинок», включаючи осіб з обмеженими можливостями, передбачено:

Інформаційне забезпечення: наявність чітких інструкцій щодо експлуатації системи та правил поведінки у випадку аварійних ситуацій, що є доступними для всіх членів сім'ї.

Системи аварійного сповіщення: інтеграція звукової та світлової сигналізації, що забезпечує своєчасне інформування про небезпеку навіть за наявності сенсорних порушень у користувача.

Безпека евакуації: автоматичне розблокування евакуаційних виходів (електромагнітних замків) при отриманні сигналу «Тривога» від пожежної або охоронної системи.

Захист від механічних травм: встановлення захисних кожухів на всі приводи (сервоприводи штор, вікон, клапанів), що виключає можливість випадкового травмування користувачів під час роботи автоматики.

Санітарно-гігієнічні вимоги та екологічна безпека

При експлуатації системи особлива увага приділяється мікрокліматичним умовам та рівню електромагнітного випромінювання. Обладнання системи має сертифікати відповідності, що підтверджують безпечність використання в житлових приміщеннях. Очищення та технічне обслуговування компонентів системи здійснюється з використанням екологічно безпечних засобів відповідно до інструкцій виробника. При експлуатації системи не допускається робота осіб, які не ознайомлені з правилами користування інтерфейсами керування, а також суворо дотримуються обмеження щодо проведення технічних робіт особами, які не мають відповідної кваліфікації.

5.2 Вимоги до обладнання

Опалення та вентиляція теплиць разом з іншими системами повинні забезпечувати в них параметри мікроклімату (температуру, тиск, відносну вологість), встановлені вимогами норм технологічного проектування теплиць для вирощування різних видів с/г продукції. Також важливою віхою є можливість освітлення рослин за технологічною картою, що може бути з успіхом впроваджено до системи дистанційного керування. Тепловий режим тепличних споруд повинен відповідати оптимальним температурам, що залежить від фази росту і типу рослин, від технології вирощування й освітленості. З подорожанням газу, що є економічно продуктивнішим паливом для теплиць України, необхідно замислюватися над ступенем енергозатрат [ ].

Розроблена система регулювання енергетичними потоками повинна:

– відповідати точнісним вимогам до обладнання вимірів;

– здійснювати точні вимірювання;

– відображати показники на дисплеї;

– зберігати останні показники у внутрішній пам’яті;

– відправляти данні вимірювань на хмарні сервіси;

– мати змогу управління вимірюваннями.

Обладнання промислової теплиці грає важливу роль у створенні оптимальних умов для вирощування рослин, забезпеченні ефективного використання ресурсів і досягненні високого врожаю, тому має відповідати наступним загальним вимогам:

– системи опалення: для підтримки оптимальної температури може включати в себе системи опалення газом, електричні обігрівачі, геотермальні системи або інші джерела тепла;

– системи вентиляції: дозволяє керувати рівнем вологості, температурою і обміном повітря в теплиці, це важливо для запобігання перегріву і захворюванням рослин;

– освітлення: в приміщенні повинна бути система освітлення для забезпечення досить світла для рослин, особливо в зимовий період або в областях з обмеженим сонячним світлом, світлодіодні (LED) фітоосвітлення стає все популярнішим вибором для промислових теплиць;

– автоматизація та контроль: модерні промислові теплиці використовують автоматизовані системи для керування температурою, вологою, освітленням та іригацією, це допомагає забезпечити стабільні умови для росту рослин;

– системи іригації забезпечує рослини водою відповідно до їхніх потреб і запобігає надмірному або недостатньому поливу;

– системи контролю якості повітря: включають в себе моніторинг рівнів CO_2, вологості, температури і інших параметрів для забезпечення оптимальних умов для росту рослин;

– захист від шкідників і хвороб: вентиляція, фільтри і хімічні засоби захисту рослин, повинні бути встановлені;

– системи безпеки: сигналізація, системи пожежогасіння і інші засоби безпеки;

– матеріали та конструкція: повинні бути відповідними для забезпечення довговічності і ефективності.

Обладнання теплиці може варіюватися в залежності від конкретних потреб та типу культур, що вирощуються, але дотримання цих загальних вимог сприяє успішному функціонуванню промислової теплиці.

5.3 Заходи з електробезпеки

Електропостачання системи «Розумний будинок» повинно відповідати діючим нормативним документам, зокрема:

– ДБН В.2.5-28:2018 «Природне та штучне освітлення»;

– ДБН В.2.5-23:2010 «Проєктування електрообладнання об’єктів цивільного призначення»;

Правилам улаштування електроустановок (ПУЕ).

Приміщення житлового будинку, особливо в зонах з підвищеною вологістю (санвузли, кухні), належать до категорій з підвищеною небезпекою, що вимагає впровадження комплексних заходів безпеки. У проєкті використовується напруга 220В змінного струму (частота 50 Гц) для силових кіл та низьковольтна напруга 5В/12В/24В для живлення контролерів, датчиків та виконавчих механізмів, що значно підвищує рівень безпеки користувача.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом у проєкті є:

Застосування низьковольтних ланцюгів: використання безпечної напруги (до 24В) у всіх колах управління та зворотного зв’язку, доступних для безпосереднього контакту з користувачем.

Захисне заземлення: обов’язкове заземлення всіх металевих корпусів обладнання, щитів автоматизації та металевих конструкцій.

Використання пристроїв захисного відключення (ПЗВ): встановлення ПЗВ у силових лініях для миттєвого знеструмлення мережі при виявленні струмів витоку.

Подвійна ізоляція: використання компонентів із високим класом захисту (IP) та кабельної продукції з полівінілхлоридною ізоляцією, що виключає випадковий контакт із струмоведучими частинами.

Попереджувальні засоби: маркування всіх небезпечних вузлів (щитів керування, прихованих розподільчих коробок) за допомогою застережливих знаків («Обережно! Електрична напруга!»).

Для виконання технічного обслуговування системи передбачено використання спеціальних електрозахисних засобів: діелектричних килимків, інструменту з ізолюючими рукоятками (до 1000В) та покажчиків напруги. Усі маніпуляції зі щитами автоматизації повинні супроводжуватися

застосуванням переносних заборонних плакатів «Не включати, працюють люди!» на рукоятках керування.

Комутація щитів автоматизації виконується із застосуванням мідних провідників з відповідним перерізом ізоляції: не менше 0,2 мм² для ланцюгів управління (низьковольтні сигнали) та не менше 1 мм² для силових ланцюгів. Кабельні траси прокладаються у захисних коробах, що забезпечує їх захист від механічних пошкоджень та зручність обслуговування.

Реалізація даних рішень у комплексі з автоматичною системою діагностики стану ізоляції дозволяє мінімізувати ризики для користувачів, у тому числі для осіб з обмеженими можливостями, гарантуючи стабільну та безпечну експлуатацію системи «Розумний будинок».

5.4 Пожежна безпека

У системі «Розумний будинок» існує ризик виникнення пожежі, пов'язаний із наявністю електричного обладнання, систем опалення та можливою перенапругою в мережі. У зв'язку з цим, у проєкті передбачено комплекс заходів для попередження пожежонебезпечних ситуацій.

Житлові приміщення за своєю структурою та використанням матеріалів належать до категорій з горючим навантаженням, що вимагає застосування сучасних систем виявлення та гасіння. Будівля в цілому має відповідати вимогам до вогнестійкості згідно з чинними ДБН, а внутрішні оздоблювальні матеріали повинні мати відповідні сертифікати пожежної безпеки. У місцях встановлення обладнання автоматизації (щити КВПіА, вузли живлення) використано негорючі або важкоспалимі матеріали.

Для забезпечення протипожежного захисту «Розумний будинок» оснащується автоматизованою системою, яка включає:

Систему виявлення: встановлення датчиків диму, температури та чадного газу у кожному приміщенні, що дозволяє виявити займання на початковій стадії.

Систему оповіщення та управління: інтеграцію пожежної сигналізації з системою автоматики, яка у разі тривоги автоматично знеструмлює силові лінії, перекриває подачу газу та відчиняє шляхи евакуації (електричні замки).

Первинні засоби пожежогасіння: розміщення вуглекислотних вогнегасників (типів ОУ-2 або ОУ-3), які є ефективними для гасіння електроустановок під напругою до 1000 В та не пошкоджують чутливу електроніку системи автоматизації.

З метою запобігання пожежам для користувачів системи встановлено наступні правила та технічні вимоги:

Забороняється зберігання легкозаймистих матеріалів поблизу щитів автоматизації, контролерів та приладів опалення.

Необхідно забезпечити постійний моніторинг стану електропроводки та автоматичний контроль за навантаженням у мережі.

Приміщення для розміщення технічних вузлів (серверні, щитові) повинні бути оснащені окремими датчиками пожежі та мати вільний доступ для обслуговування.

Система автоматизації повинна мати функцію виклику пожежної служби через інтегровані канали зв'язку, що дозволяє оперативно реагувати на критичні ситуації навіть за відсутності власників у будинку.

Реалізація цих заходів у поєднанні з інтелектуальним моніторингом параметрів середовища дозволяє максимально знизити ризик виникнення пожежі та забезпечити безпечну евакуацію людей, що є пріоритетним завданням для систем, призначених для користувачів з обмеженими можливостями.

Висновки. У цій частині випускної кваліфікаційної роботи бакалавра була розглянута організація праці та життєдіяльності користувача системою «розумний будинок». Проаналізувавши умови взаємодії людини з

автоматизованим середовищем, виділили такі чинники, що впливають на комфорт та безпеку користувача: психофізіологічні чинники, що охоплюють рівень когнітивного навантаження при управлінні складними інтерфейсами та необхідність швидкої реакції на оповіщення системи; ергономічні чинники, які стосуються зручності розташування елементів управління та доступності інтерфейсів для людей з обмеженою моторикою або порушеннями зору і слуху; техногенні чинники, пов’язані з рівнем електромагнітного випромінювання від бездротових модулів зв’язку та надійністю електроживлення системи; а також мікрокліматичні та світлові чинники, що визначають відповідність параметрів середовища нормам охорони здоров’я.

На основі проведеного аналізу для забезпечення належного рівня безпеки та ефективності використання системи розроблено низку рекомендацій. По-перше, доцільно впровадити багаторівневу систему управління, що включає голосові команди, жести та спрощені інтерфейси мобільних додатків, для мінімізації фізичних зусиль користувача. По-друге, необхідно забезпечити безперебійність роботи критично важливих вузлів, зокрема систем охорони та сповіщення, шляхом інтеграції джерел безперебійного живлення. По-третє, рекомендовано інтегрувати функцію самодіагностики системи, яка б вчасно інформувала користувача про потребу технічного обслуговування компонентів. Крім того, для користувачів з порушеннями зору варто доповнити звукові сигнали візуальною індикацією, а для осіб з порушеннями слуху – тактильним зворотним зв’язком. Нарешті, критично важливим є забезпечення високого рівня захисту каналів передачі даних для унеможливлення несанкціонованого доступу до керування системами життєзабезпечення будинку. Реалізація цих заходів дозволить створити середовище, яке не лише підвищує рівень повсякденного комфорту, а й гарантує високий стандарт безпеки для користувачів з різними функціональними можливостями.

6 ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Метою даного розділу є оцінка економічної доцільності впровадження розробленої системи автоматизації «Розумний будинок», адаптованої для користувачів з обмеженими можливостями. Економічний ефект від реалізації проєкту досягається через оптимізацію споживання енергоресурсів, підвищення безпеки та покращення якості життя користувачів.

Капітальні вкладення (К) на впровадження системи включають вартість обладнання, монтажних та пусконалагоджувальних робіт:

$$К = Ц_{обл} + В_{монт} + В_{прог}, \quad (6.1)$$

де $Ц_{обл}$ – ринкова вартість датчиків, контролерів, виконавчих механізмів та щитового обладнання;

$В_{монт}$ – витрати на виконання монтажних робіт;

$В_{прог}$ – вартість розробки програмного забезпечення та налаштування логіки системи.

Розрахунок базується на переліку обладнання, яке було обрано для САР (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Вартість обладнання САР

Найменування обладнання	Кількість	Орієнтовна ціна за од., грн	Загальна вартість, грн
Реле iNELS RFSAI-61B	5	2 500	12 500
Дімуюча розетка iNELS RFDSC-71/S	3	3 200	9 600
Універсальний модуль iNELS RFIM-40B	4	2 100	8 400
Датчики руху Fibaro FGMS-001	5	2 800	14 000
Датчик витоку газу Aqara JT-BZ-03AQ	1	2 500	2 500

Електромагнітний клапан Tervix	1	1 800	1 800
Датчик протікання води Neptun RSW+	4	1 200	4 800
Електропривід Danfoss TWA-K	5	1 500	7 500
Датчик температури Connect Home	5	800	4 000
Мікроконтролер Arduino Uno + обв'язка	1	1 200	1 200
UPS APC Back-UPS 500VA	1	4 500	4 500
Разом вартість обладнання			70 800
Монтажні роботи (15% від вартості)			10 620
Налаштування ПЗ (10% від вартості)			7 080
Загальні капітальні вкладення (К)			***88 500***

Експлуатаційні витрати та річний економічний ефект.

Економія досягається за рахунок:

1. Освітлення: зниження споживання на 30% завдяки датчикам руху та дімерам.

2. Опалення: Зниження споживання на 20% завдяки інтелектуальному регулюванню температури (зниження на ніч або під час відсутності).

Річні витрати на електроенергію (без системи) = 15 000 грн.

Річні витрати на опалення (без системи) = 25 000 грн.

Економія світла: 15000 · 0,3 = 4500 грн/рік.

Економія опалення: 25000 · 0,2 = 5000 грн/рік.

Загальна річна економія $Е_{річ}$ = 9 500 грн.

До цієї суми можна додати «умовну економію» від уникнення потенційних збитків при аваріях (затоплення/газ), які в середньому оцінюються в 5 000 грн/рік (коефіцієнт ризику).

Отже, $Е_{річ}$ = 14500 грн.

Розрахунок терміну окупності:

$$Т_{ок} = К/Е_{річ}, \quad (6.2)$$

$$Т_{ок} = 88500/14500 = 6,1 \text{ роки}$$

Термін окупності в 6 років є прийнятним для систем автоматизації житлових будинків, враховуючи, що термін служби обладнання перевищує 10 років.

Висновки. Основний ефект проєкту полягає не лише у фінансовій економії, а у забезпеченні безперервного медичного моніторингу та безпеки користувачів з обмеженими можливостями, що знижує витрати на соціальний догляд та підвищує їхню автономність.

Проєкт сприяє раціональному споживанню енергоресурсів, що відповідає сучасним трендам енергоощадності.

Проведене техніко-економічне обґрунтування підтверджує доцільність впровадження розробленої системи автоматизації. Проєкт є соціально значущим та економічно виправданим, оскільки поєднання прямої економії енергоресурсів та забезпечення високого рівня незалежності користувачів з обмеженими можливостями створює довгострокову цінність, що значно перевищує початкові капітальні витрати.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи була створена інтелектуальна система «розумний» будинок для людей з обмеженими можливостями, побудована на основі мікроконтролера Arduino з використанням технологій машинного навчання. Така система покликана полегшити щоденне життя людей з особливими потребами, забезпечуючи автоматичне керування побутовими процесами та підвищення рівня безпеки у домі.

У ході дослідження було розглянуто різні типи датчиків, мікроконтролерів і методів обробки даних, які дозволяють системі навчатися на основі поведінки користувача. Аналіз характеристик компонентів дав змогу визначити оптимальні рішення для створення системи. Для розробки та моделювання використовувалися середовища моделювання систем на основі Arduino – Tinkercad, програмний код написано на мові C++. На мові Python були реалізовані алгоритми машинного навчання. Поєднання цих інструментів дало змогу створити гнучку систему, здатну адаптуватися до потреб користувача.

Система моніторить стан приміщення за допомогою датчиків руху, температури, вологості та диму, що дає змогу вчасно реагувати на небезпечні ситуації –витоку газу, підвищення температури тощо. Особливістю розробленої системи є розпізнавання користувачів по створеній базі даних. Завдяки машинному навчанню, система здатна контролювати доступ до приміщення, автоматично розпізнаючи зареєстрованих користувачів і блокуючи вхід для сторонніх осіб. У разі спроби несанкціонованого проникнення система надсилає сповіщення на смартфон власника або викликає сигнал тривоги.

Поєднання розпізнавання користувачів, автоматичного моніторингу середовища та алгоритмів машинного навчання створює надійну багаторівневу систему безпеки, яка не лише охороняє дім, а й піклується про здоров’я та добробут людей з обмеженими можливостями, забезпечуючи їм

максимальну автономність і захист у повсякденному житті.

Отже, під час виконання дипломної роботи було створено адаптивну систему «розумний» будинок, яка використовує машинне навчання для підвищення рівня комфорту, безпеки та самостійності людей з обмеженими можливостями. Результатом є моделювання інтелектуального простору, що здатний не лише реагувати на дії користувача, а й навчатися його звичкам, роблячи життя більш зручним і безпечним у сучасному технологічному світі.

Перспективи подальшої розробки систем з використанням технологій машинного навчання є надзвичайно широкими. На основі створеної системи «розумний» будинок для людей з обмеженими можливостями можна реалізувати низку нових проєктів, спрямованих на підвищення комфорту, безпеки та енергоефективності житла.

У майбутньому можлива розробка інтелектуальних систем прогнозування поведінки користувачів, які здатні аналізувати звички мешканців і автоматично підлаштовувати роботу освітлення, опалення, вентиляції чи побутових приладів. Такі системи зможуть оптимізувати споживання енергії, зменшуючи витрати та вплив на довкілля.

Ще одним напрямом розвитку є створення адаптивних голосових асистентів, які завдяки машинному навчанню розумітимуть емоційний стан користувача та реагуватимуть більш природно. Для людей з порушеннями рухливості або зору такі асистенти можуть стати ключовим засобом взаємодії з розумним середовищем. Крім того, технології машинного навчання можна застосовувати для створення систем медичного моніторингу, які аналізуватимуть фізичний стан користувача та повідомлятимуть про можливі відхилення або небезпечні зміни.

Термін окупності в 6 років є прийнятним для систем автоматизації житлових будинків, враховуючи, що термін служби обладнання перевищує 10 років. Основний ефект проєкту полягає не лише у фінансовій економії, а у забезпеченні безперервного медичного моніторингу та безпеки користувачів з

обмеженими можливостями, що знижує витрати на соціальний догляд та підвищує їхню автономність.

Проєкт сприяє раціональному споживанню енергоресурсів, що відповідає сучасним трендам енергоощадності.

Проведене техніко-економічне обґрунтування підтверджує доцільність впровадження розробленої системи автоматизації. Проєкт є соціально значущим та економічно виправданим, оскільки поєднання прямої економії енергоресурсів та забезпечення високого рівня незалежності користувачів з обмеженими можливостями створює довгострокову цінність, що значно перевищує початкові капітальні витрати.

Отже, створена система «розумний» будинок» є лише першим кроком у напрямі розвитку інтелектуальних технологій майбутнього. Подальше впровадження методів машинного навчання відкриває можливості для розробки нових поколінь адаптивних систем, які забезпечуватимуть вищий рівень автоматизації, безпеки та турботи про людину.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Конституція України : офіц. текст. Київ : КМ, 2013. 96 с.

2. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 р. № 2694-XII Голос України. 2017. 27 верес. (№ 178-179). С. 10–22.

3. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. Вид. офіц. Київ. 1998. 45 с. (Інформація та документація).

4. 90/270/ЄЕС. Про мінімальні вимоги безпеки та здоров'я при роботі з екранними пристроями. [Чинний від 1990-05-29]. Брюссель. : Рада Європейських співтовариств, 1990. 14 с.

5. ПУЕ-2021. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86; чинний з 2021-01-01]. К. : Міненерговугілля України, 2021. 617 с. (Інформація та документація).

6. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с. (Інформація та документація).

7. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок [Чинний від 2002-01-01]. Київ : Мінпраці України, 2001. 45 с. (Інформація та документація).

8. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [Чинний від 2014-12-30]. Київ : МВС України, 2014. 91 с. (Інформація та документація).

9. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок. [Чинний з 1997-10-06]. Київ : Держнаглядохоронпраці, 1997. 97 с. (Інформація та документація).

10. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. [Чинний з 1998-01-09]. Київ : Мінпраці України, 1998. 89 с. (Інформація та документація).

11. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров’я працівників під час роботи з екранними пристроям. [Чинний від 2018-05-18]. Київ : Мінсоцполітики України, 2018. 6 с. (Інформація та документація).

12. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний з 2019-03-01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 133 с. (Інформація та документація).

13. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-12-01]. Київ : МОЗ України, 1999. 106 с. (Інформація та документація).

14. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с. (Інформація та документація).

15. ДСТУ EN 2:2014. Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT). [Чинний з 01.01.2016]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 7 с. (Інформація та документація).

16. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [Чинний від 2017-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Інформація та документація).

17. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-06-01]. Київ : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Інформація та документація).

18. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. [Чинний від 2015-07-01]. Київ : Мінрегіон України, 2014. 191 с. (Інформація та документація).

19. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників. [Чинний від 2018-02-23]. Київ : МВС України, 2018. 23 с. (Інформація та документація).

20. Гнедюк В.Л. Тенденції розвитку технологій розумних будинків і їх використання людьми з обмеженими можливостями в сучасному соціумі.

Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 32 (71) № 6 2021. URL: DOI https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/09.

21. Гнедюк В. Л. Тенденції розвитку технологій розумних будинків і їх використання людьми з обмеженими можливостями в сучасному соціумі. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 32 (71) № 6 2021. DOI: https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/09.

22. Marko Periša, Petra Teskera, Ivan Cvitić Ivan Grgurević. Empowering people with disabilities in smart homes using predictive Informing. Sensors 2025, *25*(1), 284 p. URL: https://doi.org/10.3390/s25010284.

23. Computer Laboratory Automation at a HEI in the Philippines Erika G. Llabres, & Esli Joy N. Fernando College of Engineering and Architecture, University of La Salette Inc, Philippines 2College of Engineering and Architecture, University of La Salette Inc, Philippines DOI - http://doi.org/10.37502/IJSMR.2023.61102.

24. Fritz R., Dermody G. A Conceptual framework for clinicians working with artificial intelligence and health-assistive smart homes. Nurs. Inq. 2019, 25, 2–9.

25. The Role of Artificial Intelligence in Smart Homes. Dr.V. Kanimozhi, V. Sneha. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology Impact Factor. 2024 DOI: 10.17148/IARJSET.2024.11648.

26. Artificial Intelligence and Ambient Assisted Living: Technologies and Ethical Implications" by International Journal of Artificial Intelligence(2019) (https://www.researchgate.net/publication/380346927_Exploring_the_Ethical_and_Societal_Implications_of_Artif icial_Intelligence).

27. Sepasgozar, S., Karimi, R., Farahzadi, L., Moezzi, F., Shirowzhan, S., Ebrahimzadeh, S. M., Hui, F., & Aye, L. (2020). A systematic content review of artificial intelligence and the Internet of Things applications in smart home. *Applied Sciences, 10*(9), 3074. https://doi.org/10.3390/app10093074.

28. Sharef, B. (2022). Developing a model of smart home usage among it specialists: the role of machine learning . Eastern-European Journal of Enterprise

Technologies, 5(13 (119), 100–107. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265657.

29. Marikyan, D., Papagiannidis, S., Alamanos, E. (2019). A systematic review of the smart home literature: A user perspective. Technological Forecasting and Social Change, 138, 139–154. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.08.015.

30. Sovacool, B. K., Furszyfer Del Rio, D. D. (2020). Smart home technologies in Europe: A critical review of concepts, benefits, risks and policies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 120, 109663. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.10966.

31. Saransig, A., & Tapia, F. (2019). Performance Analysis of Monolithic and Micro Service Architectures – Containers Technology. In: Mejia J., Muñoz M., Rocha Á., Peña A., Pérez-Cisneros M. (Eds) Trends and Applications in Software Engineering. CIMPS 2018. Advances in Intelligen.

32. Сізова Н. Д. Інтелектуальні управляючі системи і технології : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної, заочної і дистанційної форм навчання зі спеціальності 122 – Комп'ютерні науки / Н. Д. Сізова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. 65 с.

33. Dr. V. Kanimozhi, V. Sneha. The Role of Artificial Intelligence in Smart Homes International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology Impact Factor Peer-reviewed & Refereed journa. Vol. 11, 2024. DOI: 10.17148/IARJSET.2024.11648.

34. Система Ajax: веб-сайт. URL: https://ajax.systems/ru-ua/ (дата звернення: 04.11.2025).

35. Система BroadLink: веб-сайт. URL: https://broadlink.com.ua/ (дата звернення: 04.11.2025).

36. Реле iNELS RFSAI-61B: веб-сайт. URL: https://elektron.kiev.ua/ (дата звернення: 04.11.2025).

37. Датчик витоку газу JT-BZ-03AQ/A Aqara Smart Gas Detector (ZigBee): веб-сайт. URL: https://locksmith.com.ua/ (дата звернення: 04.11.2025).

38. Радіодатчик контролю протікання Neptun RSW+ 2014: веб-сайт. URL: https://akvo.com.ua/ (дата звернення: 04.11.2025).

39. Датчика температури повітря Connect Home CH-S01: веб-сайт. URL: https://c-home.ua// (дата звернення: 04.11.2025).

40. Смарт-годинник Withings ScanWatch: веб-сайт. URL: mart-gadget.club // (дата звернення: 04.11.2025).

41. Мікроконтролер Raspberry Pi 4: веб-сайт. URL: https://www.mini-tech.com.ua/ (дата звернення: 04.11.2025).

42. Мікроконтролер ESP8266: веб-сайт. URL: https://sibaris.com.ua/ (дата звернення: 04.11.2025).

43. Мікроконтролер Arduino Uno: веб-сайт. URL: https://doc.arduino.ua/ (дата звернення: 04.11.2025).

44. Датчик вологості та температури DHT11: веб-сайт. URL: https://arduino.ua/prod185-datchik-vlajnosti-i-temperatyri-dht11 (дата звернення: 22.010.2025).

45. Програмування Arduino : веб-сайт. URL: https://doc.arduino.ua/ru/prog/.

46. Мокін В. Б. Наука про дані: машинне навчання та інтелектуальний аналіз даних – Електронний навчальний посібник / В. Б. Мокін, М. В. Дратований – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 263 с.

47. Григоров, О. В., Аніщенко, Г. О., Стрижак, В. В., Петренко, Н. О., Турчин, О. В., Окунь, А. О., & Пономарьов, О. Е. (2022). Штучний інтелект. машинне навчання. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології, (15), 17–27. https://doi.org/10.30977/VEIT.2226-9266.2019.15.0.17

48. Вимоги до системи. URL: https://mydocx.ru/2-120435.html (дата звернення: 13.03.2026).