

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбні
Кафедра інформаційної економіки, підприємництва та фінансів

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**НА ТЕМУ: «УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ В РАМКАХ
КОНЦЕПЦІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ»**

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.0512-іє
спеціальності 051 Економіка

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми Інформаційна економіка

(назва освітньої програми)

Л.В. Олійник

(ініціали та прізвище)

Керівник професор кафедри інформаційної економіки,
підприємництва та фінансів, доцент, д-р екон.
наук Клопов І.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент професор кафедри інформаційної економіки,
підприємництва та фінансів, професор, д-р
екон. наук Дятлова Ю.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

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

Кафедра інформаційної економіки, підприємництва та фінансів
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 051 Економіка
(шифр і назва)
Освітня програма Інформаційна економіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів, д-р екон. наук, проф.

Шапуров О.О.
(підпис)

“ ” 202_р.

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

Олійнику Леону Васильовичу
(прізвище, ім'я та по-батькові)

1. Тема роботи Управління бізнес-процесами в рамках концепції
Інтернету речей

керівник роботи Клопов Іван Олександрович, д-р екон. наук, доцент
(прізвище, ім'я та по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 01 » травня 2023 року № 642-с

2. Строк подання студентом роботи 27.11.2023

3. Вихідні дані до роботи 1. Постановка задачі.
2. Перелік літератури.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Теоретичні аспекти та сучасні тенденції розвитку технології інтернету речей.
2. Розробка проєкту розумного офісу на основі технології інтернету речей.
3. Практична реалізації прототипу інформаційної системи «Розумний офіс».

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
презентація

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 12.05.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка плану роботи.	23.06.2023	
2.	Збір вихідних даних.	04.08.2023	
3.	Обробка методичних та теоретичних джерел.	01.09.2023	
4.	Розробка першого та другого розділу.	03.11.2023	
5.	Розробка третього розділу.	17.11.2023	
6.	Оформлення та нормоконтроль кваліфікаційної роботи магістра.	24.11.2023	
7.	Захист кваліфікаційної роботи.	15.12.2023	

Студент _____
(підпис)

Л.В. Олійник
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

І.О. Клопов
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____
(підпис)

О.О. Шапуров
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра «Управління бізнес-процесами в рамках концепції Інтернету речей»: 66 с., 27 рис., 12 табл., 40 джерел.

БІЗНЕС-ПРОЦЕСИ, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ПРОТОТИП, РОЗУМНИЙ ОФІС, ІоТ.

Магістерська робота присвячена проектуванню, реалізації і подальшому впровадженню автоматизованої інформаційної системи «розумного» офісу.

В роботі досліджено тенденції розвитку концепції Інтернету речей; розроблено бізнес план реалізації системи «Розумний офіс»; проведено оцінку ефективності методології реалізації та впровадження інформаційної системи «Розумний офіс»; визначено вимоги та описано функціонал інформаційної системи «Розумний офіс» на основі технології Інтернету речей; розроблено архітектуру прототипу та технічне завдання інформаційної системи «Розумний офіс».

Вперше створено прототип інформаційної системи «Розумний офіс». Уточнено етапи ключових бізнес-процесів управління інфраструктурою офісного приміщення; принципи проектування архітектури інформаційної системи на основі Інтернету речей. Дістали подальшого розвитку теоретичні та методичні засади технології створення інформаційної системи розумного офісу.

ABSTRACT

Master's qualifying paper «Management of Enterprise Business Processes within the Internet of Things Concept »: 66 pages, 27 figures, 12 tables, 40 references.

BUSINESS PROCESSES, INTERNET OF THINGS, INFORMATION SYSTEM, PROTOTYPE, SMART OFFICE, IoT.

The master's thesis is devoted to the design, implementation and further implementation of an automated information system for a smart office.

The work investigates the trends in the development of the Internet of Things concept; develops a business plan for the implementation of the Smart Office system; evaluates the effectiveness of the methodology for the implementation and implementation of the Smart Office information system; defines the requirements and describes the functionality of the Smart Office information system based on the Internet of Things technology; develops the prototype architecture and terms of reference for the Smart Office information system.

A prototype of the Smart Office information system was created for the first time. The stages of key business processes for managing the infrastructure of office space were clarified; the principles of designing the architecture of an information system based on the Internet of Things were specified. The theoretical and methodological foundations of the technology for creating a smart office information system have been further developed.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ.....	2
РЕФЕРАТ.....	4
ABSTRACT.....	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ.....	9
1.1. Концепція технології Інтернету речей.....	9
1.2 Стандартизація систем Інтернету речей.....	19
1.3 Аналіз існуючих систем Інтернету речей.....	27
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ПРОЄКТУ РОЗУМНОГО ОФІСУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ.....	33
2.1. Проектування прототипу інформаційної системи «Розумний офіс».....	33
2.2 Проектування цифрової архітектури підприємства.....	49
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОТОТИПУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ ОФІС».....	59
3.1 Вимоги до архітектури інформаційної системи «Розумний офіс»....	59
3.2 Розробка архітектури інформаційної системи «Розумний офіс».....	64
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70

ВСТУП

Актуальність магістерської роботи обумовлена стрімким розвитком Інтернету речей, який революціонізує корпоративні структури. Впровадження концепції «Розумний офісу» через інтеграцію з Інтернетом речей дозволяє оптимізувати бізнес-процеси, забезпечуючи підприємствам не лише ефективне використання ресурсів, але й підвищення продуктивності та конкурентоспроможності в динамічному бізнес-середовищі. Розробка та впровадження управлінських стратегій на основі Інтернету речей для «Розумного офісу» відкриває нові можливості для підприємств у покращенні ефективності та створенні адаптивних робочих оточень.

Об'єкт дослідження: управлінські процеси в рамках концепції Інтернету речей.

Предмет дослідження: є технологія розробки інформаційної системи «розумного» офісу.

Метою дослідження є проектування, реалізація і подальше впровадження автоматизованої інформаційної системи «розумного» офісу.

Для досягнення мети були поставлені та вирішені такі завдання:

- досліджено тенденції розвитку концепції Інтернету речей;
- розроблено бізнес план реалізації системи «Розумний офіс»;
- проведено оцінку ефективності методології реалізації та впровадження інформаційної системи «Розумний офіс»;
- визначено вимоги та описано функціонал інформаційної системи «Розумний офіс» на основі технології Інтернету речей;
- розроблено архітектуру прототипу та технічне завдання інформаційної системи «Розумний офіс».

Методи дослідження. теоретичні: емпіричні (порівняння, експеримент), теоретичні (пошук,аналіз, моделювання) та *математичні* (розрахунок) методи дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

вперше:

– створено прототип інформаційної системи «Розумний офіс»;

уточнено:

– етапи ключових бізнес-процесів управління інфраструктурою офісного приміщення;

– принципи проектування архітектури інформаційної системи на основі Інтернету речей;

дістали подальшого розвитку:

– теоретичні та методичні засади технології створення інформаційної системи «розумного» офісу.

Результати наукового дослідження пройшли апробацію на XVI університетській науково-практичній конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих учених «МОЛОДА НАУКА-2023»

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

1.1. Концепція технології Інтернету речей

«Концепція системи «розумний» будинок припускає новий підхід в організації життєдіяльності будинку, в якому з урахуванням комплексу високотехнологічного обладнання створюється єдина автоматизована система управління, що дозволяє значно збільшити ефективність функціонування і надійність управління всіх систем життєзабезпечення» [33].

«Розумний» будинок – система, яка забезпечує безпеку, ресурсозбереження та комфорт для всіх користувачів. У найпростішому випадку вона повинна вміти розпізнавати конкретні ситуації, що відбуваються в будівлі, і відповідним чином на них реагувати: одна з підсистем може управляти поведінкою інших за заздалегідь розробленими алгоритмами. Крім того, від автоматизації кількох підсистем забезпечується синергетичний ефект для всього комплексу.

«Під «розумним» будинком розуміється така концепція взаємодії людини з житловим простором, коли робота всіх інженерних систем та електроприладів регулюється автоматично з єдиного центру, відповідно до заздалегідь заданих параметрів. Така система забезпечує користувачам кілька переваг: комфорт, безпеку і економію ресурсів. Система передбачає злагоджену роботу системи опалення та кондиціонування, а також контроль факторів, що впливають на необхідність включення або відключення зазначених систем. Іншими словами, в автоматизованому режимі відповідно до зовнішніх і внутрішніх умов задаються і відстежуються режими роботи всіх інженерних систем та електроприладів» [35].

В розвинених країнах «розумний» будинок перетинається з концепцією

екологічності і стійкості, оскільки дана технологія допомагає раціонально використовувати обмежені природні ресурси, мінімально негативно впливати на довкілля та добробут людей. Основне завдання «розумного» будинку – підвищити комфорт мешканців і полегшити повсякденне життя [22].

Історія розвитку технології «розумний» будинок розпочалася у минулому столітті. Поняття «розумний» будинок уперше з'явилося у штаті Вашингтон в Інституті інтелектуального будівництва в 1970-х роках: «Будівля, забезпечує продуктивне та ефективне використання робочого простору...»; де розроблялися революційні на той час проекти, які передбачали можливість передачі по одному дроту різних видів інформації, що дозволило б керувати різними пристроями [23].

Одним з перших проектів «розумного» дома став будинок американського інженера Еміля Матіаса. У 1950 році Е. Матіас обладнав своє житло безліччю різних пристроїв, інженер керував ними з кнопкової панелі. Наприклад, Матіас натисканням кнопок міг відчиняти двері гаража, дистанційно вмикати та вимикати радіо. Крім цього, в будинку інженер встановив автоматичні системи сигналізації. Для реалізації проекту Матіас витратив більше двох кілометрів кабелю, сховавши всі дроти, мотори і інші використані датчики і пристрої в стінах та підлозі.

Ще одним прикладом розвитку даної технології є Хата майбутнього Монсанто – атракціон 1957 року. Компанія «Монсанто» запропонувала Масачусетському технологічному інституту спільно створити житловий будинок нового типу: цілком з пластмаси. Перевагою пластика була легкість, що дозволяло без особливих зусиль автоматизувати всі системи в будинку. В будинку Монсанто була обладнана ультразвукова посудомийна машина, система кондиціонування в підлозі, телефон з гучним зв'язком, полиці, зникаючі в кухонному стелі, а також підключена автоматизована раковина, яка мінjala рівень в залежності від росту людини.

Популяризація концепції «розумного» будинку розпочалася наприкінці 1990-х років. Наприклад, в 1999 студія *Disney* випустила фільм «Розумний

будинку», який розповідає про автоматизований будинок з роботом-покоївкою. У новому тисячолітті ця тема піднімалася в кіно, пресі все частіше і частіше.

«Розумний будинок» – це автоматизація домашнього побуту за допомогою об'єднання електроприладів та побутової техніки в будинку в єдину екосистему [17]. Розглянемо зразок архітектури «Розумного дома» (рис. 1.1). При розробці системи віддаленого управління зазвичай виділяють наступні основні компоненти: програми для користувача, веб-сервер, сервер «Розумного вдома», а також контролер для управління датчиками та сенсорами.

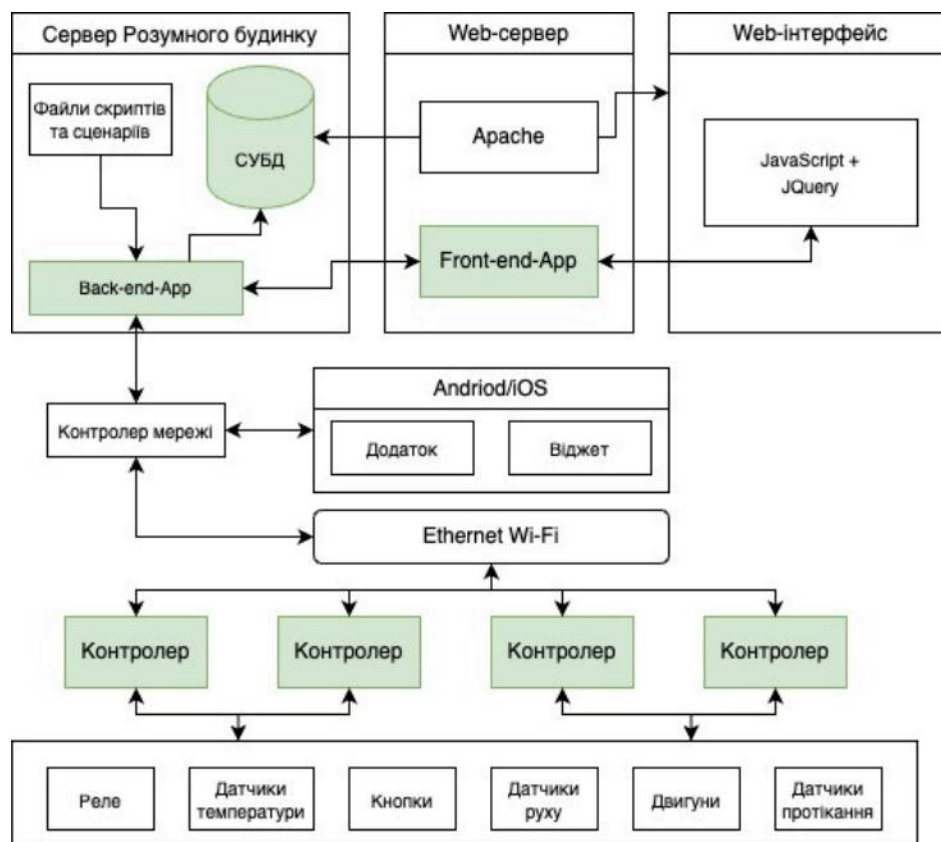


Рисунок 1.1 – Структура технології «Розумного будинку»

Система «Розумний будинок» (РБ) включає в себе.

Мобільний додаток або веб-браузер необхідні для віддаленого управління пристроями РБ. За допомогою цього компонента здійснюється передача команд на хмарні сервери, а також отримання звітів інформації про стан датчиків [32].

Веб-сервер призначений для зберігання даних про стан датчиків та пристроїв в БД. Він виступає також в якості посередника між віддаленими

пристроями керування та сервером РБ. Дана функція здійснюється шляхом передачі команд, наприклад, з мобільних пристроїв у хмару, де вони обробляються і передаються далі на домашній сервер.

Сервер РБ призначений для отримання команд від веб-сервера та їх подальшої передачі на контролери, а також передачі у зворотному порядку даних з датчиків, які надходять на контролер.

Контролер – це пристрій, що з'єднує елементи «розумного» будинку в єдине ціле [25]. Контролер керує підключеними датчиками, приймає команди з сервера і відправляє йому інформацію про зміни стану датчика. На центральному контролері реєструються всі наявні пристрої, а він вже забезпечує і веб-інтерфейс, і сценарії, та передачу команд між пристроями.

Датчики – це прилади, які одержують інформацію про стани навколишнього середовища та побутової техніки, які подають її на контролер [22]. Прикладом є термодатчик, який включає в залежності від температури в будинку обігрівач або кондиціонер.

Актуатори – виконавчі пристрої, які безпосередньо виконують команди. Це сама численна група, в яку входять розумні вимикачі, розумні розетки, сирени, клімат-контролери і т.п.

Пристрій РБ – це прилад, який складається з контролера, датчика та побутового приладу, наприклад, холодильника, термометра, жалюзі. Їх називають Інтернет речами або *IoT* пристроями.

«Інтернет речей (від англійської *internet of things, IoT*) – це величезна кількість «речей», які підключені до Інтернету для обміну даними з іншими речами-додатками *IoT*, підключеними пристроями, промисловими машинами та багатьом іншим. Пристрої, підключені до Інтернету використовують вбудовані датчики для збору даних і, в деяких випадках, впливають на них. Приклади застосування Інтернету речей: від «розумного» будинку, який автоматично регулює опалення та освітлення, до «розумної» фабрики, яка контролює промислові машини для пошуку проблем, а потім автоматично налаштовується, щоб уникнути збоїв» [30].

Концепція Інтернету речей виходить з принципу міжмашинного спілкування: без втручання людини електронні пристрої «спілкуються» між собою. Інтернет речей – це автоматизація, але більш високого рівня. На відмінність від «розумних» будинків вузли системи використовують *TCP/IP*-протоколи обміну даними через канали глобальної мережі Інтернет. У статті «Інтерактивна автоматична система «Розумний Будинок»» [27] авторами розглядається завдання проєктування кіберфізичної системи, що використовується як сервіс для управління інтелектуальними будинками з використанням технологій Інтернету речей.

Інтернет речей – це мережа фізичних об'єктів, підключених до Інтернету, які здібні ідентифікувати себе з іншими пристроями. Добре продуманий додаток «Інтернет речей» може знизити споживання електроенергії, підвищити безпеку в будинках і в місті або підвищити комфортність в приміщенні [37].

Інтернет речей дає організаціям абсолютно нові способи управління і моніторингу віддалено виконуваних операцій. Дана технологія дозволяє повністю контролювати віддалено розташовані об'єкти та постійно постачати інформацію до додатків та до сховища даних.

«Відділ стандартів зв'язку *MCE* (Міжнародний Союз електрозв'язку, *International Telecommunication Union*) опублікував рекомендацію *Y.2060*, під назвою «Огляд Інтернету речей» (*Overview of the Internet of Things*)» [38]. У цьому документі містяться наступні визначення, які описують Інтернет речей:

Інтернет речей: глобальна інфраструктура для інформаційного товариства, яка забезпечує можливість надання більш складних послуг шляхом з'єднання один з одним (фізичних і віртуальних) речей на основі існуючих і функціонально сумісних інформаційно-комунікаційних технологій.

Річ: стосовно до Інтернету речей означає предмет фізичного світу (фізичні речі) або інформаційного світу (віртуальні речі), який може бути ідентифікований та інтегрований у мережі зв'язку.

Пристрій: стосовно до Інтернету речей означає елемент обладнання, який має обов'язкові можливості зв'язку та додаткові можливості вимірювання,

спрацьовування, а також введення, зберігання та обробки даних.

Як показано на рис. 1.2, у технології Інтернет речей інформаційно-комунікаційні технології, які вже забезпечують «зв'язок у будь-який час» і «в будь-кому місці», отримують новий аспект – «зв'язок з будь-якою річчю».



Рисунок 1.2 – Новий вимір в Інтернеті речей

IoT речі – це предмети фізичного світу (фізичні речі) або інформаційного світу (віртуальні речі), які можуть бути ідентифіковані та інтегровані у мережі зв'язку. Фізичні речі існують в фізичному світі, і їх можна виміряти, привести в дію та підключити. Приклади фізичних речей включають навколишнє середовище, промислових роботів, товари і електричне обладнання. Віртуальні речі існують в інформаційному світі, і їх можна зберігати, обробляти, а також отримувати до них доступ. Приклади віртуальних речей включають мультимедійний контент та прикладне програмне забезпечення [12].

Однак, дана технологія все ж має і деякі недоліки. Використання Інтернету речей може викликати деякі проблеми. У першу чергу – це проблеми безпеки. Компанії повинні дбати про безпеку конфіденційних даних. Також слід звернути увагу на питання захищеності пристроїв від хакерських атак. Другою серйозною перешкодою на шляху розвитку технологій Інтернету речей є різноманіття різних протоколів та відсутність загальноприйнятих стандартів [3].

Основна проблема Інтернету речей полягає в тому, що немає ясних і узгоджених архітектур для побудови підключених автоматизованих систем. В

одного перемикача світла може бути один рівень шифрування даних, в то час як у пульта дистанційного управління інші алгоритми шифрування. Бездротові протоколи можуть також відрізнятися: один пристрій може використовувати *ZigBee*, в той час, як інші покладаються на *Bluetooth* або *Wi-Fi* [19]. Мости для підключення по всім цим параметрам будуть дублюватися. І навіть якщо незалежні системи будуть безпечними, разом вони утворюють вразливу для зовнішнього впливу мережу.

Для безпеки Інтернету речей у побутовій галузі ситуація не така складна. Розумні домашні пристрої виходять в Інтернет через звичайні канали. Інформація, яку вони передають, потребує лише базового захисту від вірусів і кіберзагроз. Навіть якщо трапиться масова кібератака, до катастрофи це не приведе. Крім того, домашні пристрої зазвичай випускають великими партіями, і надлишковий захист занадто сильно збільшить вартість пристроїв – їх ніхто не буде купувати [18].

У бізнесі і промисловості ситуація набагато серйозніша – зловмисники можуть спробувати отримати доступ до розумних пристроїв підприємства, що загрожує мільйонними збитками, а іноді й промисловою катастрофою. Тому в мережах *IoT* приділяють підвищену увагу безпеці [29].

Для захисту використовують наступні методи:

- ізоляція від інтернету, робота тільки в мережі всередині офісу або заводу;
- шифрування промислових даних, наприклад, алгоритм *AES-256*. Щоб його зламати, потрібно підібрати ключ довжиною 256 біт – навіть сучасному суперкомп'ютеру для цього буде потрібно більше часу, чим ймовірний вік нашого всесвіту [34];
- захист програмного забезпечення і операційних систем;
- системи детектування та запобігання вторгненням – вони сповіщають, якщо хтось сторонній намагається отримати доступ до системи [24].

На сьогодні відбувається глобальна цифровізація процесів бізнесу в цілях покращення продуктивності праці, якості робіт і безпеки виробництва.

Цифровізація – це сучасна тенденція, роботи по покращенню і автоматизації робочого простору ведуться великими темпами. Цифровізація ґрунтується на понятті цифрові технології «Інтернет речей» – це концепція мережі з фізичних і віртуальних об'єктів, які пов'язані з інтернетом та зовнішнім світом, здатні передавати один одному одержувані дані, щоб виконувати на їх основі різні дії для розвитку системи управління, економіки, бізнесу, соціальної сфери [31].

«Розумний офіс – це автоматизована система керування, яка призначена для контролю і управління освітленням, опаленням, вентиляцією, водопостачанням, безпекою, аудіо/відео апаратурою та іншими інженерними системами приміщення. Система має можливість підстроювання та модифікації за бажанням власника. «Розумний» офіс дозволяє інтегрувати різні підсистеми, забезпечуючи їх злагоджену роботу і високу функціональність всього комплексу» [15]. Це дозволяє не тільки виключити конфлікти при їх функціонуванні, але і забезпечити гармонійну взаємодію. Наприклад, кондиціонер не охолоджуватиме приміщення в то час, коли буде працювати опалення.

Інтеграція вище перелічених технологій забезпечує комфорт у приміщенні. Управління параметрами всього комплексу приміщення «розумний» офіс бере на себе. При необхідності «розумний» офіс керує освітленням, шторами, кондиціонером, теплою підлогою, відео апаратурою і іншим обладнанням [15].

В даний час для ринку розумних технологій характерно:

- переважають рішення для інтелектуального офісу, використання яких, за оцінками експертів, значно збільшує результативність діяльності і окупується з часом;

- збільшення практики впровадження розумних технологій в обслуговування офісних будівель в містах на етапі будівництва [1].

В цілому розумна інфраструктура будівлі включає в себе два компонента: ІТ-інфраструктура і розумні інженерні системи (Рис. 1.3). ІТ- інфраструктура об'єднує всі інформаційні технології і ресурси, використовувані конкретною організацією або компанією. Розумні інженерні системи – це системи будівлі або

приміщення, призначені для життєзабезпечення, виконання технологічних процесів, підтримки комфорту, енерго- і ресурсозбереження, забезпечення безпеки.

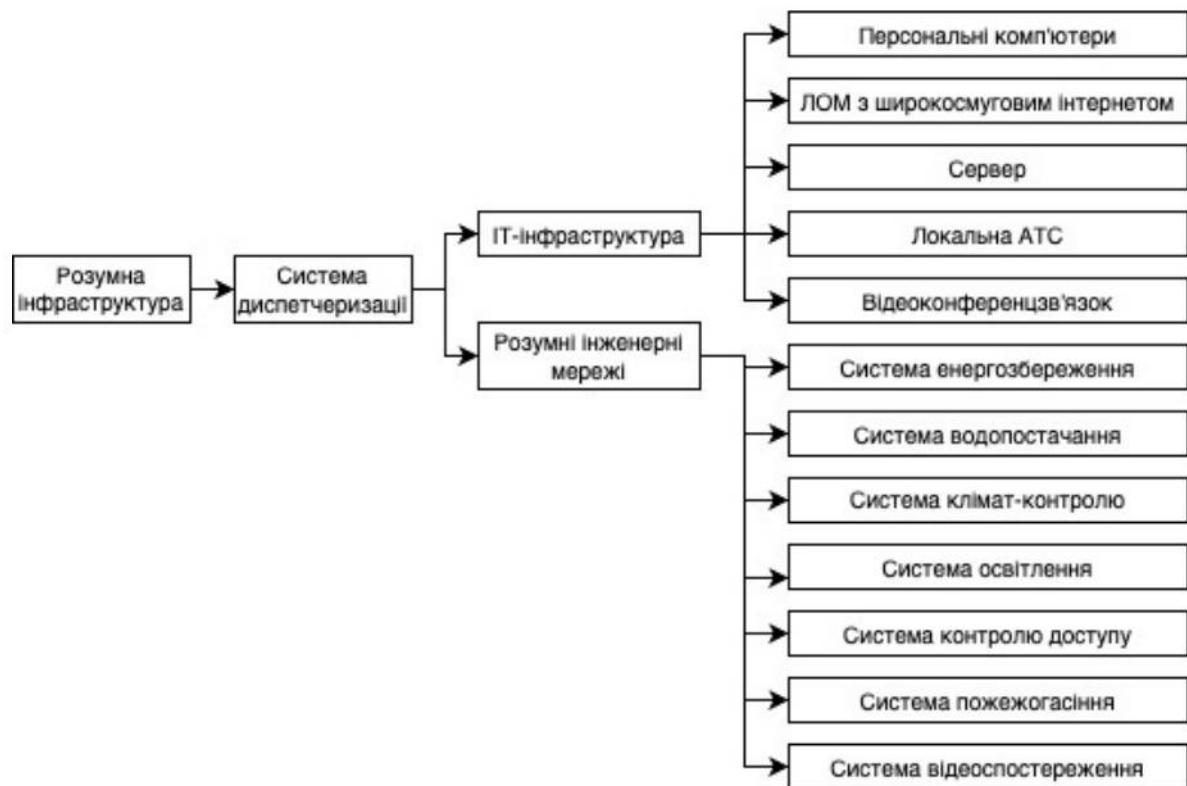


Рисунок 1.3 – Інфраструктура інтелектуальної будівлі

Розумна інфраструктура передбачає можливість отримання клієнтом необхідної послуги при дотриманні вимог безпеки за винятком звернення до постачальника послуги.

Основні переваги впровадження системи:

- зниження витрат на утримання офісу: система «розумний» офіс як раз дозволяє наполовину скоротити витрати на електроенергію та заощадити на водо- та теплопостачанні, завдяки цьому зменшуються як орендні ставки, так і експлуатаційні витрати [26];
- підвищення продуктивності: наприклад, спрощується виконання рутинних завдань, як пошук і бронювання кімнат для переговорів, завдяки чому витрачається менше часу на дії, не пов'язані з роботою;
- комфорт: система забезпечує в приміщеннях комфортні умови для

роботи, наприклад, підтримує параметри температури, вологості та циркуляції свіжого повітря зовні і всередині приміщень;

– безпека: системою безпеки «розумного» офісу є комплекс функцій по забезпеченню комфорту, наприклад, охоронна і пожежна сигналізація, контроль доступу, стану інженерних підсистем, відеоспостереження [32];

– найкраще використання офісної площі: розумне рішення для офісу допомагає звільнити робочій простір шляхом оптимізації його використання.

1.2 Стандартизація систем Інтернету речей

Найбільшу популярність системи Інтернету речей придбали в 2010-2017 рр., коли подешевшали кінцеві пристрої, з'явилися технології для безпечної та швидкої передачі даних, а також активно розвивалися Інтернет і протоколи взаємодії. Дані фактори благотворно далися взнаки при появі великого числа недорогих і простих кінцевих пристроїв, які в короткі терміни можна було зібрати в готове рішення. Поряд із простими рішеннями на ринку стали з'являтися професійні системи з достатньо складною і розгалуженою логікою, до виникненню яких причетні вже цілі компанії і міжнародні комітети (наприклад, Концепція промисловості 4.0 і *Industrial Internet Consortium*, Консорціум промислового Інтернету).

Проблеми вибору і побудови систем Інтернету речей найбільш повно описані у зарубіжній літературі. Серед основних досліджень у цій галузі можна назвати роботи [38, 39, 40]. Проблеми розробки систем Інтернету речей в Україні і теоретичні основи даної технології викладені в [24, 29, 31], а перспективи становлення технології, а також потенційні питання стандартизації, адресації і мережевих комунікацій [30]. Деякі дослідники сходяться на думці, що для додатків Інтернету речей не може бути єдиного стандарту програмної архітектури, оскільки сам по собі термін не несе будь-яку контекстну інформацію для прийняття навіть попередніх проєктувальних рішень.

Однак у 2015 році Консорціумом індустріального Інтернету було

розроблено методику стосовно систем промислового Інтернету речей, яка включає створення засобу підтримки проектування для конкретних типів систем Інтернету речей. Серед опублікованих документів можна виділити – стандарт, регламентуючий рівні побудови, складність, технічні деталі і особливості впровадження подібних систем на виробництві. Подібні системи мають складну програмну архітектуру та логіку роботи, що дозволяє їм одночасно отримувати дані і керувати багатьма складними пристроями, зберігаючи при цьому можливість розширення і взаємодії в реальному часу. Вказаний документ приймали до відомості більшість західних компаній при розробці систем промислового Інтернету речей, що показало високу застосовність методології на практиці [38].

Інтелектуальний будинок має таку специфіку, позначену в роботах ряду авторів [18, 27]:

- можливість динамічного розвитку інженерних систем нарощування та видозміни;
- значна кількість датчиків для збору оперативної інформації про стан будівлі;
- програмні і апаратні елементи системи не повинні бути прив'язані до одного виробника;
- застосування типових пристроїв – контролерів, шин зв'язку, модулів введення-виведення, систем відображення інформації.

З перерахованих властивостей випливає, що всі системи безпеки та інженерні системи в інтелектуальному приміщенні повинні бути інтегровані на базі єдиною інформаційної системи – автоматизованої системи керування будівлею.

В *Рекомендації Y.2060* наведена також еталонна модель *IoT*, яка дуже схожа на модель *NGN* і також включає чотири базових горизонтальних рівня (рис. 1.4):

- рівень додатків *IoT*;
- рівень підтримки сервісів і додатків;
- мережевий рівень;

– рівень пристроїв.

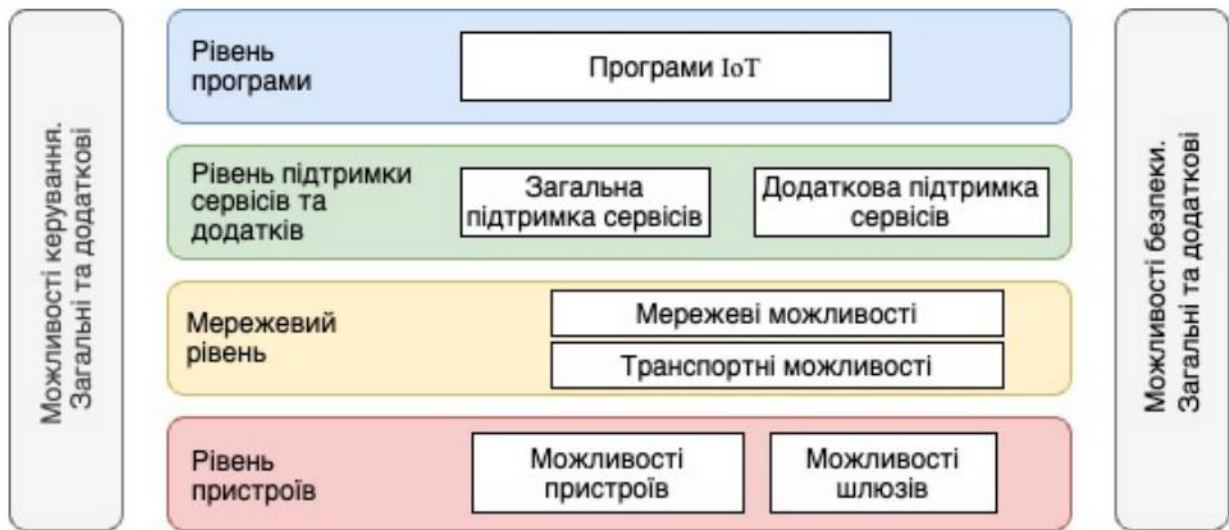


Рисунок 1.4 – Еталонна модель *IoT*

«Існує ще два вертикальних рівня – рівень управління і рівень безпеки, вони охоплюють всі чотири горизонтальні рівні. Рівень додатків *IoT* в Рекомендації *Y.2060* детально не розглядається. Рівень підтримки сервісів і додатків включає загальні можливості для різних об'єктів *IoT* з обробки та зберігання даних. Мережевий рівень об'єднує мережеві (функція управління ресурсами мережі доступу і транспортної мережі, управління мобільністю, функції авторизації, аутентифікації та розрахунків). Зрештою, рівень пристроїв – це можливості пристроїв і шлюзу. Функціональність пристроїв націлена на прямий обмін із мережею зв'язку, обмін через шлюз, обмін через бездротову динамічну *ad hoc*-мережу, а також тимчасова зупинка і відновлення роботи пристроїв для енергозбереження. Можливості шлюзу припускають підтримку безлічі інтерфейсів для пристроїв (шина *CAN*, *ZigBee*, *Bluetooth*, *WiFi*) та для мереж доступу/транспортних мереж (*2G/3G*, *LTE*, *DSL*). Шлюз також підтримує конверсію протоколів, якщо протоколи інтерфейсів пристроїв і мереж відрізняються один від одного» [16].

Д. В. Байгозін, Д. М. Первухін, Г. Б. Захарова в своїй роботі сформулювали принципи побудови програмно-апаратного комплексу для здійснення управління інженерним обладнанням будівлі в системі «розумний»

будинку». Крім виділення трьох рівнів управління, вони пропонують використовувати:

- стандартне обладнання;
- відкриті протоколи передачі даних;
- розподілену базу знань з дистанційним управлінням.

О. Л. Вікентьева, А. В. Кичкин, А. І. Дерябін, Л. В. Шестакова виділяють три рівні компонентів в архітектурі інформаційної системи управління інтелектуальним будинком (рис. 1.5) [10]:

- рівень клієнта;
- рівень затосунку;
- рівень даних.

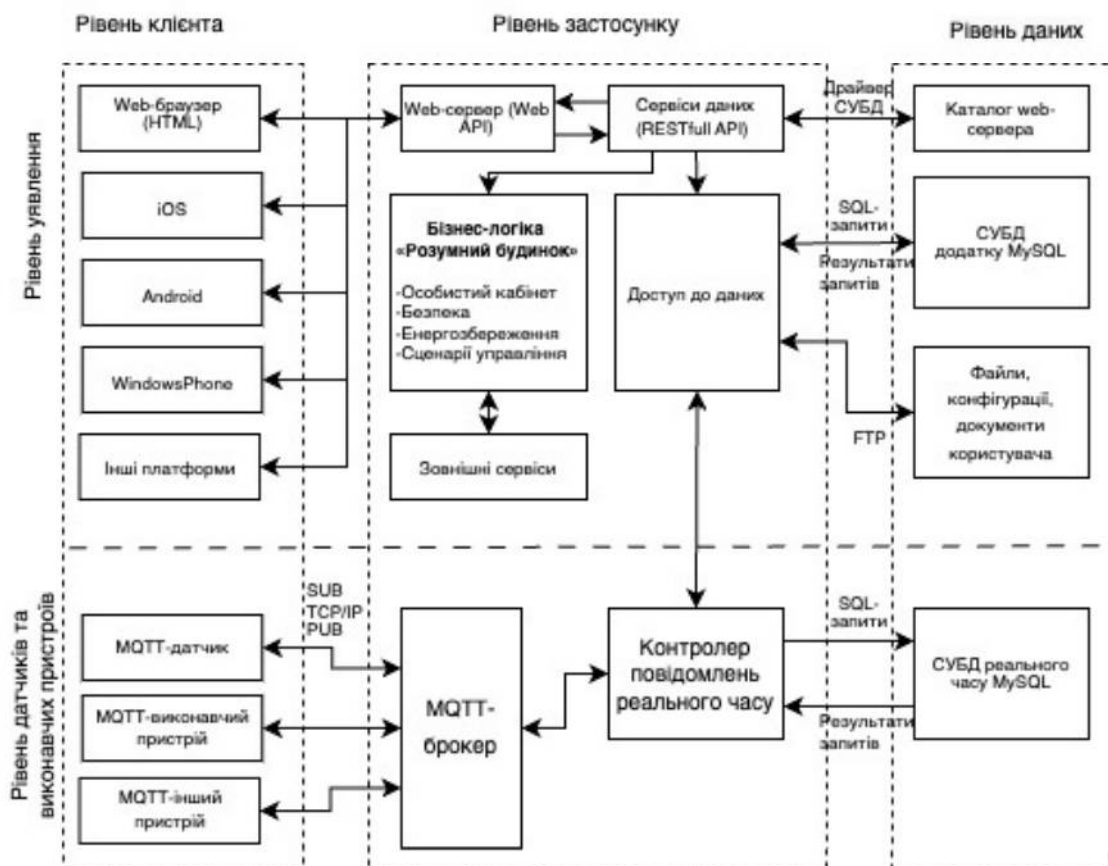


Рисунок 1.5 – Архітектура інформаційної системи управління

Рівень клієнта припускає наявність датчиків і виконавчих механізмів (блок виконавчих пристроїв), а також пристроїв і програмного забезпечення для

реалізації функцій управління та контролю з боку суб'єкта управління (блок уявлення).

Рівень застосунку включає в себе засоби збору і обробки інформації з датчиків, а також контролер для управління виконавчими механізмами (блок виконавчих пристроїв). Блок уявлення рівня зостосунку включає сервер для взаємодії користувача (суб'єкта управління) з інформаційною системою через Інтернет, зовнішні сервіси для реалізації бізнес логіки інтелектуальної будівлі (особистий кабінет користувача, механізми авторизації і реєстрації). Для доступу до даних, що зберігається в базі даних, реалізовані різні механізми доступу.

Рівень даних містить каталог сервера, в якому розміщується інформація, яка відображається на веб-сторінках, бази даних, що зберігає інформацію про роботу системи управління, і базу даних, що зберігає інформацію, яка обробляється контролером (система управління базами даних реального часу) [12].

У представленій архітектурі можна виділити дві інформаційні моделі. Перша – це модель рівня датчиків і виконавчих механізмів (датчики, контролер, БД для зберігання інформації, оброблюваної контролером). Дана модель дає можливість управління в автоматичному режимі за допомогою контролера. Контролер забирає інформацію з датчиків, порівнює значення параметрів, отримані з датчиків, з пороговими значеннями параметрів встановлених норм, та при необхідності відправляє керуючу команду на датчик для коригування показників. Інформація, отримана з датчиків, зберігається в БД реального часу. Друга інформаційна модель – це модель логіки інтелектуального будинку, наприклад, інтерфейс, бізнес-логіка інтелектуального будинку, база даних, комунікаційні елементи. Дана модель організовує взаємодію користувача з пристроями.

Для відображення та контролю інформації, що надходять з датчиків та пристроїв використовуються різні веб-сервіси і *SCADA*-системи (*Supervisory Control And Data Acquisition*). Щоб передати ці дані серверу потрібні протоколи.

Наявні на даний момент протоколи на базі *HTTP* не підходять для концепції Інтернету речей та міжмашинної взаємодії (*Machine to Machine*). Для цього було розроблено новий протокол – *MQTT (Message Queue Telemetry Transport)* [19].

MQTT або *Message Queueing Telemetry Transport* – це відкритий протокол обміну даними. Брокер здійснює збір даних від множини вузлів і передає на сервер. Ґрунтується на моделі видавець-передплатник з використанням проміжного сервера-брокер [19].

Протокол *MQTT* вимагає обов'язкової наявності брокера даних. Це центральна ідея технології. Всі пристрої посилають дані тільки брокеру і приймають дані також від нього. Брокер – це програма, виконуюча функції *TCP* сервера з динамічною базою даних.

«Протокол створювався, щоб забезпечити відкритість, простоту, мінімальні вимоги до ресурсів і зручність впровадження. *MQTT* розташовується поверх *TCP/IP* і працює з моделлю «клієнт/сервер», де кожен датчик є клієнтом та підключений до сервера, який є брокером. Протокол *MQTT* вимагає обов'язкової наявності брокера, який керує розподілом даних між передплатникам. Всі пристрої або актуатори посилають дані тільки брокеру і приймають дані теж тільки від нього» [27].

У мережі на базі протоколу *MQTT* розрізняють наступні об'єкти.

Видавець (*Publisher*) – *MQTT*-клієнт, який при виникненні певної події передає брокеру інформацію про нього, публікуючи відповідні топіки.

Брокер (*Broker*) – *MQTT*-сервер, який приймає інформацію від видавців і передає її відповідним передплатникам, в складних системах може виконувати також різні операції, пов'язані з аналізом і обробкою даних. Різні брокери можуть з'єднуватися між собою, якщо вони підписуються на повідомлення один одного.

Передплатник (*Subscriber*) – *MQTT*-клієнт, який після передплати до брокера велику частину часу «слухає» його і постійно готовий до прийому та обробки вхідного повідомлення на цікаві топіки від брокера [34].

Схема простої взаємодії між передплатником, видавцем і брокером представлена на рис. 1.6.

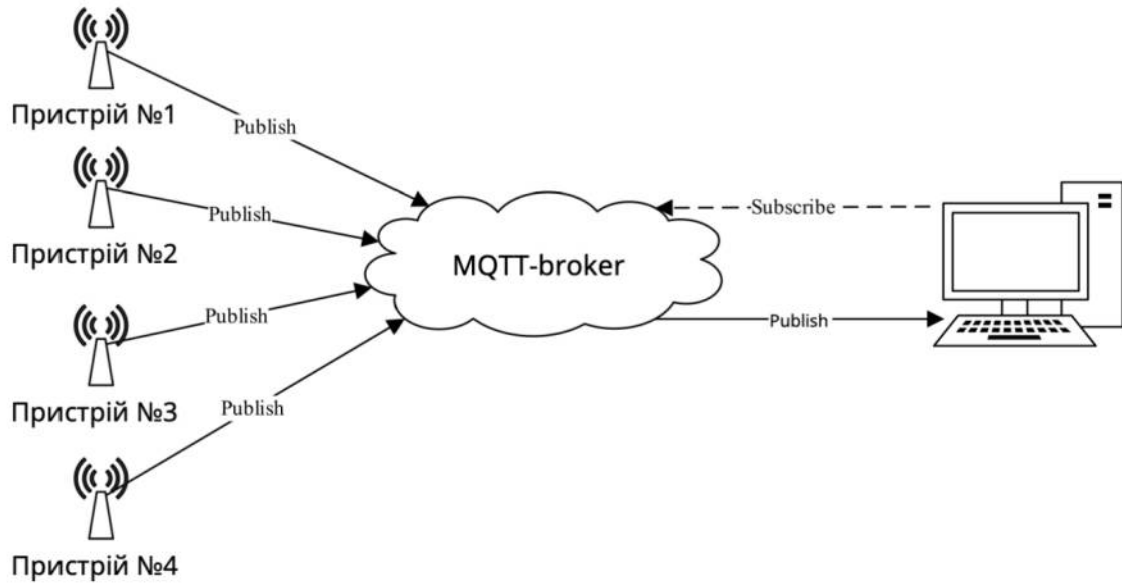


Рисунок 1.6 – Основна структура роботи *MQTT* брокера

Датчики температури є «видавцями», так як вони можуть тільки передавати параметри про свій стан і не можуть приймати ніякі керуючі команди. Комп'ютер є «передплатником», оскільки він приймає дані з *MQTT* брокера про стан датчиків.

Тимчасовий ряд – це статистика серії спостережень за одним і тим же явищем, параметром будь-якого процесу, протягом деякого часу. Кожному результату вимірювання відповідає певний час, коли цей вимір було зроблено, або його порядковий номер за шкалою часу [14].

InfluxDB кластеризована база даних, спеціально розроблена для зберігання часових рядів та метрик. *InfluxDB* повністю написаний на *Go* та компілюється в один двійковий файл без зовнішніх залежностей. Він надає можливості для користувача виконувати запис даних та відправляти запити в БД через командний рядок.

В числі переваг *InfluxDB* в першу чергу потрібно виділити наступні:

- відсутність залежностей;
- можливість роботи в кластерному режимі;
- можливість зберігати мільярди точок вимірів;
- класифікація даних по тегам для швидкої і ефективною вибірки;

- наявність бібліотек для великого числа мов програмування.
- *SQL*-подібна мова запитів, за допомогою якої можна проводити різні операції з тимчасовими рядами.

InfluxDB призначена для зберігання метрик *DevOps* моніторингу, даних від датчиків сенсорів (*Sensor data*), даних для *on-line* аналітики тимчасових рядів.

Дані в *InfluxDB* представлені у вигляді тимчасових рядів, які містять вимірювані значення. Ряд представляє з себе набір точок «*points*», який відображає значення в певний момент часу. «*Points*» структура має такі поля:

- *time* – тимчасовий штамп (*timestamp*), зберігає мітки часу;
- *measurement* – рядкове позначення ряду;
- *fields* – безпосереднє значення в форматі «ключ-значення»;
- *tags* – мета-дані про значення, формат теж – «ключ-значення».

Концептуально можна порівняти «*measurement*» із таблицею в *SQL*, де первинним індексом завжди є час, а «*tags*» і «*fields*» фактично є стовпцями в таблиці. «*Tags*» проіндексовані, а «*fields*» ні. Різниця в тому, що в *InfluxDB* можуть бути записані мільйони вимірювань, і немає необхідності заздалегідь визначати схеми. Точки записуються в *InfluxDB* з використанням лінійного протоколу.

1.3 Аналіз існуючих систем Інтернету речей

Саме поняття «Розумний офіс» експерти ділять на дві складові. технологічну і концептуальну. Технологічно «Розумний офіс» мало чим відрізняється від «Розумного дому» [18]. Сучасні розробки дозволяють об'єднати всю інженерну складову бізнес-центру в єдину систему управління, яка контролює доступ на територію співробітників, відвідувачів та автотранспорту, роботу енергопостачання, теплопостачання та водопостачання, пожежної сигналізації.

Для орендарів або покупців спосіб експлуатації офісної нерухомості грає

вторинну роль. Їх більше хвилюють конкретні фінансові витрати на утримання приміщення та способи їх мінімізації. Система «розумний» офіс якраз дозволяє наполовину скоротити витрати на електроенергію та 30–40% заощадити на водопостачанні та теплопостачанні. Зрештою завдяки цьому зменшуються як орендні ставки, так і експлуатаційні витрати [18].

В 2009 році було відкрито Технологічні центри *Microsoft* – які працюють по всьому світі. Їх завдання – тестування сценаріїв впровадження продуктів *Microsoft*, проведення навчальних семінарів і брифінгів для партнерів, а також конференцій та презентацій. *Microsoft Technology Center* реалізований на архітектурі рішень *IoT* на базі анонсованого *Microsoft* сервісу *Azure IoT Suite*.

Microsoft Azure – «хмарна платформа, яка поєднує в собі як рішення обчислювальної інфраструктури *IaaS* (сервери, сховища даних, мережі, операційної системи), так і набір інструментів і сервісів, які полегшують розробку і розгортання хмарних додатків (*PaaS*). Дані рішення дозволяють розробникам швидко створювати, розгортати і керувати масштабними додатками для задоволення потреб конкретних організацій. Сервіси *Microsoft Azure* дозволяють замовникам уникнути складнощів і додаткових витрат, пов'язаних з заміною існуючого обладнання, управлінням базовою інфраструктурою і, відповідно, забезпечують більш ефективне управління ІТ-бюджетами: замовники платять лише за ресурси, які їм необхідні» [36].

Роботу інфраструктури контролюють сотні датчиків і виконавчих механізмів. Джерелами сенсорів – постачальниками інформації, є:

- датчики *Server Display Room* (температура, вологість, параметри електропостачання, охолодження, відео спостереження і ін);
- управління освітленням;
- управління аудіо-відео і презентаційним обладнанням;
- управління розкладом, конфігураціями і завантаженням приміщень;
- управління кліматом;
- управління доступом;
- підвищення бізнес-продуктивності і об'єднаних комунікацій.

16 березня 2015 року корпорація *Microsoft* анонсувала хмарне рішення *Azure IoT Suite*, покликане допомогти корпоративним користувачам пристосуватися до «Інтернету речей», що набирає популярності. Рішенням є набір хмарних сервісів, інтегрованих з середовищем *Azure*, які дозволяють будь-яким компаніям запускати власні *IoT*-проекти (рис. 1.7).

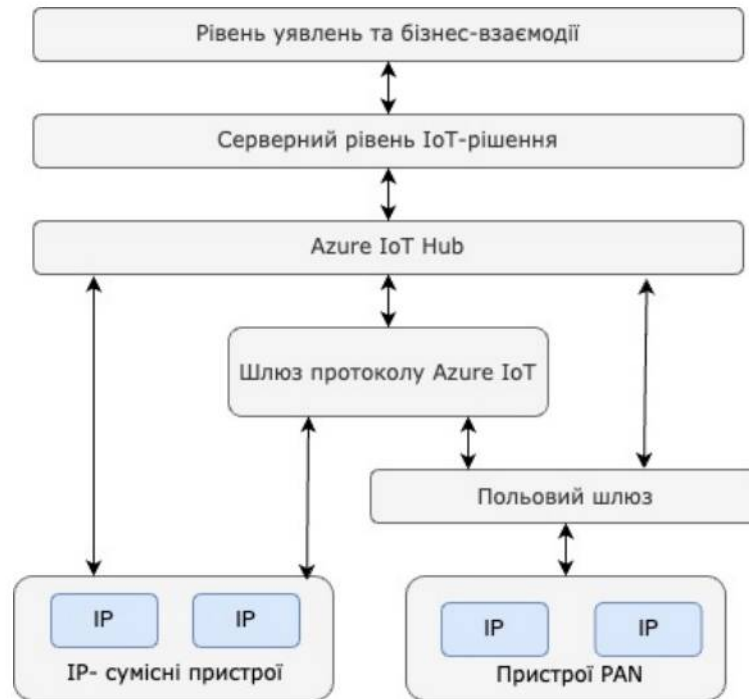


Рисунок 1.7 – Загальна архітектура продукту *Azure IoT*

Azure IoT Suite дозволяє підключити до хмари *Microsoft Azure* різні електронні вироби з мережевою функціональністю, отримувати від них дані, що підлягають управлінню, зберіганню та аналізу, які можуть бути використані для прийняття важливих бізнес-рішень і автоматизації процесів.

Набір *Microsoft Azure IoT* – це рішення корпоративного рівня, яке дозволяє швидко приступити до роботи за допомогою набору розширюваних попередньо налаштованих рішень. Ці рішення підходять для поширених сценаріїв Інтернету речей, таких як віддалений моніторинг і прогнозне (випереджальне) обслуговування.

Попередньо налаштовані рішення є повними, працюючими, комплексними рішеннями, які включають в себе наступне:

- віртуальні пристрої, необхідні для початку роботи;
- попередньо налаштовані служби *Azure*;
- консолі управління певного рішення.

Попередньо налаштовані рішення містять перевірений, готовий до роботи код, який можна налаштовувати і розширювати для реалізації певних сценаріїв *IoT*.

Основою пакету *Azure IoT Suite* є служба Центр Інтернету речей *Azure*. Ця служба надає можливості обміну повідомленнями між пристроями та хмарою, а також виступає як шлюз для хмари та інших ключових служб *IoT Suite*. Служба дозволяє отримувати повідомлення від пристроїв у реальному часі та відправляти команди на пристрої. Також служба дозволяє керувати пристроями.

Azure Stream Analytics забезпечує оперативний аналіз даних: обробка вхідних даних телеметрії, агрегування і виявлення подій. Попередньо налаштовані рішення також використовують *Stream Analytics* для обробки інформаційних повідомлень, містять, наприклад, метадані або відповіді на команди від пристроїв. Ці рішення використовують *Stream Analytics* для обробки повідомлень від пристроїв і доставки цих повідомлень іншим службам.

«Можливості зберігання даних надаються службою *Azure DocumentDB*. Для зберігання даних телеметрії і їх підготовки до аналізу попередньо налаштовані рішення використовують сховище *BLOB*-об'єктів. Ці рішення використовують *DocumentDB* для зберігання метаданих пристрої та включають можливості керування пристроями для рішень. Можливості візуалізації даних надаються веб-додатками *Microsoft Power BI*. Гнучкість *Power BI* дозволяє швидко створювати інтерактивні панелі моніторингу на основі даних з пакету *IoT Suite*» [36]. Існує платформа для роботи з пристроями «Інтернету речей» – *AWS IoT Core*. Дана керована хмарна платформа дозволяє підключеним пристроям просто і безпечно взаємодіяти з хмарними додатками і іншими пристроями.

Можливості платформи *AWS IoT Core*:

- *AWS IoT Core* підтримує роботу з мільярдами пристроїв і трильйонами повідомлень;

- платформа дозволяє легко підключати пристрої до хмари або один до одного;
- *AWS* дозволяє вибрати операційну систему, мову програмування, платформу інтернет-додатків, бази даних та інші необхідні послуги;
- за допомогою *AWS IoT Core* можна фільтрувати дані пристроїв, а також перетворювати їх;
- система зберігає останній стан пристроїв, що дозволяє в будь-який момент рахувати або поставити це стан.

AWS використовує комплексний підхід до безпеки і зміцненню інфраструктури, включаючи фізичні, операційні і програмні засоби.

AWS IoT Core дозволяє підключити пристрої *IoT* до *AWS Cloud* без необхідності виділення серверів і управління ними. *AWS IoT Core* підтримує роботу з мільярдами пристроїв та трильйонами повідомлень, дозволяючи надійно та безпечно обробляти, та надсилати ці повідомлення по адресам *AWS* і іншим пристроям. З *AWS IoT Core* програми можуть постійно відстежувати всі використовувані пристрої та взаємодіяти з ними, навіть коли ці пристрої знаходяться в автономному режимі.

«*AWS IoT Core* також спрощує роботу з такими сервісами *AWS* і *Amazon*, як *AWS Lambda*, *Amazon Kinesis*, *Amazon S3*, *Amazon SageMaker*, *Amazon DynamoDB*, *Amazon CloudWatch*, *AWS CloudTrail*, *Amazon QuickSight* і *Alexa Voice Service* (рис. 1.8). Крім того, *AWS IoT Core* дозволяє без проблем створювати програми *IoT* для збору, обробки і аналізу даних, які згенеровані підключеними пристроями, а також для виконання дій на основі цих даних без необхідності управління якою-небудь інфраструктурою» [36].

AWS IoT Core дозволяє вибрати найбільш підходящий протокол підключення для конкретного прикладу використання для підключення пристроїв *IoT* та управління ними. *AWS IoT Core* підтримує протоколи *MQTT* (черга повідомлень та телеметрична передача), *HTTPS* (протокол передачі гіпертексту з підвищеним рівнем безпеки), *MQTT* через *WSS* (*WebSockets* з підвищеним рівнем безпеки) і *LoRaWAN* (енергоефективна мережа далекого

радіусу дії, яка працює на великій відстані).

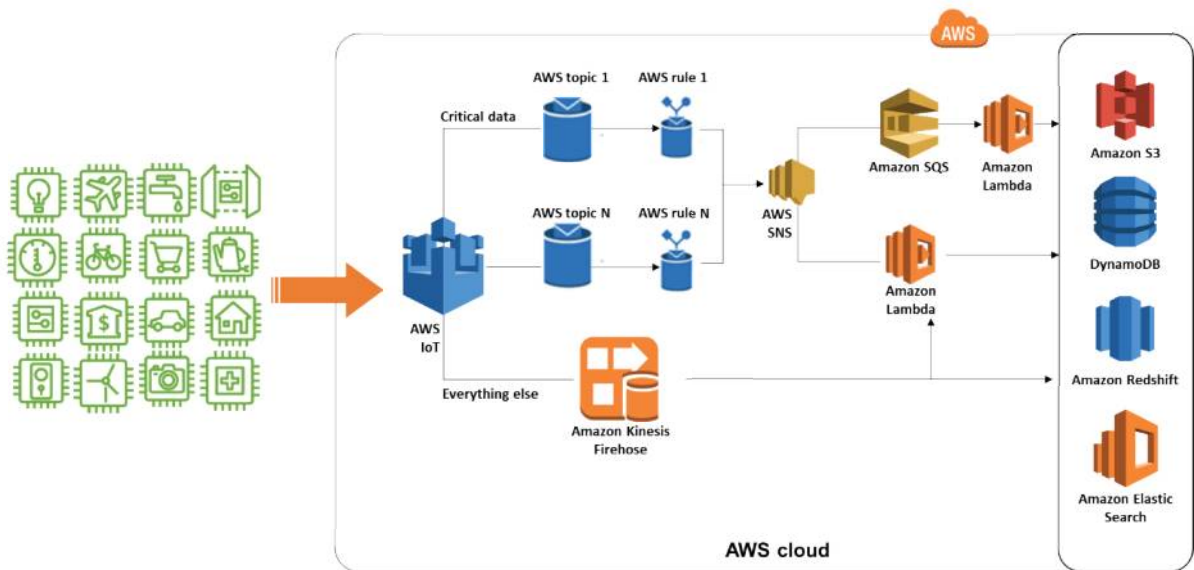


Рисунок 1.8 – Архітектура *AWS IoT Core*

Шлюз пристроїв служить точкою входу для пристроїв *IoT*, що підключаються до *AWS*. Шлюз пристроїв керує усіма активними підключеними пристроями та реалізує семантику різних протоколів, щоб забезпечити надійний і ефективний зв'язок пристроїв з *AWS IoT Core*. В даний час шлюз пристроїв підтримує протоколи *MQTT*, *WebSockets* та *HTTP 1.1*. Для пристроїв, які підключаються через *MQTT* або *WebSockets*, шлюз пристроїв підтримує довготривалі двоспрямовані з'єднання, дозволяючи цим пристроям відправляти і отримувати повідомлення в будь-який час з низькою затримкою.

Шлюз пристроїв повністю керується і автоматично масштабується для підтримки більше мільярда пристроїв без необхідності управління якою-небудь інфраструктурою. Для клієнтів, охочих здійснити міграцію даних в *AWS IoT*, шлюз пристроїв забезпечує можливості по перенесенню інфраструктур з мінімальним впливом на існуючу архітектуру і пристрої *IoT*.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ПРОЄКТУ РОЗУМНОГО ОФІСУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

2.1. Проєктування прототипу інформаційної системи «Розумний офіс»

Розумний офіс – це сучасний формат приміщення, оснащеного інтегрованими інженерними системами, інтелектуальним мультимедійним комплексом і інформаційними системами для комфортної та ефективної роботи компанії.

Інформаційна система «Розумний офіс» призначена для керування інтелектуальним приміщенням. Управління має на увазі під собою збір і аналіз показників датчиків, подальше управління і коригування пристроїв для ефективного і економічно вигідного змісту будівлі.

Система «розумного» офісу – це насамперед комфорт, безпека та економія ресурсів. Економія ресурсів грає, найбільш важливу роль в рішеннях для таких системи, так як, наприклад, енергоефективність «розумного» офісу значною мірою впливає на ефективність бізнесу в загалом.

Актуальністю системи, що розробляється, є те, що вона може бути підлаштована та ідеально впроваджена в будь-яке інтелектуальне приміщення. Система є гнучкою і надає можливість користувачеві з легкістю використовувати для управління інтелектуальним будинком.

Перевагами платформи виступають:

- автоматизація обладнання, що підвищить продуктивність компанії;
- економія витрат на утримання офісу;
- передбачення можливих проблем у технічному обладнанні, що дозволить своєчасно їх запобігти;
- створення комфортних умови для працівників.

Бізнес-цілі компанії. Необхідність створення системи проактивного

управління інтелектуальною будівлею обумовлюється можливістю керувати датчиками та системами інтелектуальної будівлі з мобільного пристрою, що означає не тільки зручність в використанні і полегшення життя користувачів, але і можливість запобігання аварійних ситуацій і економії електроенергії, водопостачання, газопостачання.

Компанія буде отримувати комерційну вигоду за рахунок отримання прибутку від попиту користування системою. Користувачі замовлятимуть використання системи «Розумний будинок» для можливості енергоефективного управління інфраструктурою офісного приміщення, для створення комфортного робочого простору, що буде впливати на ефективність бізнесу в загалом.

Цілі проекту. Розробити систему, яка буде надавати користувачам можливість управління пристроями технології Інтернету речей за допомогою заздалегідь підготовлених сценаріїв або самостійної зміни параметрів пристроїв. Наприклад, вмикати-вимикати електрику в будь-якій з кімнат або міняти її інтенсивність, засувати або розсувати жалюзі, контролювати основні показники в приміщенні і регулювати їх за допомогою автоматизованої роботи кондиціонера та опалення.

Сценарій – це сукупність заздалегідь узгоджених з користувачем запрограмованих дій, які система «Розумний офіс» виконує по команді. Наприклад, на початку робочого дня розсуваються жалюзі і вмикається освітлення в приміщенні, а також можна налаштувати сценарій на закриття вікон шторами при яскравому сонці.

Дана система повинна забезпечувати економію електроенергії за різними показниками (електроенергія, водопостачання, газопостачання – економія за рахунок усунення перетопів та введення сценаріїв управління в залежності від прогнозу зміни погодних умов).

Дана система повинна здійснювати автоматичне управління інженерним обладнанням офісу. І тут система сама приймає рішення по тих або інших діях, наприклад, підтримуючи постійною температуру в приміщенні, орієнтуючись на показники термометра. Аналогічним чином можна керувати, наприклад,

освітленням.

Очікувані результати. Компанія, купує систему «Розумний офіс», отримує необхідний пакет рішень для автоматизації своєї практичної діяльності.

Межі проєкту:

- організаційні межі замовника: розробник, інженер, тестувальник, аналітик, менеджер;
- функціональні межі: планування, розробка, дизайн, розгортання, аналіз.
- географічні межі: відсутні.

Менеджер проєкту: розподіляє обов'язки у команді, складає розклад, виявляє вимоги до системи, стежить за своєчасним виконанням завдань у групі.

Зацікавлені сторони: компанії.

Основні припущення і обмеження:

Припущення: учасники проєкту будуть виконувати вимоги і дотримуватися терміну виконання проєкту.

Припущення: замовник може міняти некритичні вимоги під час виконання проєкту.

Обмеження: збільшення вартості проєкту не більше чим на 10%.

Розроблюваний додаток повинен мати клієнт-серверну архітектуру, тому було ухвалено рішення розділити розробку на *front-end* та *back-end* розробку.

Для роботи програми необхідно забезпечення безперебійного інтернет з'єднання.

Бази даних повинні бути розгорнуті віддалено через хмару, так як розробники працюють віддалено.

Модель життєвого циклу системи «Розумний офіс».

Інформаційна система – це взаємопов'язана сукупність засобів, методів і персоналу, використовуваних для зберігання, обробки і видачі інформації для досягнення мети управління.

Інформаційна система «Розумний офіс» – це система автоматизації офісних приміщень, яка включає в себе контроль та управління світлом, опаленням, вентиляцією і кондиціонуванням, безпекою, а також спрощення

каналу взаємодії між працівниками і інженерним обладнанням.

Для успішної реалізації проєкту необхідна наявність найбільш детального і актуального плану. Якісне планування дозволяє ефективно організувати весь робочий процес, дає можливість оперативного контролю та оцінки результатів проєкту.

У ході цього проєкту було виконано декомпозицію основних завдань на дрібніші.

Були виділено наступні основні етапи:

- аналіз (аналіз предметної області, розробка концепції, формування вимог, розробка технічного завдання);
- планування (виконання планування робіт);
- виконання (побудова діаграм, створення схеми бази даних, розробка архітектури);
- завершення.

Модель життєвого циклу системи описує процес створення і супроводу систем, представляючи його як деяку послідовність стадій та виконуваних процесів.

Модель ЖЦ системи «Розумний офіс» для автоматизації керування пристроями і датчиками в офісі було побудовано і описано через надсистему, систему та підсистеми, які проходять через чотири етапи: аналіз, планування, виконання, завершення (табл. 2.1.).

На розробку інформаційної системи «Розумний офіс» буде потрібно 91 день. Водоспадна модель відображає послідовне виконання етапів діяльності (рис. 2.1).

Методологія *Scrum*. *Scrum* є гнучкою методологією управління проєктами. *Scrum* – це набір принципів, на яких будується процес розробки, що дозволяє в жорстко фіксовані та невеликі за часом ітерації, звані спринтами (*sprints*), надавати кінцевому користувачеві працююче ПЗ з новими можливостями, для яких визначено найбільший пріоритет.

Таблиця 2.1 – Життєвий цикл інформаційної системи «Розумний офіс»

	Аналіз	Планування	Виконання	Завершення
Надсистема: Офісне приміщення	Аналіз наявних і виявлення необхідних пристроїв і датчиків.	Підготовка плану і бюджету.	Розробка схеми розміщення датчиків та пристроїв. Розробка та налаштування системи під приміщення. Розміщення та налаштування датчиків та пристроїв.	Забезпечення обладнанням, створення робочих місць. Контроль процесу навчання користувачів. Моніторинг безперебійної роботи системи.
Система: ІС Розумний офіс	Аналіз предметної області. Порівняння аналогів. Формування вимог. Розробка статуту проєкту. Оцінка ризиків і витрат. Формування команди для реалізації ІС.	Планування роботи над системою. Узгодження з менеджером плану проєкту, включаючи календарний план, бюджет, план управління ризиками, план комунікацій.	Підтримка постійного зв'язку з групою. Контроль якісного виконання робіт по проєкту. Розробка архітектури системи та всієї документації.	З'єднання всіх модулів в одну працюючу систему. Впровадження системи. Тестування системи. виправлення знайдених помилок.
Підсистема: 1.База даних	Аналіз наявних технологій для створення БД. Вибір необхідною технології.	Створення схеми бази даних. Підготовка даних для БД.	Розробка БД. Внесення даних в БД. Перевірка даних.	Перевірка працездатності БД.
Підсистема: 2. Front-end	Аналіз наявних середовищ розробки та мов програмування.	Розробка дизайну системи.	Розробка інтерфейсу та його налаштування. Налаштування зв'язку інтерфейсу та функціоналу.	Тестування інтерфейсу системи.
Підсистема: 3. Back-end	Вибір необхідної програми та мови.	Аналіз вимог до функціоналу системи.	Розробка функціоналу системи. Налаштування підключення до БД. Налаштування зв'язку інтерфейсу та функціоналу.	Тестування функцій.
Підсистема: 4.Модуль збору даних	Аналіз протоколів та брокерів передачі повідомлень. Вибір брокера повідомлень та протоколів для передачі даних з пристроїв.	Розробка мережевої архітектури.	Розробка модуля збирання даних. Підключення брокера повідомлень.	Тестування модуля збору даних.

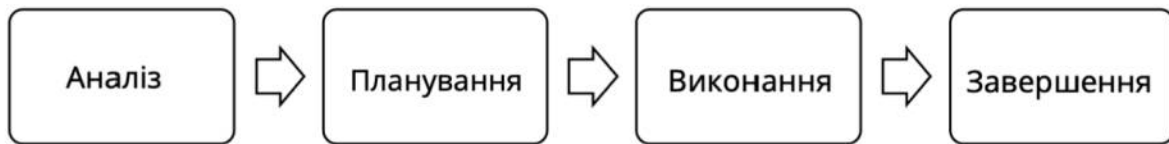


Рисунок 2.1 – Водоспадна модель

Нові можливості, над якими доведеться працювати в ході спринту, визначаються на етапі планування та не можуть змінюватись. Час спринту регламентується також на етапі планування та незмінний, що робить процес створення продукту передбачуваним та гнучким.

Завдяки цьому контроль за виконанням стає більш гнучким, а розробники швидше реагують на виникаючі проблеми. Традиційне планування відходить на другий план, його місце займає журнал спринтів.

Методологія була обрана за наступними причинами:

- можливість швидкого запуску проекту із найбільш пріоритетними функціями (допоможе виявити помилки на початкових стадіях, щоб був час їх виправити);

- часті демонстрації проекту, постійне отримання зворотнього зв'язку (дозволяє покращити якість системи, удосконалити справді необхідні функції).

Спринт №1 включає в себе збір вимог і розробку бази даних, а також основного функціоналу для мінімального життєздатного продукту (табл. 2.2). Даний спринт буде включати аналіз предметної області, формування основних вимог, розробку схеми БД, реалізація БД та її заповнення, розробка робочого коду основного функціоналу для перевірки роботи БД.

Вимоги до БД: багатофункціональність, зберігання великої кількості даних, постійне оновлення даних, сумісність з середовищем розробки *Visual Studio Code*. Базе даних буде розроблено на платформі *MSSQL* з використанням мови програмування *C#*.

Таблиця 2.2 – Спринт 1: розробка бази даних

	Аналіз	Планування	Виконання	Завершення
Надсистема: Офісне приміщення	Аналіз наявних пристроїв і датчиків.	Вивчення схем розташування датчиків. Планування впровадження датчиків і пристроїв.	Додавання нових датчиків і пристроїв. Перевірка даних на відповідність вимогам щодо пристроїв і датчиків.	БД перевірено. Всі необхідні дані присутні.
Система: ІС Розумний офіс	Виявлення вимог до даних, які необхідні для роботи з системою. Розробка технічного завдання.	Аналіз наявних даних. Визначення сутностей та їх атрибутів.	Заповнення даними. Перевірка працездатності БД.	БД спроектована та реалізована. Необхідна документація розроблена.
Підсистема: 1.БД	Створення концептуальної моделі даних. Визначення типів даних. Генерація і редагування коду для сутностей.	Планування робіт, для реалізації БД.	Розробка коду для реалізації роботи БД.	БД заповнена даними. Виправлено помилки.
Підсистема: 2.Front-end	Вибір даних необхідних для відображення користувачеві.	Планування роботи над підключенням БД.	Розробка коду для підключення до БД. Перевірка інтерфейсу на наявність відображення всіх необхідних даних.	Все правильно відображеться.

Кінцевим результатом спринту 1 буде прототип ІС.

На етапі другого спринту буде виконана розробка кінцевого інтерфейсу для інформаційної системи, далі налаштовуватимуться всі кнопки і функції (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Спринт 2: розробка інтерфейсу

	Аналіз	Планування	Виконання	Завершення
Надсистема: Офісне приміщення	Аналіз наявних пристроїв і датчиків.	Додавання нових датчиків і пристроїв.	Тестування інтерфейсу на користувачах.	Інтерфейс перевірено: зручний та інтуїтивно зрозумілий.
Система: ІС Розумний офіс	Виявлення вимог до інтерфейсу системи.	Розробка діаграм і ТЗ. Розробка верстки інтерфейсу	Перевірка інтерфейсу на відповідність вимог.	Інтерфейс спроектовано. Всі вимоги дотримані. Документацію розроблено.
Підсистема: 1.БД	Вибір підключення до інтерфейсу.	Планування роботи над підключенням до інтерфейсу.	Інтеграція БД і інтерфейсу. Перевірка інтерфейсу на наявність відображення всіх необхідних даних.	
Підсистема: 2.Front-end	Вибір технологій.	Розробка інтерфейсу. Створення прототипу.	Програмна реалізація інтерфейсу за допомогою обраних технологій	Інтерфейс реалізований, всі помилки виправлені.
Підсистема: 3.Back-end	Виявлення вимог до функціоналу системи. Вибір технологій для реалізації функціоналу.	Планування складання	З'єднання інтерфейсу і функціоналу. Перевірка коректного реагування інтерфейсу на натискання кнопки.	Зв'язок з інтерфейсом налаштований.

Після розробки кінцевого інтерфейсу необхідно буде налаштувати всі його функції та підключити датчики (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Спринт 3: реалізація модуля збору даних

	Аналіз	Планування	Виконання	Завершення
Надсистема: Офісне приміщення	Аналіз наявних пристроїв і датчиків.	Налаштування датчиків і пристроїв. Підключення до мережі.	Перевірка зв'язку датчиків і пристроїв з брокером.	Всі датчики та пристрої підключені.
Система: ІС Розумний офіс	Аналіз предметної області. Порівняння аналогів.	Розробка мережевої архітектури системи.	Тестування модуля паралельно з БД та інтерфейсом .	Збір даних з датчиків реалізовано. Йде постійна передача даних про стані пристроїв і датчиків в БД.
Підсистема: 1.БД	Аналіз наявних сутностей.	Планування роботи з БД. Аналіз даних і вибір сутностей для брокера даних.	Перевірка коректного відображення даних.	Здійснюється запис даних у БД та їх вилучення.
Підсистема: 2.Front-end	Аналіз функцій для зв'язку модуля з інтерфейсом.	Планування роботи над інтерфейс.	Інтеграція інтерфейсу з модулем збору даних.	Інтерфейс коректно відображає всі дані. Виправлено всі помилки.
Підсистема: 3.Back-end	Вибір технологій.	Планування програмною реалізації брокера передачі даних.	Програмна реалізація коду для запису даних в БД. Тестування коду.	Функціонал системи коректно працює.
Підсистема: 4.Модуль збору даних	Налаштування брокера повідомлень та протоколів.	Планування підключення брокера повідомлень до системи.	Підключення брокера повідомлень і протоколів. Тестування збору даних з пристроїв.	Дані надходять для запису в БД.

На останньому етапі буде розроблений кінцевий продукт. Буде

доопрацьовано функціонал системи, виконано повну інтеграцію БД з внутрішньою роботою системи та інтерфейсом (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Спринт 4: реалізація функціоналу

	Аналіз	Планування	Виконання	Завершення
Надсистема: Офісне приміщення	Аналіз наявних датчиків і пристроїв.	Планування тестування датчиків і пристроїв.	Тестування системи в приміщенні з реальними пристроями і датчиками	Робота з готовою системою.
Система: ІС Розумний офіс	Аналіз виконаних дій. Виявлення вимог для реалізації повного функціоналу.	Планування розробки функцій. Планування тестів для кожною функцій.	Розробка інструкції. Інтеграція всіх модулів системи. Проведення контрольного тестування системи по всім сценаріям.	Система коректно працює. Документація розроблено. Виконано повне тестування програмного коду.
Підсистема: 1.БД	Аналіз всіх наявних полів і записів з таблицю БД.		Перевірка коректної роботи БД. Інтеграція БД з функціоналом системи.	Запис отриманих даних.
Підсистема: 2.Front-end	Аналіз розробленого інтерфейсу.	Планування роботи по інтеграції інтерфейсу і функціоналу.	Перевірка коректною роботи.	Відображення даних з БД.
Підсистема: 3.Back-end	Аналіз технологій. Вибір середі розробки програмного коду.	Вивчення середі розробки. Планування роботи над функціонало м.	Перевірка управління пристроями та збору з них даних. Тестування всіх функцій системи.	Є повністю робочий функціонал системи. Виправлено всі помилки.
Підсистема: 4.Модуль збору даних	Аналіз модуля збору даних.	Планування інтеграції модуля збору даних з функціонало м.	Інтеграція модуля збору даних з функціоналом.	Збір даних з датчиків і передача в БД.

Після того, як будуть пройдені всі чотири спринти, буде отримано повністю робочий продукт, готовий для застосування.

Календарне планування проєкту. Для успішної реалізації проєкту необхідна наявність найбільш детального і актуального плану. Якісне планування дозволяє ефективно організувати весь робочий процес, дає можливість оперативного контролю і оцінки результатів проєкту.

Структуру декомпозиції використовують, щоб структурувати та ділити проєкти на легко керовані компоненти. У ході цього проєкту було виконано декомпозицію основних завдань на дрібніші. Були виділені наступні основні завдання:

Аналіз:

- зустріч з замовником і обговорення вимог;
- обговорення вимог в середині команди;
- аналіз предметної області;
- формування і документування вимог;
- складання статуту проєкту;
- оцінювання ризиків;
- оцінювання витрат.

Планування:

- складання докладного плану роботи на кожному етапі;
- складання індивідуальних планів;
- планування бюджету;
- декомпозиція завдань.

Виконання:

- побудова діаграм;
- створення схеми бази даних;
- розробка архітектури;
- побудова діаграм розгортання;
- створення БД;
- реалізація інтерфейсу;

- розробка модуля збору даних;
- розробка програмного модуля;
- реалізація безпеки;
- інтеграція блоків.

Завершення:

- розгортання програми;
- складання інструкції;
- навчання користувачів.

Для реалізації інформаційної системи «Розумний офіс» було виділено чотири основних завдання: аналіз, планування, реалізація, завершення.

План проекту є одним із ключових інструментів організації взаємодії та досягнення угод між учасниками проекту щодо складу та термінів отримання результатів. Говорячи про план проекту, зазвичай натякають на календарний план проекту – головний елемент плану проекту.

Було виконано планування проектного змісту та побудова структури декомпозиції робіт, вибудовування послідовності робіт і мережевого графіка, складання плану термінів, тривалостей, узгодження логічних зв'язків робіт.

Таблиця 2.6 – Календарне планування проекту з реалізації інформаційної системи «Розумний офіс»

Назва завдання	Тривалість	Назва ресурсу	Витрати
1	2	3	4
Розумний будинок	91 днів		973523,00 грн.
початок робіт	0 днів		0,00 грн.
1. Аналіз	14 днів		56750,00 грн.
Зустріч із замовником та обговорення вимог	1 день	Менеджер	2000,00 грн.
Обговорення вимог в середині команди	2 днів	Менеджер; Аналітик; Розробник	17500,00 грн.
Аналіз предметної області	2 днів	Менеджер; Аналітик	8000,00 грн.
Формування та документування вимог	3 днів	Менеджер; Аналітик;	17250,00 грн.
Складання Статуту проекту	2 днів	Менеджер	4000,00 грн.

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
Оцінка ризиків	2 днів	Менеджер	4000,00 грн.
Оцінка витрат	2 днів	Менеджер	4000,00 грн.
Завершення етапу аналізу	0 днів		0,00 грн.
2.Планування	14 днів		32000,00 грн.
Складання індивідуальних планів	3 днів	Менеджер	6 000,00 грн.
Планування бюджету	4 днів	Менеджер	8 000,00 грн.
Декомпозиція завдань	2 днів	Менеджер	8 000,00 грн.
3.Виконання	49 днів		512023,00 грн.
Побудова діаграм	4 днів	Аналітик	262500,00 грн.
Створення схеми бази даних	4 днів	Аналітик	15000,00 грн.
Розробка прототипу інтерфейсу	3 днів	Розробник; Аналітик	11250,00 грн.
Розробка архітектури	4 днів	Аналітик	15000,00 грн.
Побудова діаграм розгортання	5 днів	Аналітик	18750,00 грн.
Створення БД	3 днів	Розробник	9750,00 грн.
Реалізація інтерфейсу	4 днів	Розробник	27000,00 грн.
Розробка модуля збору даних	3 днів	Розробник; Інженер	40023,00 грн.
Розробка програмного модуля	5 днів	Розробник	16250,00 грн.
Реалізація безпеки	6 днів	Інженер; Розробник; Тестувальник	28500,00 грн.
Інтеграція блоків	8 днів	Інженер; Розробник; Тестувальник	68000,00 грн.
4. Завершення	14 днів		372750,00 грн.
Розгортання програми	6 днів	Датчики; Інженер; Тестувальник; Пристрої	333500,00 грн.
Складання інструкцій	3 днів	Аналітик; Розробник	21750,00 грн.
Навчання користувачів	5 днів	Менеджер	17 500,00 грн.

Табл. 2.6 відображає деталізований план для реалізації системи «Розумний офіс», тривалість проєкту 91 день.

Ресурсне планування проекту. Ресурси:

- команда, що складається з п'яти осіб: менеджер, аналітик, розробник, тестувальник, інженер;
- робочі комп'ютери: кожен член команди забезпечений власним робочим місцем;
- програмне забезпечення для розробки документації, програмного коду і керування проектом.

Було створено таблицю ресурсів, у якій міститься вся необхідна інформація про їх кількість та вартість (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Ресурси проекту

Назва ресурсу	Тип	Стандартна ставка
Менеджер	трудовий	250,00 грн./год.
Розробник	трудовий	220,00 грн./год.
Тестувальний	трудовий	180,00 грн./год.
Аналітик	трудовий	250,00 грн./год.
Інженер	трудовий	200,00 грн./год.
Датчики	матеріальний	10000 грн.
Пристрої	матеріальний	20000 грн.
Wi-Fi точка доступу	матеріальний	10500 грн.
Комутатор	матеріальний	5500 грн.
Microsoft Visual Studio Code	матеріальний	Free
Microsoft SQL Server	матеріальний	200000 грн.
Маркетинг	матеріальний	250000 грн.
Роботи та послуги зовнішніх виконавців	матеріальний	25000 грн.

Після заповнення листа ресурсів, було виконано призначення ресурсів окремим видам робіт.

Таблиця 2.8 включає в себе інформацію про трудовитрати на кожного працівника команди.

Ризики проекту. Рішення про реалізацію інноваційного проекту має прийматися з врахуванням безлічі характеристик. Частина їх враховує економічні, екологічні та соціальні наслідки реалізації проекту. Інша частина бере до уваги різноманітні ризики, пов'язані із здійсненням проекту, та фактори невизначеності.

Таблиця 2.8 – Календарне планування проекту з реалізації інформаційної системи «Розумний офіс»

Назва	Початок	Закінчення	Трудовитрати
Менеджер	Ср 01.11.23	Ср 06.03.24	216 годин
Розробник	Пн 08.01.24	Сб 17.02.24	208 годин
Тестувальник	Пн 29.01.24	Нд 25.02.24	160 годин
Аналітик	Ср 08.11.23	Ср 28.02.24	256 годин
Інженер	Ср 17.01.24	Нд 25.02.24	184 годин

Стрімке зростання ринку Інтернету речей призвело до того, що виробники найчастіше думають, що це дуже дорога технологія, одним з основних факторів ризику служить велика ймовірність, що витрати на реалізацію системи можуть не окупитись.

Було виявлено список наявних ризиків, пов'язаних із компетенціями, зовнішніми умовами та роботою системи (табл. 2.9).

Таблиця 2.9 – Ризики проекту

№	Тип ризику	Найменування ризику	Опис
1	Внутрішній	Тимчасові ресурси	Через неправильну організацію робіт не вистачить часу на виконання всіх робіт
2	Зовнішній	Система не буде затребувана	Люди не оцінять можливості системи і не будуть нею користуватися
3	Внутрішній	У групі буде неправильний розподіл обов'язків	При виконанні завдань людиною, яка в них некомпетентна, виникають помилки і з'являються зайві тимчасові витрати
4	Внутрішній	Не всі завдання будуть враховані в плані	Частина функціоналу може бути не виконано
5	Зовнішній	Конкуренція	На ринку може з'явитися схожа система, яка буде значно дешевша, що знизить попит
6	Внутрішній	Нераціональний розподіл фінансів	Через надмірну витрату на непотрібне, не вистачить фінансів на необхідне обладнання або ПЗ
7	Зовнішній	Недостатньо сформовані канали продажів	Погано складений маркетинговий план привабить мало клієнтів

Після визначення списку можливих ризиків було виконано аналіз та пріоритезація ризиків. Для цього було розроблено шкалу загрози ризиків (табл. 2.10).

Таблиця 2.10 – Шкала загроз ризиків

Оцінка	Грошове вираження
1	до 1000 грн.
2	1000 – 10 000 грн.
3	10 000 – 50 000 грн.
4	50 000 – 100 000 грн.
5	100 000 – 200 000 грн.

Далі для кожного ризику було визначено пріоритет, наслідок, ймовірність настання даного ризику, його загроза для проєкту (табл. 2.11).

Таблиця 2.11 – Таблиця ризиків при використанні двопараметричної оцінки

Пріоритет	Причина	Наслідок	Ймовірність	Загроза	Очікувана величина
1	Система не буде затребувана	Не окупляться витрати	50%	5	2,5
2	Нераціональний розподіл фінансів	Перевищення бюджету	65%	4	2,4
3	Конкуренція	Не окупляться вкладення	35%	5	1,75
4	Недостатньо сформовані канали продажів	Поганий попит на систему	20%	4	0,8
5	Тимчасові ресурси	Учасникам доведеться поєднувати ролі	70%	3	2,1
6	У групі буде неправильне розподіл обов'язків	Учасникам доведеться поєднувати ролі	15%	2	0,3
7	Не всі завдання будуть враховані в плані	Перевищення часу проєкту	60%	1	0,6

Для того, щоб уникнути даних ризиків, необхідно виділити ряд заходів:

- детально опрацювати бізнес план;
- докладно описувати всі завдання на кожному етапі реалізації;
- виділяти запасний час на кожному етапі;
- користуватися консультаціями спеціалістів;
- чітко контролювати всі етапи виконання проекту.

2.2 Проектування цифрової архітектури підприємства

Управління інженерними мережами «розумного» офісу за допомогою технологій Інтернету речей дасть значну економію на оплаті рахунків за електроенергію, підвищивши таким чином енергоефективність розумного офісу. Компанія буде отримувати прибуток від впровадження інформаційної системи «Розумний офіс» в офісні приміщення.

Місія підприємства – реалізація таких проєктів на основі технологій Інтернету речей, які будуть забезпечувати енергоефективність і комфорт для споживачів. Основний сегмент обраного ринку – компанії, з великою кількістю офісних працівників та складною інфраструктурою офісів.

Основні цілі підприємства:

- реалізувати систему «Розумний офіс»;
- залучити клієнтів.

Для досягнення поставлених цілей необхідне виконання наступних завдань:

- розробити і узгодити бізнес план;
- набрати команду для реалізації інформаційної системи;
- виконати розробку інформаційної системи;
- провести рекламну кампанію інформаційної системи «Розумний офіс» для приваблення клієнтів.

Місія і основні стратегічні цілі підприємства представлені на рис. 2.6.

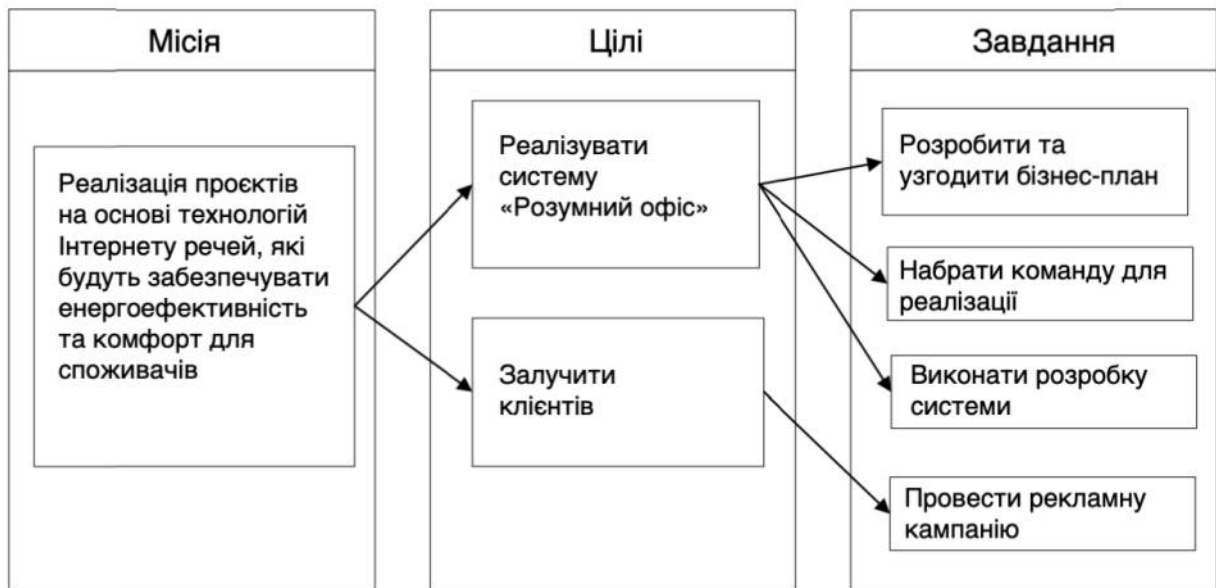


Рисунок 2.6 – Місія, цілі і завдання

Стратегія – це генеральний план дій, який визначає довгостроковий напрямок розвитку організації, що стосується сфери, коштів і форм її діяльності, системи взаємин всередині компанії, а також її позиції в навколишньому середовищі, що забезпечує досягнення цілей організації, та виконання її місії.

Для постійного розвитку підприємства, необхідно зайнятися виявленням стратегічних цілей та завдань на найближчий час. До 2024 року компанія-замовник сформуvala наступні стратегічні цілі:

- сформувати клієнтську базу в місті Запоріжжя;
- окупити витрати на розробку;
- отримати позитивний фінансовий результат.

На рис. 2.7. представлені стратегічні цілі і необхідні завдання підприємства на 2024 рік.

Модель бізнес-стратегії, представлена на рис.2.8, відображає фактори успіху та стратегічні вимоги, необхідні для досягнення поставленої мети.

Чинниками успіху для компанії, яка займається реалізацією інформаційної системи «Розумний офіс» є:

- стабільна робота інформаційної системи;
- гнучкість системи під потреби кожного клієнта;

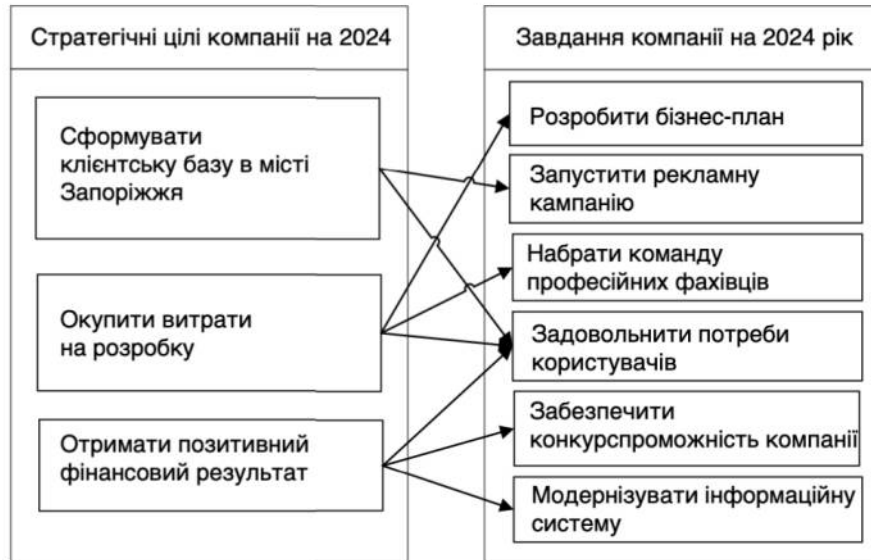


Рисунок 2.7 – Стратегія і завдання компанії на 2024 рік



Рисунок 2.8 – Бізнес-стратегії на 2024 рік

- кваліфікований персонал;
- грамотний маркетинговий план;
- стабільне фінансове становище компанії;
- своєчасне виконання замовлень.

Ключовими показниками ефективної діяльності компанії які відображають

досягнення поставлених цілей, є:

- нові клієнти;
- отримання прибутку;
- популярність продуктів компанії.

Далі представлена передбачувана організаційна структура компанії (рис. 2.9), яка пояснює, як організація збудована і як вона працює, також представлена матриця розподілу (табл. 2.12).

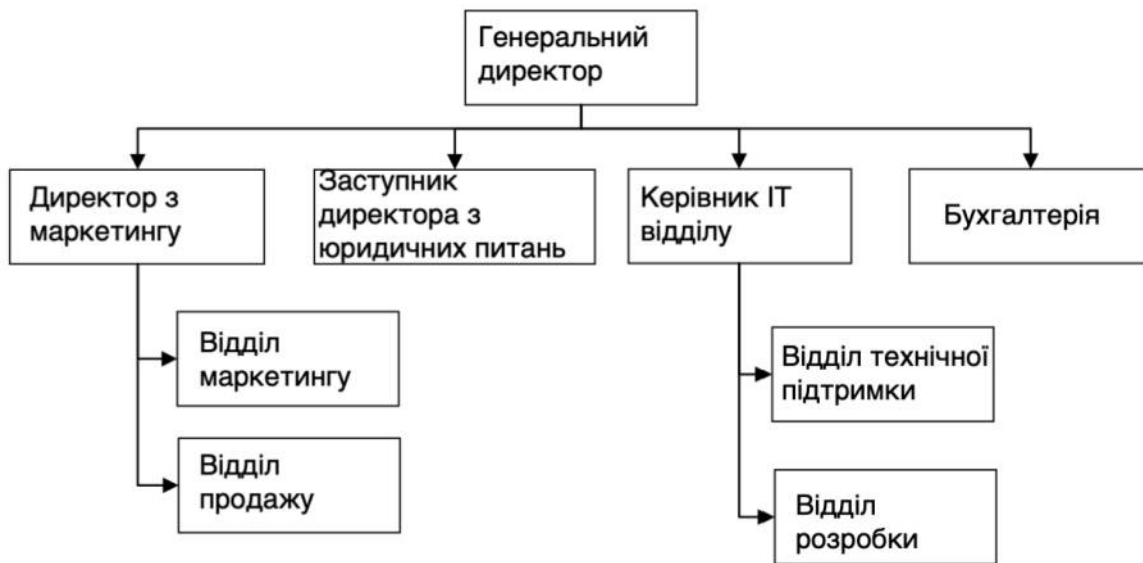


Рисунок 2.9 – Організаційна структура компанії

Бізнес процес – це сукупність взаємопов'язаних заходів або робіт, спрямованих на створення певного продукту чи послуги для споживачів.

Управлінська концепція *BPM* розглядає бізнес-процеси як важливі ресурси підприємства, і передбачає управління ними як одну з ключових організаційних систем.

Бізнес процеси, здійснювані компанією, слід об'єднати в сукупність наступних основних напрямків, кожен з яких відповідає за виконання окремої бізнес-функції.

Таблиця 2.12 – Матриця розподілу

Процес	Опис	Генеральний директор	Директор з маркетингу	Керівник ІТ відділу	Бухгалтерія
Управління	Довгострокове планування	+++	-	-	-
Документування	Реєстрація, облік, розсилання, забезпечення доступності інформації	+++	-	+++	-
Управління фінансами	Облік оплати, нарахування виплат та податків	+++	-	-	+++
Маркетинг	Просування інформаційно-аналітичного центру	+++	+++	-	+++
Розробка продуктів	Реалізація системи, супровід і модернізація	-	-	+++	-
Планування	Створення бізнес-плану, розподіл навантаження	+++	-	+++	-
Облік матеріальних активів	Облік матеріальних активів	+++	-	-	-

На підприємстві виділено три бізнес-процеси (рис. 2.10):

- процеси управління;
- основні процеси функціонування підприємства, вони спрямовані на надання товарів або послуг, які є кращими об'єктами компанії та відповідають за отримання прибутку;

- процеси забезпечення підприємства.

Процеси управління діляться на:

- фінансове керування;
- планування;
- маркетинг;
- контроль.



Рисунок 2.10 – Бізнес процеси

Основні процеси підприємства діляться на:

- супровід системи;
- проведення транзакцій;
- навчання замовників;
- обробка замовлень;
- модернізація системи.

Процеси забезпечення діяльності підприємства діляться на:

- управління якістю;
- управління документацією;
- технічний супровід;
- юридичний супровід.

Виходячи з описаних вище бізнес-процесів, можна виділити основні бізнес-функції (рис. 2.11):

- управління діяльністю компанії;
- виконання робіт і надання послуг;
- забезпечення функціонування процесів підприємства.

На рис. 2.12 визначено зв'язок між стратегією розвитку підприємства і

існуючими бізнес-процесами.

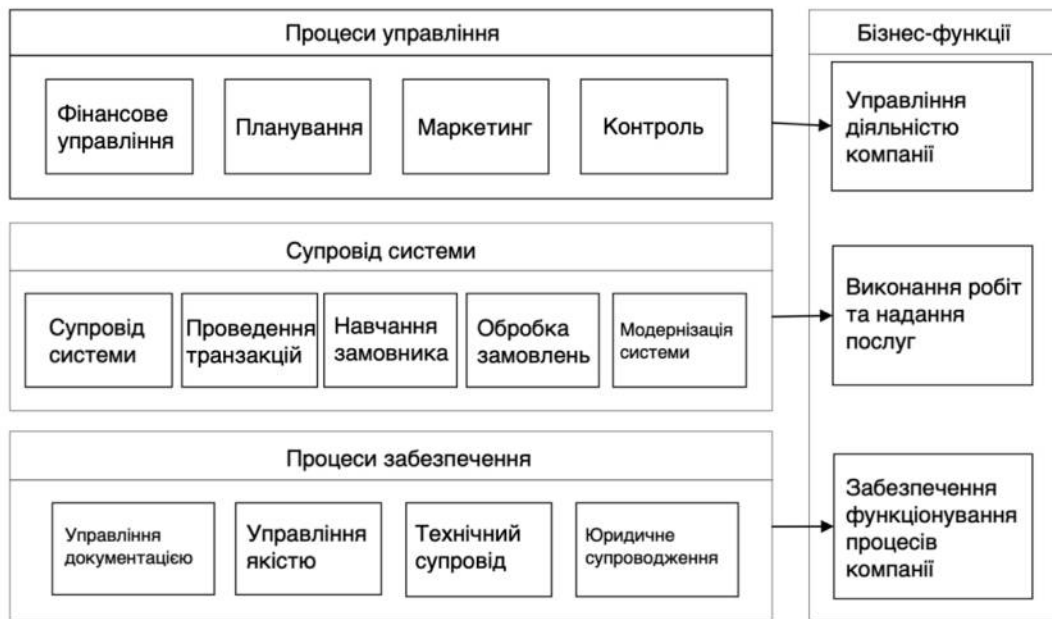


Рисунок 2.11 – Зв'язок бізнес-процесів і бізнес-функції

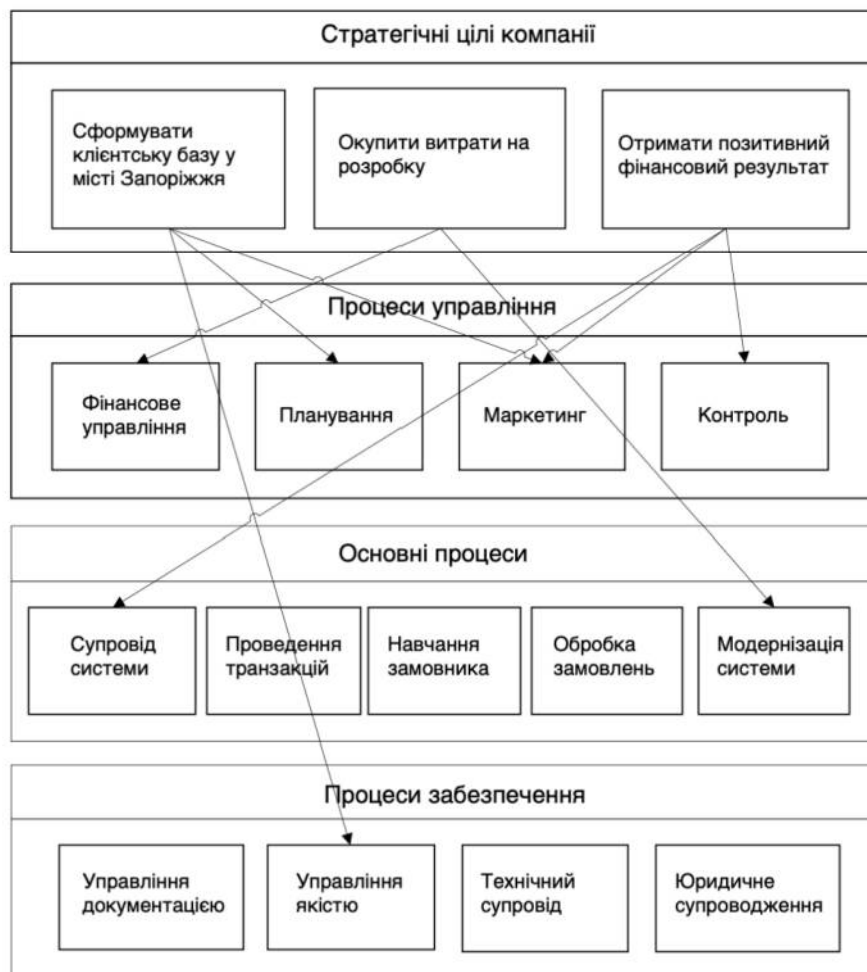


Рисунок 2.12 – Зв'язок стратегічних цілей і бізнес-процесів

На рис. 2.13 зображена схема зв'язків бізнес-процесів і додатків, які використовуються в діяльності компанії.

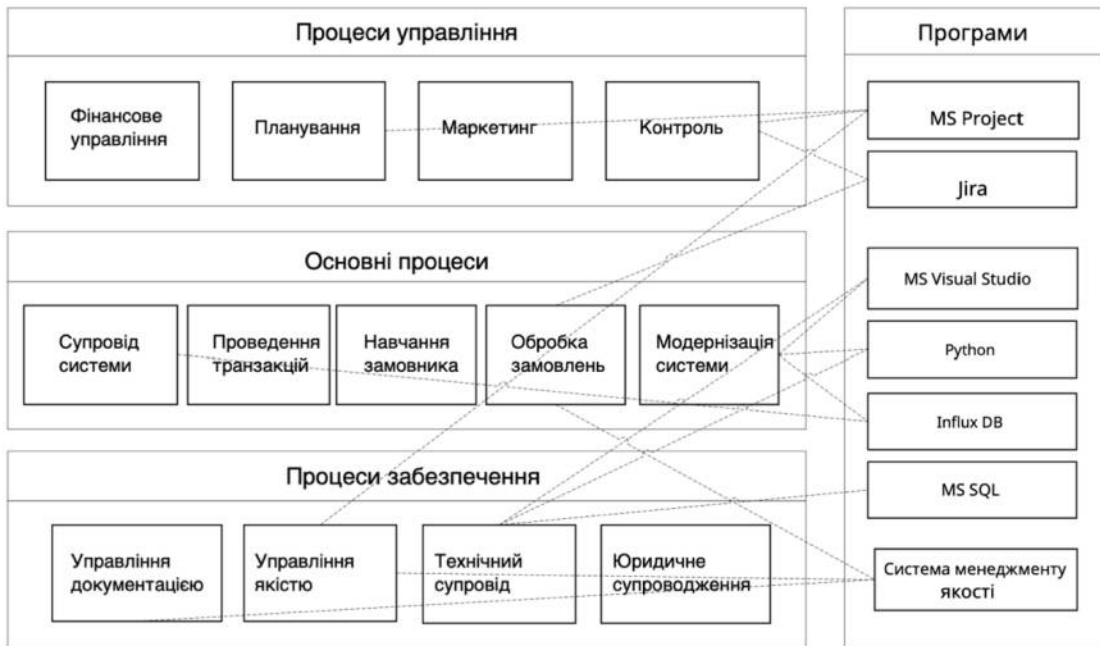


Рисунок 2.13 – Зв'язок бізнес-процесів і додатків

На рис. 2.14 відображені основні функції підсистем.

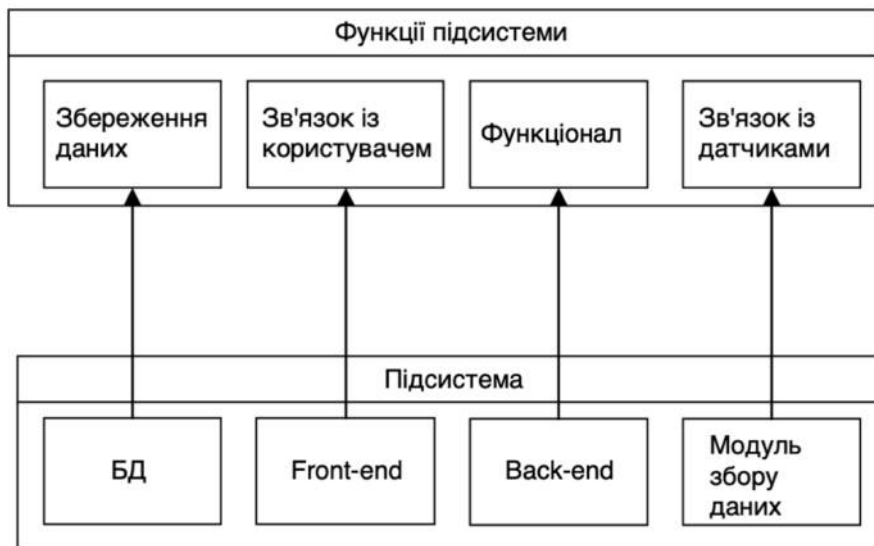


Рисунок 2.14 – Функції підсистем

На етапі реалізації відбувається остаточна збірка програми інформаційної системи, відбувається розгортання ІТ-інфраструктури: створюється сайт компанії, на якому розміщено інформацію про систему, її можливості і

інформація про саму компанію, адреса, способи зв'язку. В доповнення далі представлена схема серверної архітектури платформи (рис. 2.15).

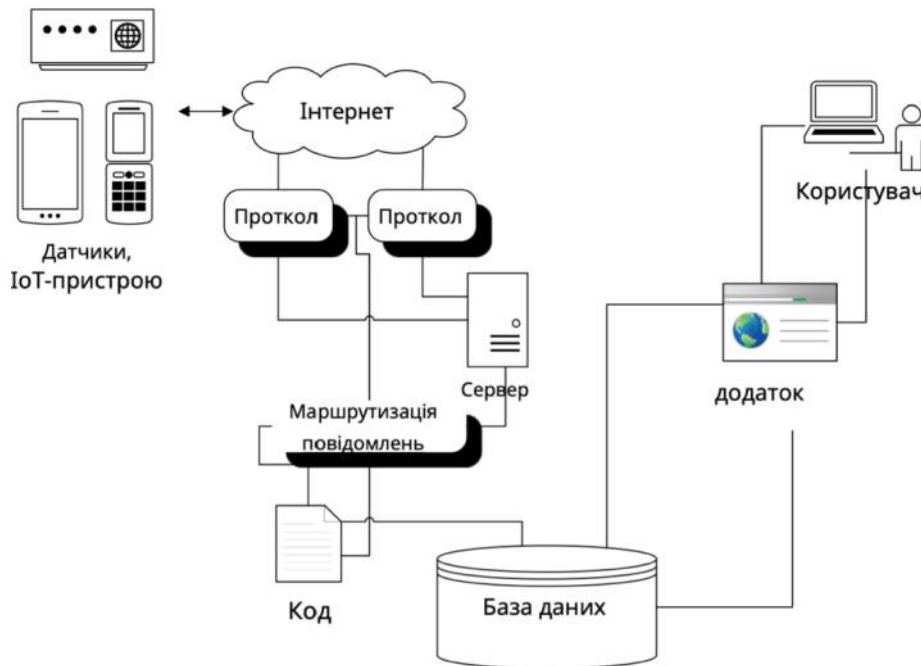


Рисунок 2.15 – Архітектура системи

ІТ-інфраструктура – це комплекс взаємопов'язаних інформаційних систем та сервісів, що забезпечують функціонування та розвиток засобів інформаційної взаємодії підприємства.

На етапі завершення відбувається розгортання та налаштування системи для кінцевих користувачів. Налаштування прав і рівнів доступу користувачів та дослідна експлуатація.

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОТОТИПУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ ОФІС»

3.1 Вимоги до архітектури інформаційної системи «Розумний офіс»

На основі досліджених джерел, було прийнято рішення визначити варіанти використання системи на трьох рівнях: фізичний об'єкт, цифровий рівень, інтерфейс.

На фізичному рівні система повинна враховувати енергію, споживану обладнанням, датчики повинні забезпечувати вимір фізичних параметрів навколишнього середовища (температура, вологість повітря), перетворювати ці вимірювання в дані і відправляти в систему.

Цифровий рівень повинен забезпечувати аналіз даних, пошук шаблонів в великих обсягах інформації, прогнозувати поведінку системи, планування математичних експериментів, формування рекомендацій по енергоспоживанню, складання звітів. На даному рівні здійснюється управління даними: зберігання, обробка, зміна, оновлення, видалення, забезпечення доступу до даних, проведення обліку аварій та збоїв в роботі системи.

На рівні інтерфейсу повинна забезпечуватись взаємодія користувачів з системою, в том числі співробітники офісу повинні мати можливість через інтерфейс досліджувати стан системи.

Інформаційна система «Розумний офіс» буде мати змішаний архітектурний стиль, що включає в себе клієнтську частину, серверну частину, веб-сервер, сервер програми і сервер баз даних (рис. 3.1).

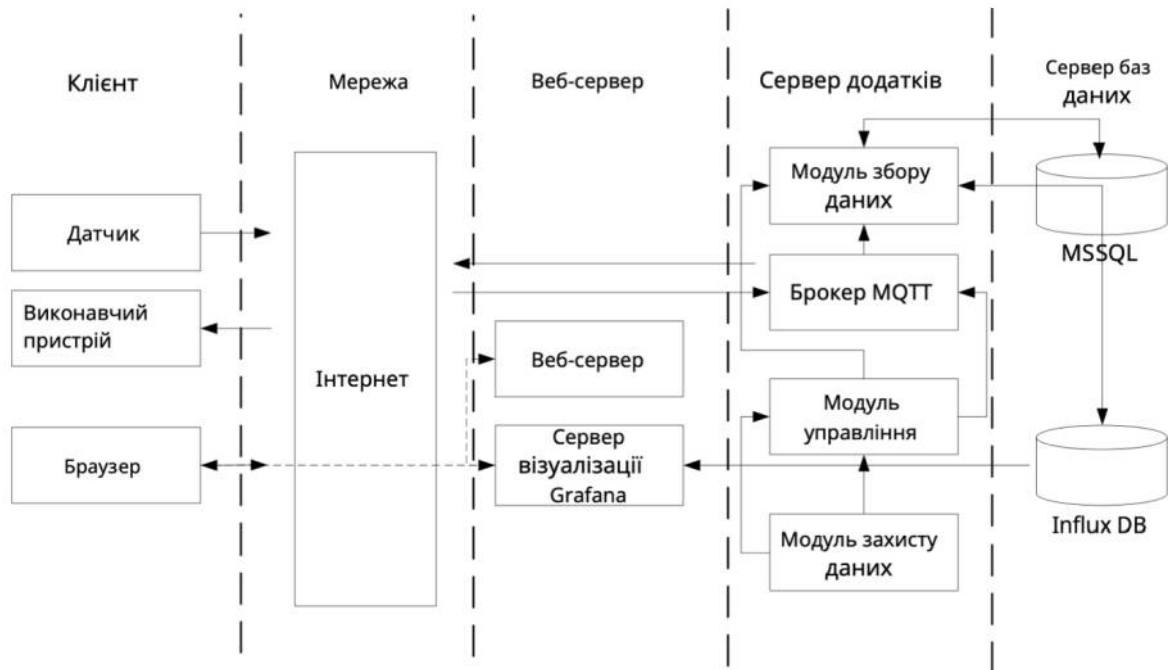


Рисунок 3.1 – Системна архітектура ІС «Розумний офіс»

На боці клієнта здійснюється взаємодія співробітників офісу з системою через мобільний додаток або web-додаток у браузері, в том числі візуалізація даних і статистики в реальному часу. На цьому ж рівні відбувається збір параметрів з датчиків і управління пристроями, наприклад, увімкнення вентиляції.

Web-додаток отримує від клієнта запити на ресурси і надає доступ до необхідних даних.

Рівень сервера додатків реалізує управління, збирання та обробку даних для подальшої передачі її на рівень клієнта або запису на рівні даних. Взаємодія і обмін повідомленнями між *IoT* пристроями будівлі реалізується з допомогою брокера запитів – *MQTT Mosquitto*.

Модуль збору даних необхідний для отримання даних з різних джерел, їх обробки, реєстрації та перенаправлення.

Підключення до баз даних забезпечується рівнем даних, містить *MSSQL Server*, БД часових рядів (*Time Series Data Base – Influx DB*). Модуль збору даних повинен здійснювати збір і передачу параметрів з контролерів в таблицю в *InfluxDB*, в яку будуть складати під правильними назвами фактичні значення

з контролерів і відповідні їм властивості, що зберігаються в іншій БД. Структура датчиків і контролерів з їх характеристиками зберігається в БД *Microsoft SQL, MSSQL* буде отримувати дані про датчики, контролери і пристрої.

Функціональні вимоги до програмного забезпечення – це сукупність тверджень, які характеризують поведінку системи.

Було виявлено наступні функціональні вимоги:

- забезпечення зв'язку всіх комунікацій в офісному приміщенні;
- моніторинг і аналіз показників умов приміщення;
- забезпечення віддаленого управління пристроями в приміщенні;
- реалізація функції управління кліматом, освітленням та електроприладами;
- реалізація збору даних з пристроїв і датчиків;
- забезпечення офісу безпекою і контролем доступу;
- реалізація функції звітів.

На відміну від функціональних вимог нефункціональні визначають характер поведінки системи, в том числі бізнес-правила, системні вимоги і обмеження.

Нефункціональні вимоги:

- система повинна бути реалізована мовою *C#* в середовищі *Visual Studio Code*;
- пристрої повинні підключатися до мережі *Wi-Fi*;
- база даних з характеристиками і назвами датчиків повинна бути реалізована за допомогою *MS SQL Server*;
- база даних для запису параметрів повинна бути реалізована за допомогою СУБД *InfluxDB*;
- збір даних з датчиків повинен бути здійснений за допомогою MQTT брокер;
- візуалізація даних повинна бути реалізована за допомогою сервісу Графана.

На рис. 3.2 відображена мережева архітектура взаємодії компонентів, необхідних при реалізації системи на основі застосування технології Інтернет речей.

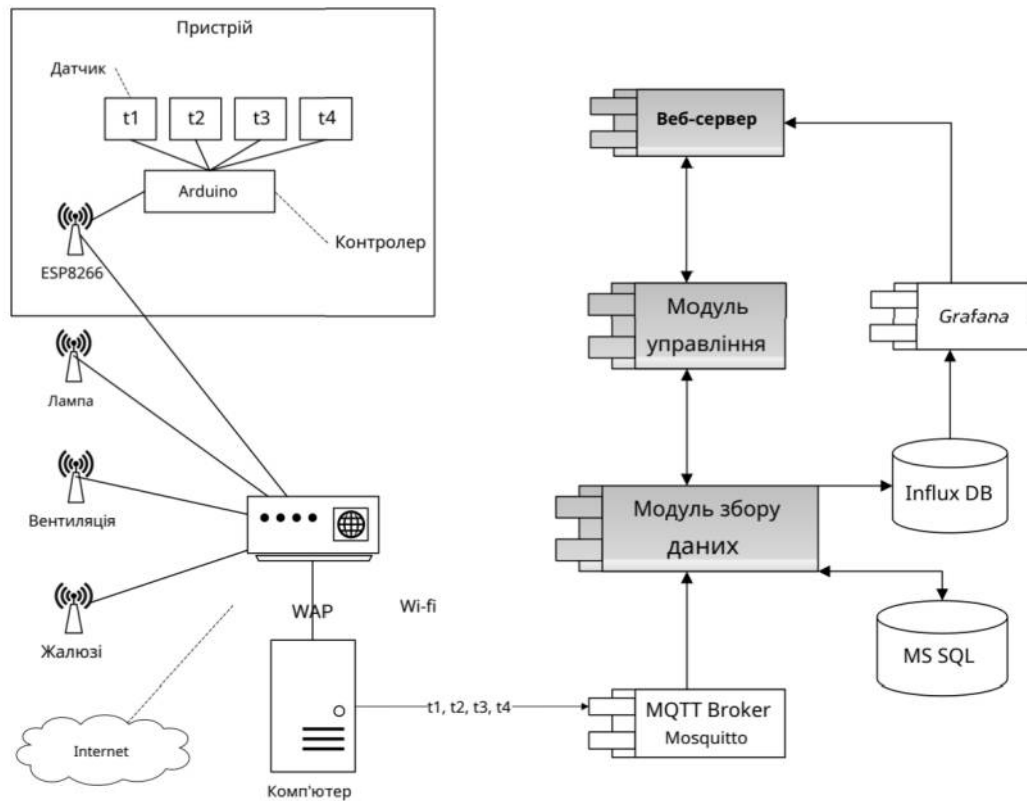


Рисунок 3.2 – Мережева архітектура ІС «Розумний офіс»

Є чотири датчики температури типу *read-only* (тільки читання), які підключаються до контролеру *Arduino* і передають на нього свої значення. Разом датчики і контролер утворюють пристрій термометр. Також є актуатори – пристрої управління, наприклад, це – лампа, жалюзі та веб-камера, при підключенні до спільної мережі *Internet* вони отримують свою IP-адресу.

Всі контролери підключені до *Wi-Fi*, який в свою чергу підключається до комп'ютера, на якому буде реалізований модуль збору даних. Цей комп'ютер підключено до сервера, на якому встановлено брокер *MQTT Mosquitto*, модуль збору даних та модуль управління, крім цього є такі інструменти як *InfluxDB* та Графана.

Далі необхідно розробити схему бази даних в *MS SQL Server*. Для

реалізації моделі даних використано технологію *.Net Entity Framework* (рис. 3.3). Модель *EDM* визначає концептуальну модель бази даних.

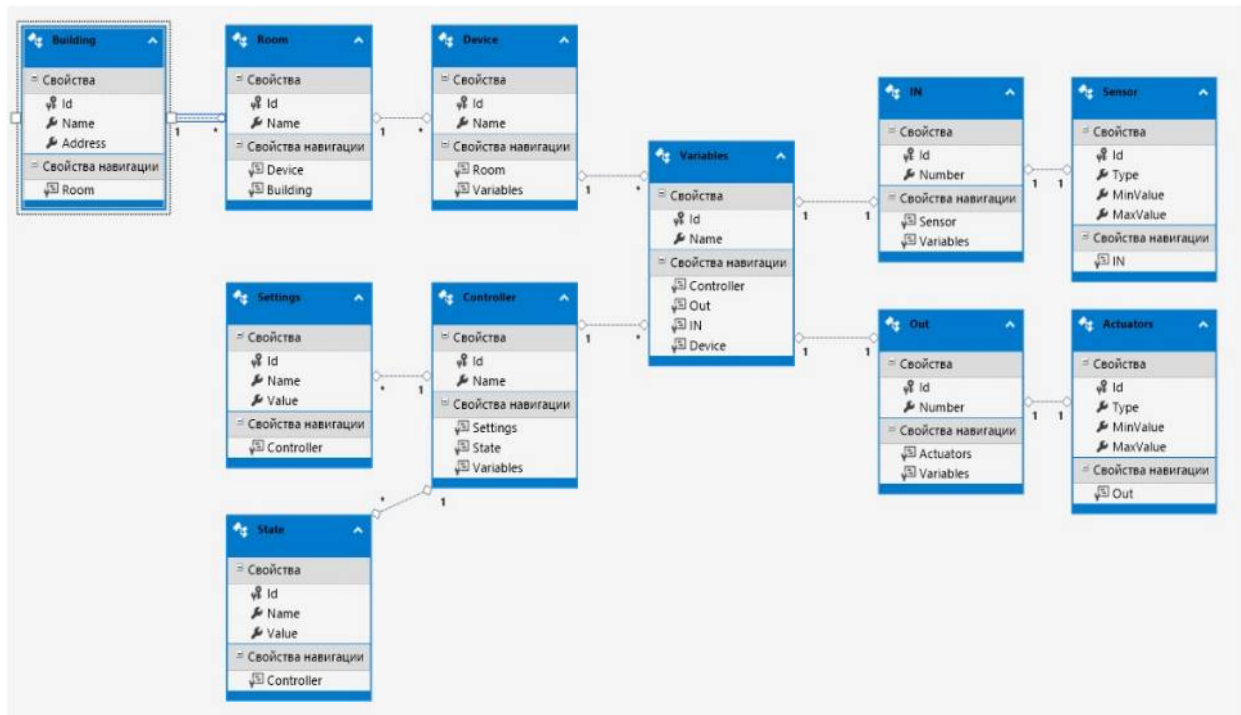


Рисунок 3.3 – Модель EDM

Є будинок, в ньому знаходяться приміщення, в яких є пристрої реального світу з підключеними до них контролерами. Контролери мають свої налаштування, стан (включено, вимкнений, вочікуванні, збій роботи) і змінні (температура, вологість). Змінні можуть бути двох типів, вхідні (*in*) і вихідні (*out*). Вхідні змінні зберігають вимірювання, що надходять з датчика, а вихідні змінні вирушають на контролер для змін параметрів пристроїв, наприклад, налаштування певної температури опалення.

У базі даних *MSSQL* повинна зберігатися інформація:

- про будівлі: код будівлі, назва, адреса;
- про приміщення: код приміщення, назва;
- про пристрої: код пристрою, назва;
- про контролер: код контролера, назва;
- про налаштуваннях контролера: код налаштування, назва, значення;
- про стан контролера: код стану, назва, значення;

- про змінні контролера: код змінної, назва;
- про вхідні змінні: код змінної, номер;
- про датчик: код датчика, тип, мінімальне значення, максимальне значення;
- про вихідні змінні: код змінної, номер;
- про актуатори: код актуатора, тип, мінімальне значення, максимальне значення.

3.2 Розробка архітектури інформаційної системи «Розумний офіс»

Діаграма прецедентів, представлена на рис. 3.4, описує ситуації, коли головний користувач, датчик, контролер та MQTT брокер взаємодіють один з одним.

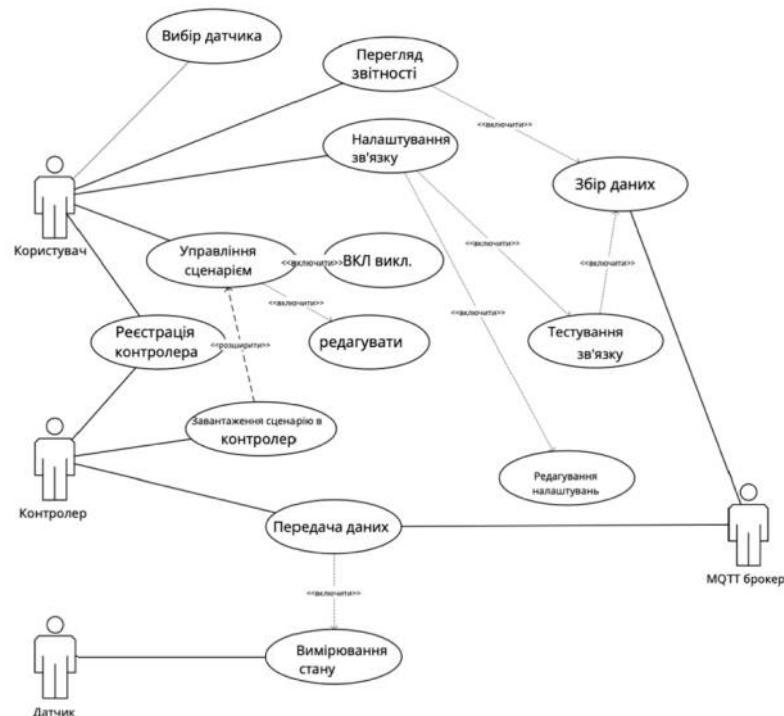


Рисунок 3.4 – Діаграма прецедентів

Прецеденти «Передача даних» і «Збір даних», а також весь процес роботи

модуля представлені на рис. 3.5. Спочатку модуль збору даних підписується на розсилку з *MQTT* брокера, який відправляє параметри, зібрані з датчиків через контролери. Далі модуль збору даних перевіряє базу даних *MSSQL* на наявність інформації про вибраний користувачем датчик і записує дані в перетвореному вигляді в *InfluxDB*.

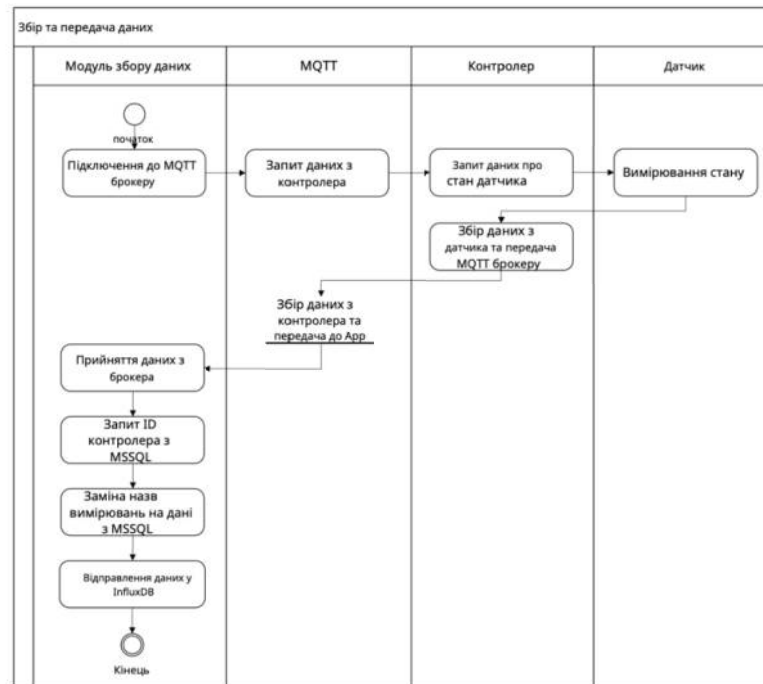


Рисунок 3.5 – Діаграма активностей

Для опису послідовності дій кожного прецеденту було побудовано діаграму послідовностей. На даній діаграмі показано життєвий цикл будь-якого певного об'єкта на єдиній часовій осі і взаємодія акторів в рамках будь-якого певного прецеденту.

Рисунок 3.6 містить опис сценарію взаємодії модуля збору та передачі параметрів з усіма підключеними до нього компонентами.

Користувачеві необхідно вибрати будинок, приміщення, пристрій, контролер та змінні, за якими необхідно переглянути показники. Дана інформація надходить в модуль з БД *MS SQL*. Далі модуль підписується на *MQTT* брокер, який збирає з контролера параметри.

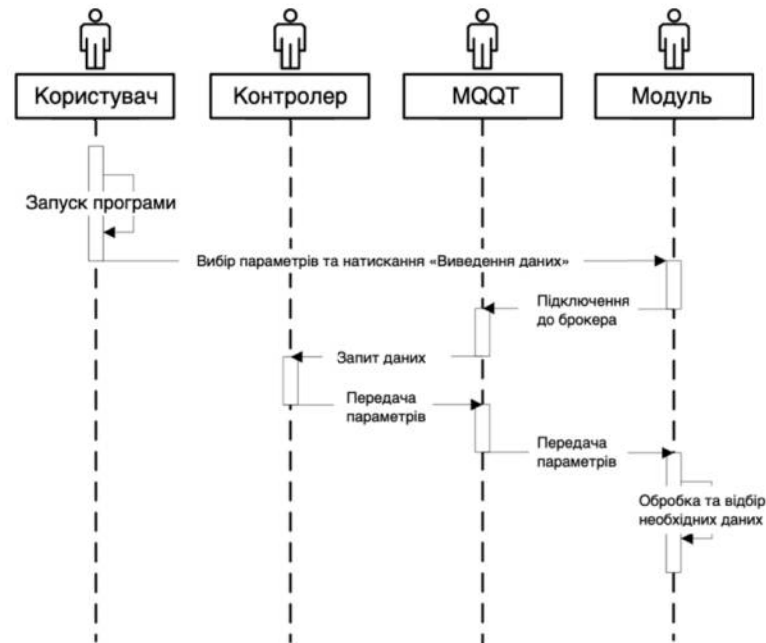


Рисунок 3.6 – Діаграма послідовностей

MQTT брокер відправляє дані до модуля збору даних, де йде відбір даних за обраними користувачем показникам. Після цього модуль записує всі дані в таблицю в *InfluxDB*.

Діаграма класів (рис. 3.7) визначає типи класів системи і різноманітні статичні зв'язки, які існують між ними. На діаграмах класів зображуються також атрибути класів, операції класів і обмеження, які накладаються на зв'язок між класами.

Клас «Будівля»: клас, що містить інформацію про будинок. Атрибути: особистий номер (*int*), назва (*string*), адреса (*string*).

Клас «Приміщення»: клас, що містить інформацію про приміщення. Атрибути: особистий номер (*int*), назва (*string*).

Клас «Пристрій»: клас, який включає інформацію про пристрій. Атрибути: особистий номер (*int*), назва (*string*).

Клас «Контролер»: клас, що включає інформацію про контролер. Атрибути: особистий номер (*int*), назва (*string*).

Клас «Налаштування»: клас, що включає інформацію про налаштування контролера.

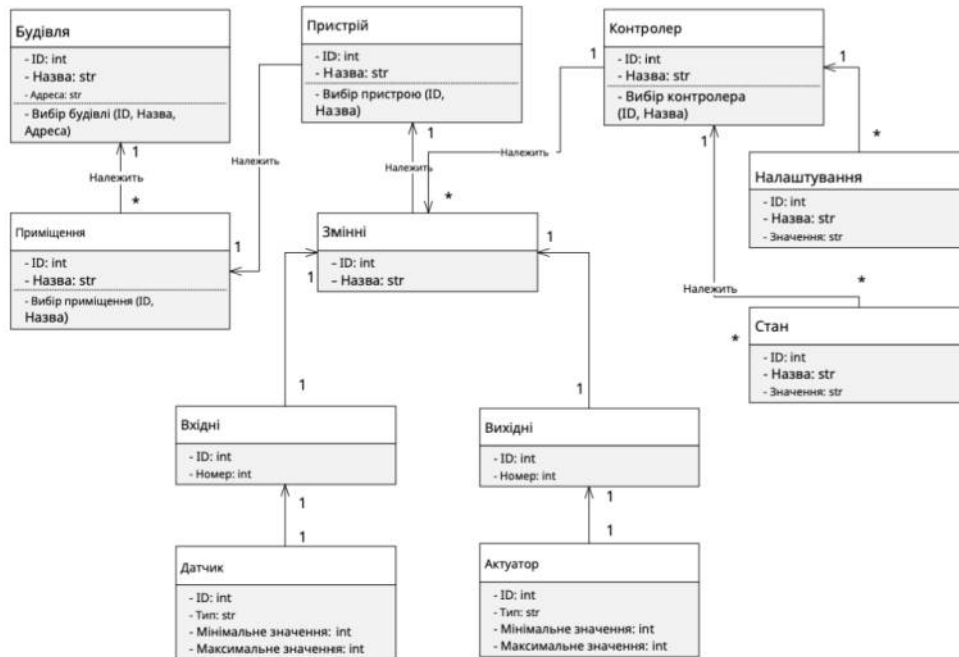


Рисунок 3.7 – Діаграма класів

Атрибути: особистий номер (*int*), назва (*string*), значення (*string*).

Клас «Стан»: клас, що включає інформацію про стани контролера.

Атрибути: особистий номер (*int*), назва (*string*), значення (*string*).

Клас «Змінні»: клас, що включає інформацію про змінні з контролера.

Атрибути: особистий номер (*int*), назва (*string*), значення (*string*).

Клас «Вхідні змінні»: клас, що включає інформацію про вхідні змінні контролера. Атрибути: особистий номер (*int*), номер (*int*).

Клас Датчик: клас, що включає інформацію про датчик. Атрибути: особистий номер (*int*), тип (*string*), максимальне значення (*int*), мінімальне значення (*int*).

Клас «Вихідні змінні»: клас, що включає інформацію про вихідні змінні контролера. Атрибути: особистий номер (*int*), номер (*int*).

Клас «Актуатор»: клас, що включає інформацію про актуатор. Атрибути: особистий номер (*int*), тип (*string*), максимальне значення (*int*), мінімальне значення (*int*).

У побудованій діаграмі класів відображається статична модель бази даних менеджера сценаріїв з точки зору її проектування.

Діаграма компонентів на рис. 3.8 відображає розбиття програмної системи на структурні компоненти та зв'язки між ними.

Ця діаграма відображає процес взаємодії компонентів системи, необхідних для роботи модуля збору і передачі параметрів. Дані з датчика, який вимірює температуру повітря, вирушають на контролер *Arduino*, далі потрапляють у *MQTT* брокер, який представляє їх за допомогою розширення для браузера *MQTT Lens*. Дані з датчика, який вимірює температуру повітря, вирушають на контролер *Arduino*, далі потрапляють у *MQTT* брокер, який представляє їх за допомогою розширення для браузера *MQTT Lens*. Дані з датчика, який вимірює температуру повітря, вирушають на контролер *Arduino*, далі потрапляють у *MQTT* брокер, який представляє їх за допомогою розширення для браузера *MQTT Lens*. Дані з датчика, який вимірює температуру повітря, вирушають на контролер *Arduino*, далі потрапляють у *MQTT* брокер, який представляє їх за допомогою розширення для браузера *MQTT Lens*. Дані з датчика, який вимірює температуру повітря, вирушають на контролер *Arduino*, далі потрапляють у *MQTT* брокер, який представляє їх за допомогою розширення для браузера *MQTT Lens*.

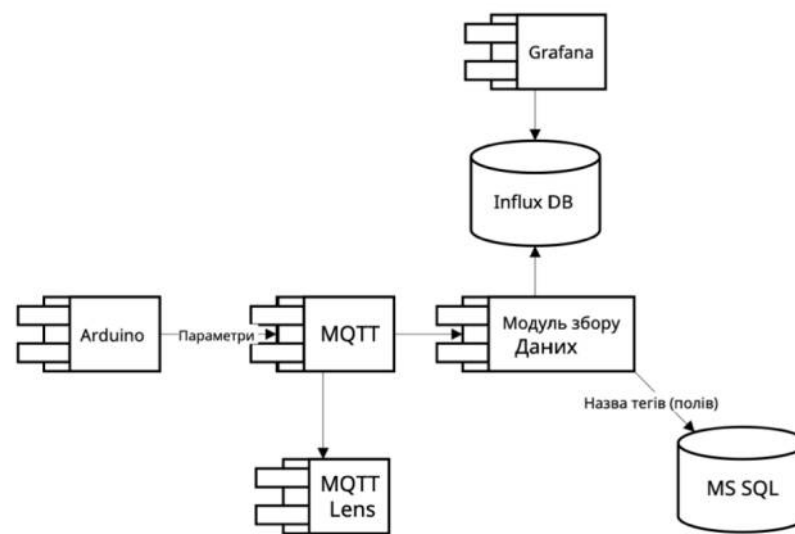


Рисунок 3.8 – Діаграма компонентів

Модуль підписується на брокер і отримує значення температури, а характеристики контролерів та змінних бере з *MS SQL* та записує в *InfluxDB*. Веб-інструмент для візуалізації даних *Grafana* збирає дані з БД та відображає їх на дашборді.

ВИСНОВОК

У ході дослідження було виконано аналіз та вибір літературних джерел з обраної предметної області. Розглянуто наявні рішення для роботи з Інтернет речами, а також інструменти і технології для реалізації системи «Розумний офіс». На основі цього було виявлено вимоги до інформаційної системи «Розумний офіс».

Було представлено архітектуру підприємства на кожному етапі проєкту. Був розроблений статут проєкту, який включає необхідність створення інформаційної системи, а також організаційні і функціональні межі. Були сформульовані вимоги для реалізації системи. Було розписано життєвий цикл, який відображає етапи реалізації інформаційної системи. Крім того, для досягнення цілі, весь етап реалізації був представлений у методології *Scrum*, і були описано чотири спринти. Крім того, для досягнення мети, було розроблено календарний план, призначено ресурси, та виконано розрахунок витрат. Також були розписані всі виконані роботи на етапі аналізу, етапі проєктування, етапі розробки і етап тестування.

Виконано проєктування системної архітектури інформаційної системи. У тому числі розроблені діаграми варіантів використання, активностей, послідовностей, компонентів і схема системної архітектури.

Результатом випускної кваліфікаційної роботи є проєкт реалізації інформаційної системи «Розумний офіс» для офісних приміщень. Дану розробку можуть використовувати компанії, що займаються розробкою систем для автоматизації інтелектуальних приміщень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абросімова М. А., Захаров А. С. Особливості створення розумний інфраструктури в вузі. *Вісник Одеського національного університету. Серія: Економіка*. 2016. №4 (18). С 34-56.
2. Аксенова М. А. Від інтернету людей – до інтернету речей: концепція ХХІ століття. *Інформаційні ресурси*. 2016. № 5(153). С. 37-39.
3. Алгулієв Р. Інтернет речей. *Інформаційне суспільство*. 2013. № 3. С. 42-48.
4. Антонова Г. В., Кедич А. В., Ковирьова О. В. Інтернет речей та бездротові смарт-мережі в точному землеробстві. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2019. № 18. С. 119–127.
5. Баранов О. А. Інтернет речей і охорона здоров'я. Інтернет речей: теоретико-методологічні основи правового регулювання : монографія. 2-ге вид. Харків, 2018. Т. 1: Сфери застосування, ризики і бар'єри, проблеми правового регулювання. С. 24–36.
6. Баранов О. А. Інтернет речей і сільське господарство. Інтернет речей: теоретико-методологічні основи правового регулювання : монографія. 2-ге вид. Харків, 2018. Т. 1: Сфери застосування, ризики і бар'єри, проблеми правового регулювання. С. 65–71.
7. Баранов О. А. Інтернет речей і транспорт. Інтернет речей: теоретико-методологічні основи правового регулювання : монографія. 2-ге вид. Харків, 2018. Т. 1. С. 92–96.
8. Баранов О. А. «Інтернет речей» як правовий термін. *Юридична Україна*. 2016. №5-6. С.96–103.
9. Бортник К. Я., Ольшевський О. В., Пащук В. Ю. Інтернет речей та як він змінить наше життя у майбутньому. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, вир-во*. 2018. № 30/31. С. 14–18.

10. Вікентьєва О. Л., Кичкин А. С, Дерябін А. І. Архітектура мережевого управителя комплексу будівлі на базі IoT пристроїв. *Датчики і системи*. 2018. № 5. С. 32–38.
11. Вікентьєва О. Л. Синтез інформаційної системи управління підсистемами технічного забезпечення інтелектуальних будівель. *Вісник ОНУ*. 2017. Т.12. Вип.10(109). С. 191–201.
12. Гненний А. П., Гордієнко Ю. Г. Інтернет речей як головний чинник впровадження ІТ-технологій на сучасному підприємстві. *Вимірjувальна та обчислювальна техніка в технол. процесах*. 2018. № 1. С. 94–98.
13. Дідич З. «Інтернет речей»: можливості та перспективи його використання у сільському господарстві України. *Аграрна економіка*. 2018. Т. 11, № 1/2. С. 88–93.
14. Журавель В. І., Ткачук Т. Ю., Борковський Д. С. Інтернет речей у системі медичної допомоги: можливості та безпека. *Актуальні проблеми клініч. та профілакт. медицини*. 2019. Т. 3, № 1/2. С. 5–12.
15. Журавльов О. В., Сімасов О. А. Інтернетизація та глобальна інституціоналізація економічних систем. *Статистика України*. 2017. № 4. С. 39–46.
16. Журавська І. М. IoT-мережа на базі Bluetooth-модулів для автоматизованого керування споживанням енергоресурсів. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, вир-во*. 2018. № 30/31. С. 37–44.
17. Коваль В. В., Замлинський В. А. Ринок послуг Інтернету речей (IoT): сучасний стан та обмеження розвитку. *Трансформація економіки та права в умовах системних реформ України* : зб. наук. пр. за матеріалами всеукр. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 27 жовтня 2017 року) / МОН України, Одес. торг.-екон. ін-т [та ін.]; редкол.: Квач Я.П. [та ін.]. Одеса, 2017. С. 35–37.
18. Коцюбівська К., Прісич В., Яворський О. Впровадження технологій інтернету речей під час створення системи «Розумний дім». Цифрова платформа. *Інформаційні технології в соціокультурній сфері*. 2019. Т. 2, № 2. С. 136–143.
19. Криніцин С. С. Протокол MQTT як основа шаблону «видавець –

передплатник» в Інтернеті речей. *Захист інформації*. 2020. № 5(95). С. 72–76.

20. Куликова А. С. Інтернет речей: віртуальне благоденство і реальні ризики. *Індекс безпеки*. 2015. Т. 21. № 3(114). С. 95–112.

21. Ляшенко В. І. Вишневський О. С. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку: монографія. Київ: НАН України, Ін-т економіки пром-сті, 2018. 252 с.

22. Мельник А. О. Кіберфізичні системи: проблеми створення та напрями розвитку. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Комп'ютерні системи та мережі*. 2014. № 806. С. 154–161.

23. Панченко А. О. Аналіз і дослідження існуючих протоколів Інтернету речей. *Тенденції розвитку науки і освіти*. 2018. № 36-1. С. 55–57.

24. Наконечний А. Й., Верес З. Є. Інтернет речей і сучасні технології. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Автоматика, вимірювання та керування*. 2016. № 852. С. 136–138.

25. Смолин О. І., Олексюк В. П. Інтернет речей як технологічний феномен XXI століття. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : матеріали IV міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Тернопіль, 30 квітня 2020 року). Тернопіль, 2020. С. 147–149.

26. Срібна І. М. Веб-сервіси AWS для розгортання пристроїв IoT. *Науковий журнал «Зв'язок»*. №4. 2019. С. 18–23.

27. Срібна І. М. Інтерактивна автоматична система «Розумний Будинок». *Науковий журнал «Зв'язок»*. №3. 2019. С. 55–58.

28. Сторчак К. П. Аналіз вимог до проектування хмарної платформи для Інтернету речей. *Науковий журнал «Зв'язок»*. №6. 2019. С. 8–11.

29. Сторчак К. П. Технології Інтернет речей. Навчальний посібник. К. : ДУТ, 2021. 68 с.

30. Рябошлик В. Огляд сучасних технологічних проривів і нових перспектив (від інтернету людей до інтернету речей). *Економіст*. 2017. № 6. С. 17–22.

31. Черняк Л. Інтернет речей: нові виклики та нові технології. *Відкриті*

системи. СУБД. 2013. №4. С. 14–18.

32. Ядгарова Ю. В. Модель та алгоритм вибору програмної архітектури для систем Інтернету речей. *Програмні продукти та системи. 2019. №4. С. 682–689.*

33. Яцків Н. Г. Перспективи використання технології блокчейн у мережі інтернет речей. *Науковий вісник НЛТУ України. 2016. Вип. 26.8. С. 381–387.*

34. Asghar M., Mohammadzadeh N. Design and simulation of energy efficiency in node based on MQTT protocol in Internet of Things. *International Conference on Green Computing and Internet of Things. 2015. №32 P. 1413–1417. URL: <https://doi.org/10.1109/ICGCIoT.2015.7380689> (дата звернення: 18.11.2023).*

35. AWS IoT Core. Easily and securely connect devices to the cloud.

URL https://aws.amazon.com/iot-core/?nc1=h_ls (дата звернення: 18.11.2023).

36. Microsoft Azure IoT Suite: Benefits and Features. URL: <https://bit.ly/3FXboad> (дата звернення: 18.11.2023).

37. Bass A., Bauer M., Fiedler M., Kramp T., van Kranenburg R., Lange S., Meissner S. Enabling Things to Talk. Springer-Verlag GmbH, 2013. P. 325.

38. Gubbi J., Marusicet S., Buyya R., Palaniswami M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems. 2013. №7. P. 1645-1660.*

39. Jiafu W., Hehua Y, Hui S., Fang L. Advances in Cyber-Physical Systems Research. *KSII Transactions On Internet And Information Systems. 2011. Vol. 5, № 11. P.1891–1908.*

40. Lee J. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing system. *Manufacturing Letter. №3. 2015. P.18–23.*