

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий  
інститут електроенергетики  
(інститут)

Факультет інформаційних технологій  
(факультет)

Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеня магістра**

Студента Лікаренко Дмитра Анатолійовича

(ПІБ)

академічної групи 123М-22-1

(шифр)

спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 123 Комп'ютерна інженерія

(офіційна назва)

на тему «Обґрунтування структури та параметрів IoT системи головного офісу  
компанії «Інфотех»»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Бешта Д.О.			
розділів:				
розробка апаратної частини	доц. Бешта Д.О.			
синтез системи	доц. Бешта Д.О.			
розроблення програмного забезпечення	ас. Панферова Я.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	доц. Шедловська Я.І.			

Дніпро  
2023

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
інформаційних технологій  
та комп'ютерної інженерії  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ Гнатушенко В.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

"06" вересня 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня магістра**

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Лікаренко Д.А. академічної групи 123М-22-1  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»  
за освітньо-професійною програмою 123 «Комп'ютерна інженерія»  
(офіційна назва)

на тему «Обґрунтування структури та параметрів IoT системи головного офісу компанії «Інфотех»»,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 09.10.2023р. № 1227-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	На основі матеріалів практик, інших науково-технічних джерел сформулювати наукове завдання, конкретизувати предмет та мету досліджень	10.10.2023
Теоретичний	Обґрунтувати теоретичну базу розв'язання наукового завдання, якому присвячено роботу	25.10.2023
Синтез системи	Розробка комп'ютерної системи	15.11.2023
Розроблення програмного забезпечення	Розробка програмного забезпечення	29.11.2023
Експериментальний розділ	Проведення і обробка результатів експериментів	06.12.2023

Завдання видано \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

доц. Бешта Д.О.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 6 вересня 2023 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії

13.12.2023

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис студента)

Лікаренко Д.А.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 101 с., 40 рис., 24 табл., 24 джерел.

### ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, РОЗУМНІ ПРИСТРОЇ, ІoT, ХАБ, ПЕРЕДАЧА ДАНИХ, ZIGBEE

Об'єкт розробки: головний офіс компанії з розробки програмного забезпечення «Інфотех».

Мета роботи: розробка системи Інтернету речей головного офісу компанії з розробки програмного забезпечення «Інфотех». Обґрунтування структури та параметрів системи інтернету речей.

Пояснювальна записка має аналіз існуючих протоколів передачі даних між пристроями, аналіз мережевих протоколів та аналіз ринку хабів від популярних компаній, також описує недоліки та переваги кожного з них.

За допомогою цих даних було сформульовано завдання дослідження.

У теоретичному розділі сформульовані технічні вимоги до функцій виконуваних системою Інтернету речей.

У розділі «Синтез системи» побудована функціональна та структурна схема системи Інтернету речей, також виконано вибір апаратних засобів та елементної бази.

У розділі «Розроблення програмного забезпечення» розроблено програмне забезпечення для керування розумними пристроями в системі Інтернету речей на основі схем алгоритмів, описано логічну структуру програми.

В експериментальному розділі поставлено задачі експерименту і проведено тестування розробленої системи Інтернету речей.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів .....	6
Вступ.....	7
1 Стан питання і постановка завдання .....	9
1.1 Характеристика галузі розробки програмних продуктів .....	9
1.2 Характеристика об'єкта впровадження .....	11
1.3 Аналіз проблеми.....	12
1.4 Завдання і мета роботи .....	13
2 Теоретичний розділ.....	15
2.1 Принципи роботи системи інтернету речей.....	15
2.2 Аналіз протоколів передачі даних між пристроями.....	17
2.2.1 Zigbee.....	17
2.2.2 Wi-Fi .....	19
2.2.3 Bluetooth Low Energy .....	20
2.2.4 Z-Wave.....	21
2.2.5 Висновки аналізу протоколів передачі даних між пристроями .....	22
2.3 Аналіз протоколів передачі даних до інтернету .....	22
2.3.1 MQTT.....	22
2.3.2 CoAP .....	24
2.3.3 HTTP.....	25
2.3.4 Висновки аналізу протоколів передачі даних до інтернету .....	26
2.4 Аналіз ринку хабів для системи Інтернету речей.....	27
2.4.1 Dusun IoT.....	27
2.4.2 Xiaomi .....	28
2.4.3 Microsoft .....	29
2.4.4 Висновки до аналізу ринку хабів для системи Інтернету речей .....	30
2.5 Технічні вимоги до системи Інтернету речей головного офісу компанії «Інфотех» .....	30
2.5.1 Вимоги до кількості пристроїв та функцій виконуваних системою.....	30
2.5.2 Вимоги до надійності.....	41
2.5.3 Умови експлуатації пристроїв .....	42
2.6 Висновки до теоретичного розділу .....	42
3 Синтез системи .....	44

3.1 Розробка структурної схеми системи інтернету речей головного офісу компанії «Інфотех».....	44
3.2 Розробка функціональної схеми передачі даних в системі інтернету речей головного офісу компанії «Інфотех».....	56
3.3 Вибір апаратних засобів і елементної бази системи інтернету речей головного офісу компанії «Інфотех» .....	57
3.4 Висновки до розділу синтез системи .....	67
4 Розроблення програмного забезпечення.....	69
4.1 Призначення й сфера застосування програми .....	69
4.2 Обґрунтування технічних характеристик програми .....	69
4.2.1 Постановка завдання на розробку програми.....	69
4.2.2 Опис алгоритму і функціонування програми.....	70
4.2.3 Опис і обґрунтування вибору методу організації вхідних і вихідних даних .....	74
4.2.4 Опис і обґрунтування вибору складу технічних і програмних засобів ..	75
4.3 Опис розробленої програми.....	75
4.3.1 Загальні відомості .....	75
4.3.2 Функціональне призначення .....	75
4.3.3 Опис логічної структури програми .....	75
4.3.4 Використовувані технічні засоби .....	79
4.3.5 Виклик і завантаження.....	79
4.4 Очікувані техніко-економічні показники .....	79
4.5 Висновки до розділу .....	80
5 Експериментальний розділ.....	81
5.1 Сутність експерименту .....	81
5.2 Результати експерименту .....	82
5.2.1 Тестування функціональності системи контролю температури .....	82
5.2.2 Тестування функціональності системи відеоспостереження .....	83
5.2.3 Тестування функціональності системи освітлення .....	84
5.2.4 Тестування функціональності системи пожежної сигналізації.....	85
5.2.5 Тестування функціональності розумного замку .....	87
5.2.6 Тестування функціональності системи захисту від затоплення .....	88
5.4 Аналіз відповідності теоретичних та експериментальних досліджень .....	91
Висновки .....	94
Перелік посилань.....	95

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ПГАСА– Придніпровська державна академія будівництва і архітектури;

IoT – Інтернет речей;

RFID – радіочастотна ідентифікація;

MQTT – Message Queue Telemetry Transport;

CoAP – Constrained Application Protocol;

HTTP – HyperText Transfer Protocol;

ПК – персональний комп'ютер;

ТХ – технічна характеристика;

ЦП – центральний процесор;

ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій;

ОС – операційна система;

## ВСТУП

У нинішню епоху інформаційних технологій і зростаючого впливу цифрової революції на комерцію, Інтернет речей швидко стає однією з найбільш важливих і обнадійливих сфер технологічного прогресу. Застосування Інтернету речей у бізнесі відкриває перед компаніями нові перспективи для оптимізації їхньої діяльності, підвищення продуктивності та рівня обслуговування клієнтів. Однак впровадження системи Інтернету речей у головному офісі компанії пов'язане з численними проблемами, які потребують ґрунтовних наукових досліджень та обґрунтування структури і параметрів таких систем.

Актуальність цієї теми зумовлена зростаючою тенденцією сучасних підприємств до впровадження IoT-рішень для підвищення своєї ефективності та конкурентоспроможності. Оснащення головного офісу системами Інтернету речей (IoT) може покращити управління бізнесом та оптимізувати внутрішні процеси. Проте, для досягнення оптимальних результатів необхідно достатньо обґрунтувати структуру та параметри вищезгаданої системи.

Метою даної кваліфікаційної роботи магістра є проведення наукового дослідження щодо обґрунтування структури та параметрів IoT системи головного офісу компанії «Інфотех». Дослідження передбачає вивчення найкращих практик та наукових підходів до впровадження IoT, а також аналіз конкретних потреб та завдань компанії «Інфотех».

У дослідженні будуть розглянуті провідні методи і наукові стратегії впровадження IoT, а також оцінені конкретні вимоги і цілі «Інфотех». Отже, наукові цілі цього дослідження полягають у формулюванні оптимальної конфігурації та специфікацій системи Інтернету речей для головного офісу з урахуванням особливостей підприємства «Інфотех». Життєво важливо враховувати безпеку, енергоефективність, масштабованість та інші фактори, які впливають на успішне розгортання IoT.

Ця кваліфікаційна робота ступеня магістра спрямована на вдосконалення та просування впровадження систем Інтернету речей у сучасному бізнесі, а також на

створення системи IoT для головного офісу ТОВ «Інфотех», з урахуванням найбільш підходящої конфігурації та налаштувань для системи Інтернету речей у їхньому головному офісі.

**Мета і завдання дослідження.** *Метою роботи є розробка та впровадження інноваційної систему Інтернету речей для головного офісу компанії з розробки програмного забезпечення «Інфотех».*

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- Розробка апаратної і програмної інфраструктури: Першим етапом є вибір необхідних пристроїв та платформ для збору даних з різних джерел, таких як датчики, пристрої IoT, сервери для зберігання та обробки даних, а також програмний засіб для їхнього аналізу та візуалізації.
- Розробка засобів віддаленого управління: Для забезпечення зручності створюються інтерфейси для віддаленого управління підключеними пристроями та системою в цілому. Це може включати в себе веб-портали, мобільні додатки та інші інтерфейси для зручного моніторингу та керування.
- Забезпечення безпеки: Безпека є однією з ключових складових будь-якої системи IoT. Розробляються засоби для захисту зібраних даних від несанкціонованого доступу, а також для захисту самої компанії з розробки ПЗ «Інфотех» від потенційних атак.
- Тестування та аналіз: Після розробки системи проводяться тестування з подальшим аналізом для перевірки її працездатності та надійності.

*Об'єкт дослідження* – Головний офіс компанії з розробки програмного забезпечення «Інфотех».

*Предмет дослідження* – розробка системи Інтернету речей.

*Методи дослідження.* Для досягнення поставленої мети використано методи аналізу та синтезу, а також порівняння.



## 1 СТАН ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

### 1.1 Характеристика галузі розробки програмних продуктів

Розробка програмного забезпечення - це галузь в комп'ютерних науках, яка зосереджується на створенні, проектуванні, розгортанні та підтримці програмного забезпечення.

Програмне забезпечення включає в себе програми або набори інструкцій, які керують роботою комп'ютера, і не обмежується конкретним апаратним забезпеченням, дозволяючи можливість програмування. Існує три основні категорії програмного забезпечення.

Системне програмне забезпечення. Цей тип забезпечує основні функції, такі як операційні системи, управління дисками, утиліти, управління апаратним забезпеченням та інші важливі операційні вимоги.

Програмне забезпечення для програмування. Ця категорія надає розробникам такі інструменти, як текстові редактори, компілятори, макети, засоби налагодження та інші важливі компоненти, необхідні для кодування.

Прикладне програмне забезпечення. Це програмне забезпечення допомагає користувачам виконувати конкретні завдання. Прикладами є офісні пакети, програмне забезпечення для керування даними, медіаплеєри та програми безпеки. Прикладне програмне забезпечення також включає в себе веб- та мобільні додатки, такі як Amazon.co.uk для онлайн-покупок, Facebook для обміну повідомленнями або Instagram для обміну фотографіями. [2].

Можливий четвертий тип - це вбудоване програмне забезпечення. Вбудоване системне програмне забезпечення використовується для керування машинами та пристроями, які зазвичай не вважаються комп'ютерами - телекомунікаційними мережами, автомобілями, промисловими роботами тощо. Ці пристрої та їхнє програмне забезпечення можуть бути підключені як частина Інтернету речей (IoT).

Розробкою програмного забезпечення займаються переважно програмісти, інженери-програмісти та розробники програмного забезпечення. Ці ролі

взаємодіють і перетинаються, а динаміка між ними сильно відрізняється в різних відділах і спільнотах розробників.

Програмісти, або кодувальники, пишуть вихідний код для програмування комп'ютерів для виконання конкретних завдань, таких як об'єднання баз даних, обробка онлайн-замовлень, маршрутизація комунікацій, проведення пошуку або відображення тексту і графіки. Програмісти зазвичай інтерпретують інструкції від розробників програмного забезпечення та інженерів і використовують мови програмування, такі як C++ або Java, для їх виконання.

Інженери-програмісти застосовують інженерні принципи для створення програмного забезпечення та систем для вирішення проблем. Вони використовують мову моделювання та інші інструменти для розробки рішень, які часто можуть бути застосовані до проблем у загальному вигляді, а не лише для конкретного випадку чи клієнта. Рішення програмної інженерії дотримуються наукового методу і повинні працювати в реальному світі, як у випадку з мостами чи ліфтами. Відповідальність інженерів зростає, оскільки продукти стають все більш інтелектуальними завдяки додаванню мікропроцесорів, датчиків і програмного забезпечення. Мало того, що все більше продуктів покладаються на програмне забезпечення для диференціації на ринку, так ще й розробка програмного забезпечення повинна координуватися з механічною та електричною розробкою продукту.[3]

Розробники програмного забезпечення відіграють менш формальну роль, ніж інженери, і можуть бути тісно залучені до конкретних ділянок проекту, в тому числі до написання коду. Водночас вони керують загальним життєвим циклом розробки програмного забезпечення, включаючи роботу між функціональними командами для перетворення вимог у функції, управління командами розробників і процесами, а також проведення тестування та обслуговування програмного забезпечення.

Робота з розробки програмного забезпечення не обмежується кодувальниками чи командами розробників. Такі фахівці, як науковці, виробники пристроїв та апаратного забезпечення, також створюють програмний код, навіть якщо вони не є розробниками програмного забезпечення. Це також не обмежується

традиційними галузями інформаційних технологій, такими як виробництво програмного забезпечення чи напівпровідників. Насправді, за даними Інституту Брукінгса, ці галузі "складають менше половини компаній, що займаються розробкою програмного забезпечення".

Важливою відмінністю є розробка програмного забезпечення на замовлення від розробки комерційного програмного забезпечення. Розробка програмного забезпечення на замовлення - це процес проектування, створення, розгортання та підтримки програмного забезпечення для певного набору користувачів, функцій або організацій. На відміну від цього, комерційне готове програмне забезпечення (COTS) призначене для широкого кола вимог, що дозволяє його упаковувати, продавати та розповсюджувати на комерційній основі[3].

## **1.2 Характеристика об'єкта впровадження**

Компанія ТОВ «Інфотех», що базується у місті Дніпро, активно працює в сфері розробки, впровадження та продажу програмного забезпечення з 1999 року. Протягом 20 років вона виробила собі ім'я як одна із провідних компаній у цій галузі. Компанія ТОВ «Інфотех» також є партнером Autodesk і діє на всій території України. Основною інформацією про юридичне обличчя компанії-замовника є ТОВ компанія по розробці програмного забезпечення "Інфотех"[4].

Сьогодні компанія не тільки розробляє власне програмне забезпечення, але також є офіційним представником видатних вендерів програмного забезпечення[4]:

- Autodesk (AutoCAD, Autodesk Revit, 3ds Max) світовий лідер у сфері програмного забезпечення для автоматизації проектно-конструкторських робіт;
- Adobe (Photoshop, Illustrator) – провідний виробник графічного програмного забезпечення;
- Selena Ltd – для розрахункових завдань;
- Microsoft - офісне програмне забезпечення та інше.

Компанія тісно співпрацює з Укравтодором та розробила програми, спрямовані на полегшення роботи у дорожньому секторі. Однією з ініціатив є

система "Електронний паспорт автомобільних доріг", яка автоматизує технічний облік та паспортизацію українських доріг. Головною метою цієї системи є збір інформації про наявність доріг та дорожніх об'єктів, а також їх технічні характеристики для ефективного планування будівництва, реконструкції, ремонту, утримання та підвищення безпеки дорожнього руху. Система "Електронний паспорт автомобільних доріг" і інші подібні рішення були розроблені, використовуючи продукти від Autodesk, зокрема Autodesk Civil 3D. Це програмне забезпечення також застосовується в інших галузях, таких як Одеський морський торговельний порт, для точного відображення території порту та рельєфу морського дна[4].

Фірма автоматизувала операції з проектування зернового комплексу за допомогою Autodesk Inventor, що призвело до підвищення продуктивності. Крім того, компанія співпрацює з вищими навчальними закладами з метою впровадження системи AutoCAD Architecture.

ТОВ "Інфотех" має статус партнера Autodesk (VAR) і відповідає за закупівлю, впровадження та надання технічної підтримки продуктів Autodesk. Крім того, компанія проводить навчання в авторизованому навчальному центрі Autodesk, надає консультаційні послуги та розробляє геоінформаційні системи (ГІС), а також програмне забезпечення для промислового та соціального секторів[4].

### **1.3 Аналіз проблеми**

Компанія з розробки програмного забезпечення «Інфотех», протягом тривалого часу орендувала приміщення для своєї роботи, але це був звичайний офіс, який не використовував IoT (Інтернет речей). Ця ситуація викликала деякий дискомфорт та проблеми в роботі компанії.

Ці проблеми включають:

- Низьку ефективність: Відсутність IoT може призвести до втрати ефективності в робочих процесах, таких як керування освітленням і опаленням, що може вимагати більше часу та уваги співробітників.
- Збільшення витрат: Без IoT компанія може не мати можливості

оптимізувати витрати на комунальні послуги, охорону та інфраструктуру, що призводить до зайвих витрат.

- Обмежена безпека: Відсутність системи моніторингу та відеоспостереження може зменшити рівень безпеки офісу перед потенційними загрозами, такими як крадіжки або вторгнення.
- Проблеми зі збереженням даних: Відсутність IoT може ускладнити збір та аналіз даних про використання ресурсів, які можуть бути корисними для оптимізації бізнес-процесів та прийняття управлінських рішень.
- Втрата можливостей для інновацій: IoT відкриває двері для нових можливостей та інновацій у бізнесі. Без нього компанія може втратити шанси використовувати передові технології для поліпшення своєї діяльності та конкурентоспроможності.

Загалом, відсутність Інтернету речей призводить до обмежень у продуктивності, ефективності, безпеці та інноваціях в офісі компанії, що впливає на її конкурентоспроможність і здатність пристосуватися до змін у бізнес-середовищі. Однак, завдяки зусиллям та успіху, який компанія досягла, вони вирішили, що настав час для розробки та впровадження власної мережі IoT в їхньому власному офісі, що призведе до повного або часткового вирішення цих проблем.

#### **1.4 Завдання і мета роботи**

Метою роботи є розробка та впровадження інноваційної системи Інтернету речей для головного офісу компанії з розробки програмного забезпечення «Інфотех» з метою підвищення ефективності роботи, забезпечення зручності працівників та покращення моніторингу та управління різними аспектами бізнесу. Ця система повинна забезпечувати збір та аналіз даних з пристроїв, підтримку віддаленого управління і підвищення рівня безпеки в інфраструктурі ПЗ, щоб забезпечити компанії конкурентну перевагу на ринку та задовольнити потреби.

Для вирішення поставленої мети в роботі вирішуються наступні завдання:

- Розробка апаратної і програмної інфраструктури: Першим етапом є вибір необхідних пристроїв та платформ для збору даних з різних джерел, таких

як датчики, пристрої IoT, сервери для зберігання та обробки даних, а також програмний засіб для їхнього аналізу та візуалізації.

- Розробка засобів віддаленого управління: Для забезпечення зручності створюються інтерфейси для віддаленого управління підключеними пристроями та системою в цілому. Це може включати в себе веб-портали, мобільні додатки та інші інтерфейси для зручного моніторингу та керування.
- Забезпечення безпеки: Безпека є однією з ключових складових будь-якої системи IoT. Розробляються засоби для захисту зібраних даних від несанкціонованого доступу, а також для захисту самої компанії з розробки ПЗ «Інфотех» від потенційних атак.
- Тестування та аналіз: Після розробки системи проводяться тестування з подальшим аналізом для перевірки її працездатності та надійності.

Ці завдання спрямовані на досягнення основної мети – підвищення ефективності роботи компанії «Інфотех», поліпшення умов праці робітників та забезпечення її конкурентоспроможності на ринку через інноваційну систему Інтернету речей.

## 2 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Принципи роботи системи інтернету речей

Інтернет речей, відомий як IoT, складається з мережі взаємопов'язаних пристроїв, які спілкуються та обмінюються інформацією з іншими пристроями IoT та хмарою. Ці пристрої IoT зазвичай оснащені такими технологіями, як датчики і програмне забезпечення, і охоплюють як механічні та цифрові машини, так і споживчі товари.

В екосистемі IoT знаходяться розумні пристрої з доступом до Інтернету, які використовують вбудовані системи, включаючи процесори, датчики і комунікаційне обладнання, для збору, передачі та реагуванню на дані, зібрані з навколишнього середовища.

Початковий етап системи Інтернету речей включає в себе пристрої, які збирають дані і, як правило, підключені до Інтернету, кожен з яких має унікальну IP-адресу. Ці пристрої варіюються за складністю від автономних роботів і складських навантажувачів до простих датчиків, що контролюють температуру або виявляють витіки газу в будівлях. Персональні пристрої, такі як фітнес-трекери, що реєструють щоденну кількість кроків, також є частиною цієї категорії.

Наступним кроком у процесі IoT є передача зібраних даних з пристроїв до центрального пункту збору. Ця передача даних може відбуватися через бездротові або дротові мережі з використанням різних технологій. Крім того, дані можуть надсилатися через Інтернет до центру обробки даних або хмари. Інший підхід передбачає поступову передачу даних за допомогою проміжних пристроїв, які компілюють, організовують, уточнюють, усувають непотрібні або надлишкові дані і передають відповідну інформацію для подальшого аналізу.

Заключний етап передбачає обробку та аналіз даних, який може відбуватися як у центрі обробки даних, так і в хмарі. Однак у певних ситуаціях практичність може стати проблемою. Наприклад, критичні пристрої можуть зіткнутися із затримками в передачі даних під час відключення електроенергії в промислових умовах, що робить недоцільним надсилання даних до віддаленого дата-центру.

Крім того, загальний час зворотного зв'язку, що охоплює передачу даних, їх обробку, аналіз і відправку інструкцій назад, може бути значним. Ось тут і з'являються периферійні обчислення. Інтелектуальні периферійні пристрої можуть збирати дані, аналізувати їх і за необхідності змінювати реакцію. Граничні пристрої також мають можливість передачі даних по висхідній лінії зв'язку для подальшої обробки і зберігання.

Збільшення кількості випадків використання периферійних обчислень, таких як автономні транспортні засоби, що вимагають миттєвих рішень, прискорює розвиток периферійних технологій, які можуть обробляти і аналізувати дані миттєво, без необхідності переміщення в хмару[5].

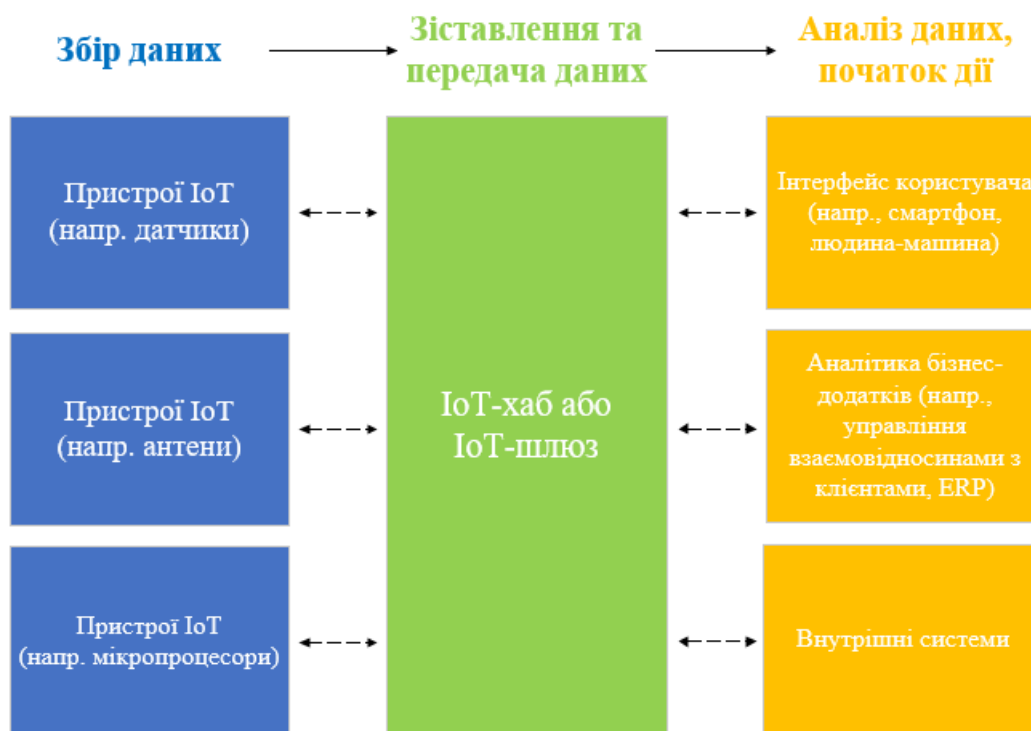


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи інтернету речей



## **2.2 Аналіз протоколів передачі даних між пристроями**

### **2.2.1 Zigbee**

Zigbee - це бездротова технологія, спрямована на створення доступних та енергоефективних бездротових мереж для "машина-машина" та Інтернету речей.

Вона оптимізована для додатків з низьким споживанням енергії та обмеженою швидкістю передачі даних, і використовує відкритий стандарт. Незважаючи на можливість теоретичного поєднання продуктів різних виробників, на практиці виробники зазвичай пристосовують Zigbee під свої потреби, що може викликати проблеми зі сумісністю. У порівнянні з Wi-Fi, яка з'єднує кінцеві точки з високошвидкісними мережами, Zigbee використовує комірковий підхід для уникнення потреби в пристроях-концентраторах, створюючи стійку мережеву архітектуру з низькою швидкістю передачі даних.

Він заснований на специфікації 802.15 Асоціації стандартів Інституту інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE) і призначений для мереж управління та сенсорних мереж на базі бездротового стандарту IEEE 802.15.4 для бездротових персональних мереж (WPAN). Робочі частоти для WPAN Zigbee включають 2,4 ГГц, 900 МГц і 868 МГц[6].

Специфікації Zigbee, які підтримуються і оновлюються Альянсом Zigbee, розширюють стандарт IEEE 802.15.4 за рахунок додаткових мережевих рівнів і рівнів безпеки, а також фреймворку додатків.

Стандарти, розроблені альянсом, дозволяють виробляти сумісні продукти різних виробників. Виробники, які створюють додатки на замовлення, що не потребують сумісності з додатками інших виробників, можуть створювати свої власні варіації та розширення.

Протокол Zigbee має важливе значення, оскільки він підтримує комірчасті мережі. Для зв'язку Zigbee використовує мережеву архітектуру mesh.

Комірчаста мережа - це тип локальної мережі, бездротової мережі або віртуальної мережі, яка використовує або повну комірчасту топологію, або часткову комірчасту топологію як підхід до децентралізованого з'єднання.

Використовується об'єктивна, чітка мова, з дотриманням формального реєстру, уникненням упередженої мови та використанням узгоджених технічних термінів.

У повній комірчастій топології кожен вузол мережі безпосередньо пов'язаний з іншими вузлами. У частковій комірчастій топології кілька вузлів з'єднані з усіма іншими, але деякі з них з'єднані лише з вузлами, з якими вони обмінюються найбільшим обсягом даних.

Протокол Zigbee визначає три типи вузлів: координатори, маршрутизатори та кінцеві пристрої. Хоча всі вузли мають можливість надсилати та отримувати дані, кожен з них виконує окремі функції.

У кожній мережі є координатор, відповідальний за зберігання інформації про мережу, включаючи ключі безпеки. Маршрутизатори діють як проміжні вузли, які передають дані від інших пристроїв. Кінцеві пристрої з низьким енергоспоживанням або на батарейках можуть спілкуватися з координатором або маршрутизатором, але не можуть передавати дані з інших пристроїв. Важливо зазначити, що кінцеві пристрої не можуть виконувати функції маршрутизатора.

Zigbee має свої переваги, такі як:

- Відкритий стандарт, спрямований на ефективне використання енергії кінцевих пристроїв.
- Підтримка комірчастої (mesh) топології, що дозволяє створювати гнучкі та ефективні мережі.
- Висока завадостійкість, що робить його стійким до впливу зовнішніх перешкод.
- Хороша масштабованість для розширення мережі.

Проте є недоліки:

- Робочий діапазон у 2,4 ГГц може призвести до зниження ефективності та обмеження радіусу дії в умовах сильних перешкод.

### 2.2.2 Wi-Fi

WiFi має кілька суттєвих відмінностей від альтернативних бездротових технологій. Наприклад, він передає сигнали на частотах 2,4 ГГц або 5 ГГц. Ці частоти перевершують частоти, що використовуються в стільниковому зв'язку, що дозволяє передавати більше даних.

Тим не менш, важливо визнати, що будь-який бездротовий зв'язок передбачає балансування між енергоспоживанням, радіусом дії та пропускнуою здатністю. В обмін на високу швидкість передачі даних, WiFi характеризується високим енергоспоживанням і обмеженим радіусом дії. WiFi може бути цінним вибором для додатків IoT, які не вимагають суворих заходів з енергозбереження, наприклад, для пристроїв, які підключаються до мережі або мають стабільне джерело живлення, і які вимагають передачі великих обсягів даних, таких як відео.

Подібно до LPWAN і стільникового зв'язку, WiFi має безліч варіацій, включаючи 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n і 802.11ac[8].

Кожен стандарт має свої переваги і недоліки щодо швидкості передачі даних, зовнішніх перешкод і витрат. Витрати є значними, оскільки для різних стандартів необхідне різне обладнання, хоча новіші версії розроблені з урахуванням зворотної сумісності з попередніми версіями.

Хоча WiFi наразі не підтримує багато додатків Інтернету речей, два стандарти WiFi були спеціально розроблені або знаходяться в стадії розробки для цієї мети: WiFi HaLow (802.11ah) і HEW (802.11ax).

WiFi HaLow, який був ратифікований у 2016 році, спрямований на усунення обмежень діапазону та потужності для додатків IoT. HEW (High-Efficiency Wireless - високоефективний бездротовий зв'язок) - це майбутній стандарт, який базується на HaLow і включає в себе додаткові функції, дружні до IoT[8].

Переваги:

- Популярна технологія серед виробників пристроїв Інтернету речей.
- Висока швидкість передачі даних.
- Не розрахована на велику кількість підключень.

Недоліки:

- Недостатній радіус дії для багатьох пристроїв Інтернету речей.
- Відносно великі енерговитрати.

### 2.2.3 Bluetooth Low Energy

Bluetooth Low Energy (BLE) - це бездротова технологія, призначена для пристроїв з низьким енергоспоживанням, які потребують зв'язку на короткі відстані та мінімального використання заряду акумулятора. BLE є різновидом стандарту Bluetooth, представленим разом з Bluetooth 4.0 у 2010 році. Ця технологія набула популярності в кількох галузях, зокрема, в портативних пристроях, медичному обладнанні, промисловій автоматизації та автоматизації будинку[9].

BLE стала незамінною технологією в розробці IoT-пристроїв з низьким енергоспоживанням і обмеженим радіусом дії бездротового зв'язку. Її застосування варіюється від оздоровчих гаджетів, таких як фітнес-трекери та смарт-годинники, до медичних пристроїв, включаючи глюкометри та пульсометри, що забезпечують бездротовий зв'язок зі смартфонами та іншими пристроями.

BLE працює в діапазоні 2,4 ГГц з радіусом дії близько десяти метрів. Для запобігання перешкод від інших бездротових пристроїв у тому ж діапазоні частот використовується технологія розширення спектру зі скачко подібною перебудовою частоти (FHSS). Стек протоколів у BLE схожий на класичний Bluetooth і складається з фізичного рівня (PHY), каналного рівня (LL), інтерфейсу хост-контролера (HCI) та загального профілю атрибутів (GATT) [9].

Однією з головних переваг BLE є низьке енергоспоживання, що робить її ідеальним рішенням для мініатюрних енергоефективних пристроїв, які потребують тривалого часу роботи без періодичної підзарядки. BLE реалізує модель "головний/підлеглий", де центральний пристрій (головний) взаємодіє з одним або декількома периферійними пристроями (підлеглими) і керує ними. Більше того, BLE полегшує ширококомовну передачу, дозволяючи пристрою передавати дані на всі інші пристрої, що знаходяться поблизу, без встановлення постійного з'єднання[9].

Переваги:

- Низьке енергоспоживання.
- Відносно велика швидкість передачі даних 1-2 Мбіт.

Недоліки:

- Малий радіус зв'язку.
- Робота в діапазоні 2,4 ГГц.
- Через свої принципи роботи він погано підходить для реалізації складних сценаріїв автоматизації.

#### **2.2.4 Z-Wave**

Z-Wave - це стандарт бездротового зв'язку, створений для систем домашньої автоматизації та розумних будинків. Він дозволяє підключати та керувати різноманітними пристроями, такими як освітлення, термостати, датчики безпеки, замки, розетки, аудіо- та відеоапаратура, системи клімат-контролю тощо, які складають екосистему "розумного будинку".

Головною перевагою технології Z-Wave є її здатність формувати розгалужені мережі, що об'єднують багато пристроїв, полегшуючи тим самим обмін інформацією між ними. Цей протокол дозволяє автоматизувати різні побутові функції, надаючи власникам можливість дистанційно контролювати та керувати своїм житлом через онлайн-інтерфейси або мобільні додатки.

Z-Wave використовує радіочастоти в діапазоні 868,4 МГц у Європі та 908,4 МГц у Північній Америці, що робить його більш стійким до перешкод і втрат сигналу, ніж інші бездротові технології. Кожен пристрій, підключений до мережі за допомогою Z-Wave, може спілкуватися та координувати свої дії з мережею, виконуючи команди та виконуючи визначені завдання[10].

Z-Wave набув популярності для домашньої автоматизації та розробки розумних будинків завдяки своїй універсальності в роботі з різними типами пристроїв і виробниками.

#### Переваги:

- Низьке енергоспоживання.
- Підтримка комірчастої топології.
- Має стабільний сигнал в діапазоні 800-900 МГц, що дозволяє краще огинати перешкоди.

#### Недоліки:

- Протокол Z-Wave може бути дорожчим порівняно з іншими бездротовими стандартами.
- Мала швидкість передачі даних до 100 Мбіт.
- Пристрої, створені для Америки, можуть бути несумісні з пристроями створеними для Європи.

### **2.2.5 Висновки аналізу протоколів передачі даних між пристроями**

Проаналізувавши існуючі протоколи передачі даних між пристроями для систем Інтернету речей, було вирішено, що протокол ZigBee відповідає потребам компанії "Інфотех". Обрання ZigBee обґрунтоване через його високу масштабованість, енергоефективність та надійний рівень безпеки. Протокол забезпечує зв'язок між багатьма пристроями з широким покриттям, що є важливим для корпоративного середовища, де потрібен моніторинг та управління багатьма пристроями. Крім того, енергоефективність ZigBee сприяє тривалому терміну служби акумуляторів та ефективному енергозбереженню. Вбудована шифрування та автентифікація роблять його надійним для забезпечення безпеки в мережі IoT.

## **2.3 Аналіз протоколів передачі даних до інтернету**

### **2.3.1 MQTT**

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) - це відкритий і легкий протокол обміну повідомленнями, що працює за моделлю "публікація-підписка". Ця модель складається з двох основних компонентів, а саме: видавців та підписників. Публікатори, якими зазвичай є датчики або виконавчі механізми,

створюють дані, в той час як абоненти, такі як смартфони або хмарні платформи, споживають їх. Зв'язок між видавцями та підписниками здійснюється через брокера - сервер, який отримує повідомлення від видавців і доставляє їх підписникам.

MQTT пропонує різні переваги, включаючи низькі накладні витрати завдяки мінімальному розміру заголовка (2 байти) і компактному двійковому формату, що призводить до зниження мережевого трафіку і споживання пропускну здатності.

Крім того, MQTT може похвалитися високою надійністю. MQTT гарантує надійну доставку повідомлень завдяки різним рівням якості обслуговування (QoS), які варіюються від максимум одного разу (QoS 0) до рівно одного разу (QoS 2). Крім того, MQTT забезпечує постійні сесії, в яких брокер може зберігати повідомлення для відключених абонентів, поки вони не підключаться знову.

MQTT споживає менше енергії в порівнянні з HTTP, оскільки використовує єдине TCP-з'єднання, яке може існувати протягом тривалого часу. MQTT додатково забезпечує підтримку функції Last Will and Testament (LWT), яка дозволяє видавцеві надіслати останнє повідомлення своїм підписникам перед відключенням[11].

Однак, у використанні MQTT є кілька недоліків.

По-перше, він не підтримує жодного типу потокового передавання, наприклад, аудіо чи відео, що робить його непридатним для додатків, які потребують передачі даних у реальному часі або безперервної передачі даних.

Крім того, це може бути незручно для розробників. Розробники, які бажають створювати додатки Інтернету речей, що потребують користувацького інтерфейсу або взаємодії з веб-додатками, можуть зіткнутися з тим, що з MQTT складно працювати. Це пов'язано з тим, що MQTT використовує асинхронний механізм публікації-підписки, який може виявитися громіздким при інтеграції з програмуванням інтерфейсу користувача.

Крім того, використання MQTT на основі брокерського зв'язку та рівнів QoS може призвести до високої затримки, що спричиняє проблеми з продуктивністю та швидкістю відгуку для додатків IoT, які вимагають низької затримки.

### 2.3.2 CoAP

CoAP (Constrained Application Protocol) - це легкий і прозорий протокол веб-передачі даних, який використовує структуру клієнт-сервер. Ця структура складається з двох основних компонентів: клієнтів і серверів. Клієнти - це пристрої або додатки, які запитують дані, наприклад, смартфони або веб-браузери, тоді як сервери - це пристрої або додатки, які надають дані, наприклад, датчики або виконавчі механізми. Зв'язок між клієнтами та серверами відбувається напряму, без посередників.

Деякі з переваг CoAP включають в себе дотримання принципів REST (Representational State Transfer), використовуючи стандартні методи (GET, POST, PUT, DELETE) і ресурси (URI) для доступу та обробки даних. Це спрощує використання CoAP та його інтеграцію з сучасними веб-фреймворками та технологіями.

Крім того, CoAP має низькі накладні витрати завдяки мінімальному розміру заголовка (4 байти) і компактному двійковому формату, що зменшує мережевий трафік і споживання пропускної здатності.

Також, CoAP підтримує багатоадресну розсилку. CoAP забезпечує багатоадресну розсилку, дозволяючи клієнтам одночасно надсилати запити на декілька серверів. Це підвищує масштабованість і ефективність додатків Інтернету речей, які вимагають одночасного зв'язку з великою кількістю пристроїв[11].

Однак у CoAP є і недоліки, зокрема, відсутність вбудованих механізмів безпеки, таких як шифрування або аутентифікація. Тому безпечний зв'язок в CoAP покладається на зовнішні протоколи або бібліотеки, включаючи DTLS (Datagram Transport Layer Security) або OSCORE (Object Security for Constrained RESTful Environments - безпека об'єктів в обмежених RESTful середовищах).

Крім того, CoAP не гарантує надійну доставку повідомлень за замовчуванням через використання UDP (User Datagram Protocol) на транспортному рівні. Як наслідок, необхідні додаткові механізми, такі як підтвердження або повторна передача, щоб впоратися з втратою пакетів або помилками.



Погана сумісність: CoAP не сумісний з HTTP за замовчуванням через використання різних протоколів і форматів. Таким чином, необхідно використовувати проксі-сервери або шлюзи для перекладу між повідомленнями CoAP і HTTP.

### 2.3.3 HTTP

HTTP, широко використовуваний протокол передачі даних між веб-сайтами, працює за моделлю клієнт-сервер, що складається з двох компонентів: клієнтів і серверів. Клієнти, такі як веб-браузери та смартфони, запитують дані, а сервери, такі як веб-сервери та хмарні платформи, надають дані. Зв'язок між клієнтами та серверами є прямим, без посередників.

HTTP пропонує кілька переваг.

HTTP - це протокол, який зараз є стандартом і був широко прийнятий і підтримується різноманітними платформами і технологіями. Читабельний текстовий формат HTTP, а також загальні методи та заголовки роблять його простим у використанні та розумінні.

HTTP може передавати різні типи даних, включаючи аудіо та відео. Тому він підходить для додатків, які потребують передачі даних у режимі реального часу або безперервної передачі даних.

HTTP зручний для розробників, оскільки його можна легко інтегрувати в користувацькі інтерфейси або веб-додатки, які взаємодіють з пристроями IoT. Крім того, HTTP надає безліч функцій і розширень, включаючи WebSockets, HTTP Push і події, що надсилаються сервером, які можуть підвищити інтерактивність і ефективність додатків IoT[11].

Тим не менш, існують деякі недоліки HTTP.

Високі накладні витрати: HTTP має значний розмір заголовка (до декількох кілобайт) і використовує багатослівний текстовий формат, тим самим збільшуючи мережевий трафік і споживання пропускну здатності. Крім того, HTTP використовує декілька TCP-з'єднань, що вимагає додаткових ресурсів та енергії.

Через відсутність стану та модель "запит-відповідь", HTTP не забезпечує надійної доставки повідомлень, а отже, потребує додаткових механізмів, таких як повторні спроби або підтвердження, для боротьби з втратою пакетів або помилками. Через відсутність стану та модель "запит-відповідь", HTTP не забезпечує надійної доставки повідомлень, а отже, потребує додаткових механізмів, таких як повторні спроби або підтвердження, щоб впоратися з втратою пакетів або помилками.

Відсутність підтримки багатоадресного зв'язку в HTTP обмежує клієнтський запит до одного сервера, що знижує ефективність і масштабованість додатків Інтернету речей, які вимагають зв'язку з численними пристроями одночасно. Відсутність підтримки багатоадресного зв'язку в HTTP обмежує клієнтський запит до одного сервера, що знижує ефективність і масштабованість додатків Інтернету речей, які вимагають зв'язку з численними пристроями одночасно.

#### **2.3.4 Висновки аналізу протоколів передачі даних до інтернету**

Проаналізувавши існуючі протоколи передачі даних до інтернету для систем, було вирішено, що протокол MQTT відповідає потребам компанії "Інфотех". Вибір протоколу MQTT обґрунтований, оскільки володіє низькими накладними витратами, завдяки мінімальному розміру заголовка та компактному двійковому формату, що сприяє ефективній експлуатації мережі та зменшує споживання пропускну здатності. Крім того, йому властива висока надійність завдяки різним рівням якості обслуговування (QoS) та можливості зберігання повідомлень для офлайн-абонентів.

Додатковим фактором, який робить MQTT привабливим вибором, є його енергоефективність від батареї. Протокол споживає менше енергії порівняно з HTTP, що особливо важливо для пристроїв, які вимагають тривалого терміну служби акумуляторів. Вбудована шифрування та автентифікація роблять його надійним для забезпечення безпеки в мережі IoT.

## 2.4 Аналіз ринку хабів для системи Інтернету речей

Хаб в системі Інтернету речей функціонує як центральний координаційний центр, який обробляє дані в мережі взаємопов'язаних пристроїв. Його основна функція - полегшити зв'язок між різними пристроями та керувати їхньою взаємодією.

Хаб виконує такі ключові операції, як збір та аналіз даних, отриманих від підключених пристроїв, і визначає подальші дії відповідно до отриманої інформації. Крім того, він контролює розподіл завдань, регулює роботу пристроїв і керує їхніми статусами.

Хаби зазвичай забезпечують мережеву безпеку, виконуючи функції автентифікації та авторизації для підключених пристроїв. Крім того, вони можуть регулювати динаміку підключення та відключення пристроїв, що забезпечує масштабованість системи.

Важливою характеристикою хаба є його здатність працювати з різними мережевими протоколами і стандартами, що дозволяє ефективно інтегрувати різнорідні пристрої в єдину функціональну систему.

Далі буде проведено аналіз популярних виробників хабів.

### 2.4.1 Dusun IoT

Dusun - це досвідчена і професійна компанія в секторі Інтернету речей (IoT), що спеціалізується на постачанні апаратного забезпечення ядра. Популярними хабами від Dusun є - DSGW-290 та DSGW-210 вони можуть слугувати хабами для побудови системи Інтернету речей. Далі буде представлено їх спільні переваги та недоліки.

Переваги:

- Шлюзи Dusun IoT підтримують перепрограмування, мультипротокольність і сумісність з різними платформами.
- Розроблено на основі модульної конструкції, тому шлюз можна налаштувати, видаливши непотрібні роз'єми та функції, щоб зменшити вартість.

- Високий рівень підтримки та різноманітної документації.
- Сумісний з пристроями Інтернету речей від інших виробників.
- Високий рівень захисту шлюзу.

Недоліки:

- Ціна шлюзів від компанії Dusun може бути трохи вищою за своїх конкурентів.

### **2.4.2 Xiaomi**

Популярними хабами від Xiaomi є - Mi Smart Gateway та Aqara Hub вони можуть слугувати хабами для побудови системи Інтернету речей. Далі буде представлено їх спільні переваги та недоліки.

Переваги:

- Репутація Xiaomi, як виробника недорогих продуктів, може допомогти скоротити витрати при побудові системи Інтернету речей.
- Xiaomi пропонує широкий асортимент датчиків, перемикачів та інших пристроїв, які можна легко інтегрувати в їхні хаби, що робить вибір пристроїв для автоматизації офісу безпроблемним.
- Широкий ринок збуту та підтримка бренду Xiaomi надають значні переваги, оскільки їхні пристрої та хаби регулярно підтримуються великою спільнотою користувачів.
- Продукти Xiaomi, як правило, мають простий процес налаштування, який можна легко виконати за допомогою спеціального мобільного додатку Mi Home.

Недоліки:

- Продукти Xiaomi оптимізовані для використання в межах своєї екосистеми, що створює обмежену сумісність з пристроями інших виробників.
- Залежність від хмарних сервісів може призвести до потенційних проблем з конфіденційністю та безпекою даних для певних функцій і ситуацій.

- Можливості Xiaomi Hub обмежені порівняно з альтернативними рішеннями, доступними на ринку.

### 2.4.3 Microsoft

Azure IoT Hub - це розроблений корпорацією Microsoft хаб для систем Інтернету речей. Далі буде представлено переваги та недоліки використання хабів від компанії Microsoft для побудови Інтернету речей.

Переваги:

- Azure IoT Hub включає в себе ряд опцій для зіставлення, управління та аналізу даних в режимі реального часу, зібраних з усіх підключених пристроїв.
- Azure IoT Hub здатний легко обробляти значні обсяги даних, отриманих з численних пристроїв, що робить його найкращим вибором для великих офісних систем.
- Функції безпеки платформи є найсучаснішими і включають інтеграцію з Azure Active Directory, що гарантує найвищий рівень захисту даних.
- Використання Azure IoT Hub у поєднанні з іншими службами Azure спрощує процес створення складних IoT рішень.

Недоліки:

- Використання Azure IoT Hub може бути дорогим, особливо для великих систем.
- Впровадження Azure IoT Hub може стати проблемою через безліч функцій і конфігурацій.
- Azure IoT Hub значною мірою покладається на хмарні сервіси, що призводить до залежності від підключення до Інтернету.

#### **2.4.4 Висновки до аналізу ринку хабів для системи Інтернету речей**

Проаналізувавши рішення різних компаній, було вирішено, що система Інтернету речей буде побудована на базі обладнання Dusun. Його використання значно спростить побудову системи, максимально підвищить її надійність та ефективність, а також забезпечить більш високий рівень сумісності з сучасними технологічними стандартами. Модульна конструкція вбереже від витрат на непотрібний функціонал, а резервний акумулятор збереже від втрати даних. Також, хаби Dusun відповідають поставленим вимогам, тому є їх вибір є цілком обґрунтованим.

#### **2.5 Технічні вимоги до системи Інтернету речей головного офісу компанії «Інфотех»**

##### **2.5.1 Вимоги до кількості пристроїв та функцій виконуваних системою**

Система Інтернету речей компанії з розробки програмного забезпечення «Інфотех» має бути впроваджена в наступних кімнатах головного офісу:

- Серверна;
- Кабінет системного адміністратора;
- Відділ проектування програмного забезпечення;
- Бухгалтерія;
- Кімната відпочинку;
- Відділ розробки;
- Кабінет директора;
- Кухня;
- Відділ тестування та документування;
- Два санвузли.

В серверній кімнаті мають бути встановлені пристрої згідно таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Кількість пристроїв в серверній кімнаті

Пристрої	Кількість
Лампи	Згідно з розрахунку освітленості приміщення, виконаного на сайті Brille, ламп має бути не менше 4 шт. при площі приміщення 28 м <sup>2</sup> та світлового потоку одного світильника не менше 2100 люмен[21]
Датчик температури та вологості	1 шт.
Кондиціонер	1 шт. з потужність по теплу та холоду не менше 4 кВт для покриття площі приміщення 28 м <sup>2</sup>
Датчик руху	1 шт. з дальністю дії не менше 8 метрів
Відеокамера	1 шт.
Датчик диму з сиреною	2 шт.
Розумний перемикач	1 шт.

Кабінет системного адміністратора має бути обладнаний пристроями згідно таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Кількість пристроїв в кабінеті системного адміністратора

Пристрої	Кількість
Лампи	Згідно з розрахунку освітленості приміщення, виконаного на сайті Brille, ламп має бути не менше 3 шт. при площі приміщення 20 м <sup>2</sup> та світлового потоку одного світильника не менше 2000 люмен[21]
Датчик температури та вологості	1 шт.

## Продовження таблиці 2.1

Кондиціонер	1 шт. з потужність по теплу та холоду не менше 4 кВт для покриття площі приміщення 20 м <sup>2</sup>
Датчик руху	1 шт. з дальністю дії не менше 8 метрів
Відеокамера	1 шт.
Датчик диму з сиреною	1 шт.
Хаб	1 шт.
Розумний замок	1 шт.
Розумний перемикач	1 шт.

В кімнаті відпочинку мають знаходитись пристрої згідно таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Кількість пристроїв в кімнаті відпочинку

Пристрої	Кількість
Лампи	Згідно з розрахунку освітленості приміщення, виконаного на сайті Brille, ламп має бути не менше 3 шт. при площі приміщення 24 м <sup>2</sup> та світлового потоку одного світильника не менше 2400 люмен[21]
Датчик температури та вологості	1 шт.
Кондиціонер	1 шт. з потужність по теплу та холоду не менше 4 кВт для покриття площі приміщення 24 м <sup>2</sup>
Датчик руху	1 шт. з дальністю дії не менше 8 метрів
Відеокамера	1 шт.
Датчик диму з сиреною	1 шт.
Розумний перемикач	1 шт.



В відділі розробки мають знаходитись пристрої згідно таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Кількість пристроїв в відділі розробки

Пристрої	Кількість
Лампи	Згідно з розрахунку освітленості приміщення, виконаного на сайті Brille, ламп має бути не менше 4 шт. при площі приміщення 32 м <sup>2</sup> та світлового потоку одного світильника не менше 2400 люмен[21]
Датчик температури та вологості	1 шт.
Кондиціонер	1 шт. з потужність по теплу та холоду не менше 4 кВт для покриття площі приміщення 32 м <sup>2</sup>
Датчик руху	1 шт. з дальністю дії не менше 8 метрів
Відеокамера	1 шт.
Датчик диму з сиреною	2 шт.
Розумний перемикач	1 шт.

Кабінет директора має бути забезпечений пристроями згідно таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Кількість пристроїв в кабінеті директора

Пристрої	Кількість
Лампи	Згідно з розрахунку освітленості приміщення, виконаного на сайті Brille, ламп має бути не менше 3 шт. при площі приміщення 24 м <sup>2</sup> та світлового потоку одного світильника не менше 2400 люмен[21]

Продовження таблиці 2.5

Датчик температури та вологості	1 шт.
Кондиціонер	1 шт. з потужність по теплу та холоду не менше 4 кВт для покриття площі приміщення 24 м <sup>2</sup>
Датчик руху	1 шт. з дальністю дії не менше 8 метрів
Відеокамера	1 шт.
Датчик диму з сиреною	2 шт.
Розумний перемикач	1 шт.

В відділі тестування та документування мають знаходитись пристрої згідно таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Кількість пристроїв в відділі тестування та документування

Пристрої	Кількість
Лампи	Згідно з розрахунку освітленості приміщення, виконаного на сайті Brille, ламп має бути не менше 3 шт. при площі приміщення 24 м <sup>2</sup> та світлового потоку одного світильника не менше 2400 люмен[21]
Датчик температури та вологості	1 шт.
Кондиціонер	1 шт. з потужність по теплу та холоду не менше 4 кВт для покриття площі приміщення 28 м <sup>2</sup>
Датчик руху	1 шт. з дальністю дії не менше 8 метрів
Відеокамера	1 шт.
Датчик диму з сиреною	2 шт.
Розумний перемикач	1 шт.

Кухня має бути забезпечена пристроями згідно таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Кількість пристроїв в кухні

Пристрої	Кількість
Лампи	Згідно з розрахунку освітленості приміщення, виконаного на сайті Brille, ламп має бути не менше 2 шт. при площі приміщення 20 м <sup>2</sup> та світлового потоку одного світильника не менше 1500 люмен[21]
Датчик затоплення	1 шт.
Датчик руху	1 шт. з дальністю дії не менше 8 метрів
Датчик диму з сиреною	1 шт.
Розумний перемикач	1 шт.

Два санвузла мають бути забезпечені пристроями згідно таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Кількість пристроїв в двох санвузлах

Пристрої	Кількість
Лампи	Згідно з розрахунку освітленості в кожному приміщення, виконаного на сайті Brille, ламп має бути не менше 1 шт. при площі приміщення 8 м <sup>2</sup> та світлового потоку одного світильника не менше 600 люмен[21]
Датчик руху	1 шт. з дальністю дії не менше 4 метрів
Датчик затоплення	По 4 шт. в кожному санвузлі
Кульовий клапан з електроприводом	По 1 шт. в кожному санвузлі
Розумний перемикач	По 1 шт. в кожному санвузлі

В кабінеті бухгалтерії мають знаходитись пристрої згідно таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Кількість пристроїв в кабінеті бухгалтерії

Пристрої	Кількість
Лампи	Згідно з розрахунку освітленості приміщення, виконаного на сайті Brille, ламп має бути не менше 3 шт. при площі приміщення 24 м <sup>2</sup> та світлового потоку одного світильника не менше 2400 люмен[21]
Датчик температури та вологості	1 шт.
Кондиціонер	1 шт. з потужність по теплу та холоду не менше 4 кВт для покриття площі приміщення 28 м <sup>2</sup>
Датчик руху	1 шт. з дальністю дії не менше 8 метрів
Відеокамера	1 шт.
Датчик диму з сиреною	2 шт.
Розумний перемикач	1 шт.

В відділі проектування програмного забезпечення мають знаходитись пристрої згідно таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Кількість пристроїв в відділі проектування

Пристрої	Кількість
Лампи	Згідно з розрахунку освітленості приміщення, виконаного на сайті Brille, ламп має бути не менше 3 шт. при площі приміщення 24 м <sup>2</sup> та світлового потоку одного світильника не менше 2400 люмен[21]
Датчик температури та вологості	1 шт.
Кондиціонер	1 шт. з потужність по теплу та холоду не менше 4 кВт для покриття площі приміщення 28 м <sup>2</sup>
Датчик руху	1 шт. з дальністю дії не менше 8 метрів
Відеокамера	1 шт.
Датчик диму з сиреною	2 шт.
Розумний перемикач	1 шт.

Отже, загальна кількість пристроїв, що має бути встановлена в головному офісі компанії з розробки програмного забезпечення «Інфотех», зображено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Загальна кількість пристроїв головного офісу компанії «Інфотех»

Пристрої	Кількість
Лампи	30 шт.
Датчик температури та вологості	8 шт.
Кондиціонер	8 шт.
Датчик руху	11 шт.
Відеокамера	8 шт.
Датчик диму з сиреною	16 шт.
Кульовий клапан з електроприводом	2 шт.
Датчик затоплення	9 шт.
Розумний замок	1 шт.
Хаб	1 шт.
Блок живлення камер	8 шт.
Розумний перемикач	11 шт.

Система інтернету речей головного офісу компанії «Інфотех» має забезпечувати виконання наступних функцій:

В серверній кімнаті мають бути забезпечені наступні функції:

- Температури повітря повинна складати близько 22 °С за рахунок кондиціонера та датчика температури;
- Світло має вмикатись за спрацюванням датчика руху та вимикатись через 5 хвилин після його спрацювання;

- Камера вмикається за датчиком руху;
- При спрацюванні датчику диму сирена має вмикатись й на інших пристроях пожежної сигналізації.

В кабінеті системного адміністратора мають бути забезпечені наступні функції:

- Температури повітря повинна складати близько 22 °С за рахунок кондиціонера та датчика температури;
- Світло має бути ввімкнене з 08:00 до 20:00, решта часу за спрацюванням датчика руху та вимикатись через 5 хвилин після його спрацювання;
- Камера вмикається за датчиком руху;
- При спрацюванні датчику диму сирена має вмикатись й на інших пристроях пожежної сигналізації;

В кімнаті відпочинку мають бути забезпечені наступні функції:

- Температури повітря повинна складати близько 22 °С за рахунок кондиціонера та датчика температури;
- Світло має бути ввімкнене з 08:00 до 20:00, решта часу за спрацюванням датчика руху та вимикатись через 5 хвилин після його спрацювання;
- Камера вмикається за датчиком руху;
- При спрацюванні датчику диму сирена має вмикатись й на інших пристроях пожежної сигналізації.

В відділі розробки мають бути забезпечені наступні функції:

- Температури повітря повинна складати близько 22 °С за рахунок кондиціонера та датчика температури;
- Світло має бути ввімкнене з 08:00 до 20:00, решта часу за спрацюванням датчика руху та вимикатись через 5 хвилин після його спрацювання;
- Камера вмикається за датчиком руху;
- При спрацюванні датчику диму сирена має вмикатись й на інших пристроях пожежної сигналізації.

В кабінеті директора мають бути забезпечені наступні функції:

- Температури повітря повинна складати близько 22 °С за рахунок кондиціонера та датчика температури;
- Світло має бути ввімкнене з 08:00 до 20:00, решта часу за спрацюванням датчика руху та вимикатись через 5 хвилин після його спрацювання;
- Камера вмикається за датчиком руху;
- При спрацюванні датчику диму сирена має вмикатись й на інших пристроях пожежної сигналізації.

В відділі тестування та документування мають бути забезпечені наступні функції:

- Температури повітря повинна складати близько 22 °С за рахунок кондиціонера та датчика температури;
- Світло має бути ввімкнене з 08:00 до 20:00, решта часу за спрацюванням датчика руху та вимикатись через 5 хвилин після його спрацювання;
- Камера вмикається за датчиком руху;
- При спрацюванні датчику диму сирена має вмикатись й на інших пристроях пожежної сигналізації.

На кухні мають бути забезпечені наступні функції:

- При спрацюванні датчика затоплення подається сигнал на кульовий клапан з електроприводом для перекриття води;
- Світло має бути ввімкнене з 08:00 до 20:00, решта часу за спрацюванням датчика руху та вимикатись через 5 хвилин після його спрацювання;
- Камера вмикається за датчиком руху;
- При спрацюванні датчику диму сирена має вмикатись й на інших пристроях пожежної сигналізації.

В санвузлах мають бути забезпечені наступні функції:

- Світло має вмикатись за спрацюванням датчика руху та вимикатись через 5 хвилин після його спрацювання;
- При спрацюванні датчика затоплення подається сигнал на кульовий клапан з електроприводом для перекриття води;

В кімнаті бухгалтерії мають бути забезпечені наступні функції:

- Температури повітря повинна складати близько 22 °С за рахунок кондиціонера та датчика температури;
- Світло має бути ввімкнене з 08:00 до 20:00, решта часу за спрацюванням датчика руху та вимикатись через 5 хвилин після його спрацювання;
- Камера вмикається за датчиком руху;
- При спрацюванні датчику диму сирена має вмикатись й на інших пристроях пожежної сигналізації.

В відділі проектування програмного забезпечення мають бути забезпечені наступні функції:

- Температури повітря повинна складати близько 22 °С за рахунок кондиціонера та датчика температури;
- Світло має бути ввімкнене з 08:00 до 20:00, решта часу за спрацюванням датчика руху та вимикатись через 5 хвилин після його спрацювання;
- Камера вмикається за датчиком руху;
- При спрацюванні датчику диму сирена має вмикатись й на інших пристроях пожежної сигналізації.

Підтримка зв'язку та протоколів:

- Підтримка протоколів для передачі даних між пристроями – ZigBee, Wi-Fi для передачі даних до хмари MQTT, Wi-Fi.
- Використання бездротового зв'язку для пристроїв Інтернету речей.



#### Масштабованість:

- Здатність масштабування системи для взаємодії з великою кількістю пристроїв.
- Підтримка багатоадресної передачі для ефективного спілкування з групами пристроїв.

#### Безпека та конфіденційність:

- Забезпечення шифрування та аутентифікації даних для запобігання несанкціонованому доступу та збереження конфіденційності інформації.
- Реалізація механізмів захисту від атак, включаючи захист від перехоплення та внесення змін до передавання даних.

#### Ефективне керування та моніторинг:

- Можливість віддаленого керування пристроями та системою в цілому.
- Реалізація засобів моніторингу та відстеження стану пристроїв для своєчасного виявлення та вирішення проблем.

#### Енергоефективність:

- Оптимізація споживання енергії для пристроїв, завдяки протоколу передачі даних ZigBee.
- Камери мають вмикатись за датчиком руху, решту часу бути в режимі низького споживання енергії.

#### Інтеграція та розширюваність:

- Можливість інтеграції системи IoT з іншими інформаційними системами.
- Здатність до розширення та оновлення для підтримки нових пристроїв та функцій.

### **2.5.2 Вимоги до надійності**

- Забезпечення стійкості системи до збоїв та можливість автоматичного відновлення роботи після відключення інтернету або світла.

- Реалізація механізмів резервування для запобігання втраті даних у випадку виключень інтернету або світла.

### **2.5.3 Умови експлуатації пристроїв**

Робоча температура має бути в діапазоні від 10°C до 40 °C.

Температура зберігання має бути в діапазоні від 0 °C до 50 °C

Робоча вологість має бути в діапазоні від 10% до 70%

### **2.6 Висновки до теоретичного розділу**

У цьому розділі було проведено порівняльний аналіз протоколів передачі даних між пристроями, мережевих протоколів та популярних виробників хабів. За результатом порівняльного аналізу пристроїв передачі даних між пристроями було вирішено, що найкращим вибором для системи Інтернету речей головного офісу ТОВ «Інфотех» є протокол ZigBee, оскільки він забезпечує ефективний зв'язок між пристроями з широким покриттям. Його енергоефективність сприяє тривалому терміну служби акумуляторів та ефективному енергозбереженню. Вбудоване шифрування та автентифікація роблять ZigBee надійним для забезпечення безпеки в мережі IoT.

Після аналізу мережевих протоколів передачі даних для систем Інтернету речей компанії "Інфотех" було вибрано протокол MQTT. Обґрунтування вибору полягає в його низьких накладних витратах, завдяки компактному розміру заголовка та двійковому формату, що сприяє ефективній мережевій експлуатації та зменшенню споживання пропускну здатності. MQTT володіє високою надійністю завдяки різним рівням якості обслуговування та можливості зберігання повідомлень для офлайн-абонентів. Його енергоефективність від батареї робить його вигідним для пристроїв із тривалим терміном служби акумуляторів, споживаючи менше енергії порівняно з HTTP. Вбудоване шифрування та автентифікація підвищують безпеку в мережі IoT.

Результатом аналізу хабів від різних компаній, на ринку, було вирішено побудувати систему Інтернету речей на обладнанні Dusun. Його використання

спростить побудову системи, підвищить надійність та ефективність, а також забезпечить високий рівень сумісності з технологічними стандартами. Модульна конструкція збереже від витрат на зайвий функціонал, а резервний акумулятор допоможе запобігти втраті даних. Хаби Dusun відповідають вимогам, що робить їх вибір обґрунтованим.

## 3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ

### 3.1 Розробка структурної схеми системи інтернету речей головного офісу компанії «Інфотех»

Структурна схема являє собою схематичне розміщення розумних пристроїв в головному офісі компанії «Інфотех».

Всі пристрої в системі мають бездротове підключення до хабу. Відеокамери та кондиціонери підключені за протоколом передачі даних Wi-Fi, всі інші пристрої підключені по ZigBee. Загальний вигляд структурної схеми можна побачити на рисунку 3.2.

Головний офіс компанії з розробки програмного забезпечення складається з наступних кімнат:

- Серверна;
- Кабінет системного адміністратора;
- Відділ проектування програмного забезпечення;
- Бухгалтерія;
- Кімната відпочинку;
- Відділ розробки;
- Кабінет директора;
- Кухня;
- Відділ тестування та документування;
- Два санвузли.

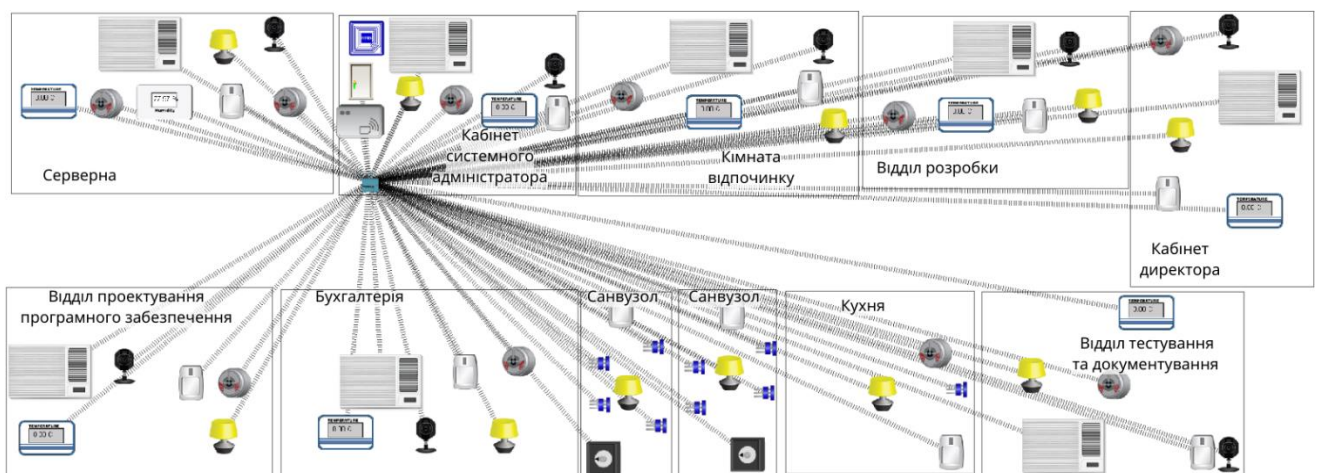


Рисунок 3.1 – Загальна структурна схема

Далі буде розглянуто структуру та розумні пристрої, що знаходяться в кожній кімнату окремо. Літерою N позначені номери пристроїв.

На структурній схемі серверної кімнати, зображеній на рисунку 3.3, знаходяться наступні об'єкти:

- Кондиціонер, позначений «НК»;
- Датчик диму з сиреною, позначений «НПС»;
- Датчик температури та вологості повітря, позначений «НДТВ»;
- Лампи, позначені «НЛ»;
- Відеокамера, позначена «НВК»;
- Датчик руху, позначений «НДР»;
- Розподільна коробка позначена «РК»;
- Синім квадратом позначено розетку;
- Червоними лініями позначені дроти електромережі;
- Блок живлення, позначений «НБЖ».

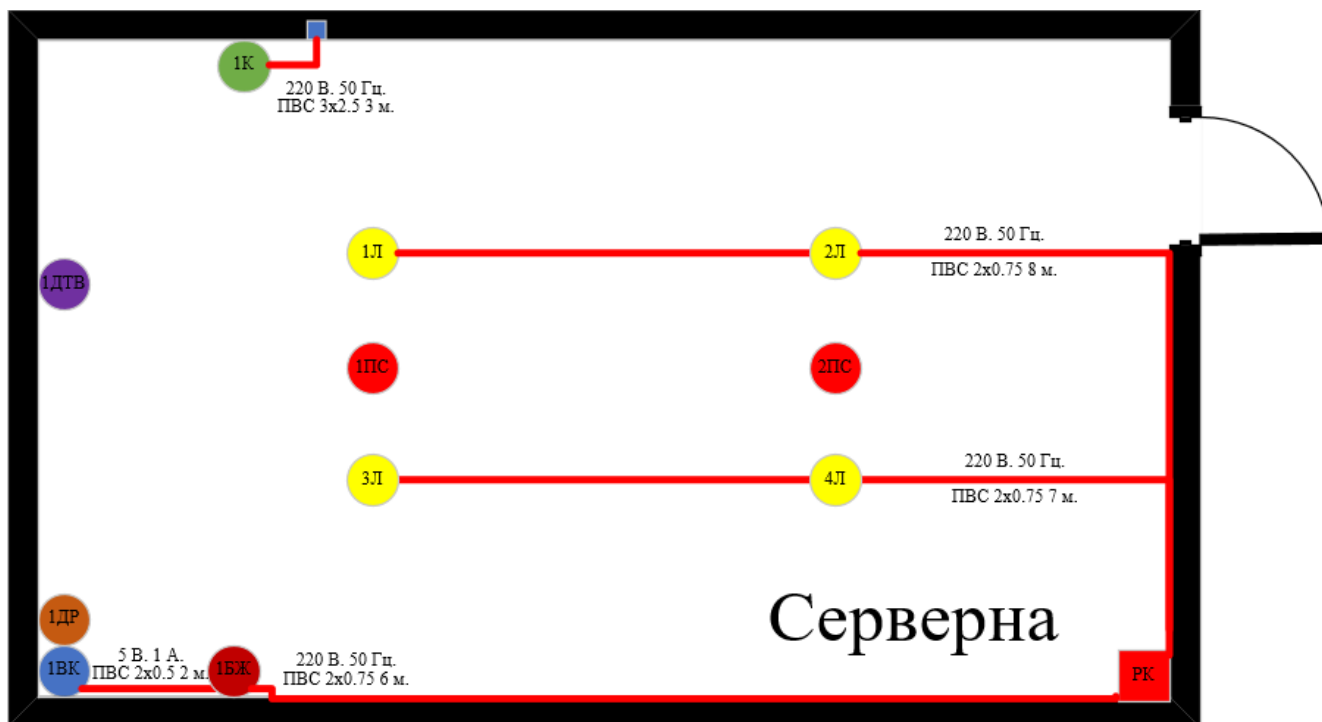


Рисунок 3.2 – Структурна схема серверної кімнати

На структурній схемі кабінету системного адміністратора, зображеній на рисунку 3.4, знаходяться наступні об'єкти:

- Розумний замок, позначений «З»;
- Кондиціонер, позначений «НК»;
- Датчик диму з сиреною, позначений «НПС»;
- Датчик температури та вологості повітря, позначений «НДТВ»;
- Лампи, позначені «НЛ»;
- Відеокамера, позначена «NBK»;
- Датчик руху, позначений «НДР»;
- Розподільна коробка позначена «РК»;
- Синім квадратом позначено розетку;
- Червоними лініями позначені дроти електромережі;
- Блок живлення, позначений «НБЖ».



Рисунок 3.3 – Структурна схема кабінету системного адміністратора

На структурній схемі кімнати відпочинку, зображеній на рисунку 3.5, знаходяться наступні об'єкти:

- Кондиціонер, позначений «НК»;
- Датчик диму з сиреною, позначений «НПС»;
- Датчик температури та вологості повітря, позначений «НДТВ»;
- Лампи, позначені «НЛ»;
- Відеокамера, позначена «NBK»;
- Датчик руху, позначений «НДР»;
- Розподільна коробка позначена «ПК»;

- Синім квадратом позначено розетку;
- Червоними лініями позначені дроти електромережі;
- Блок живлення, позначений «НБЖ».

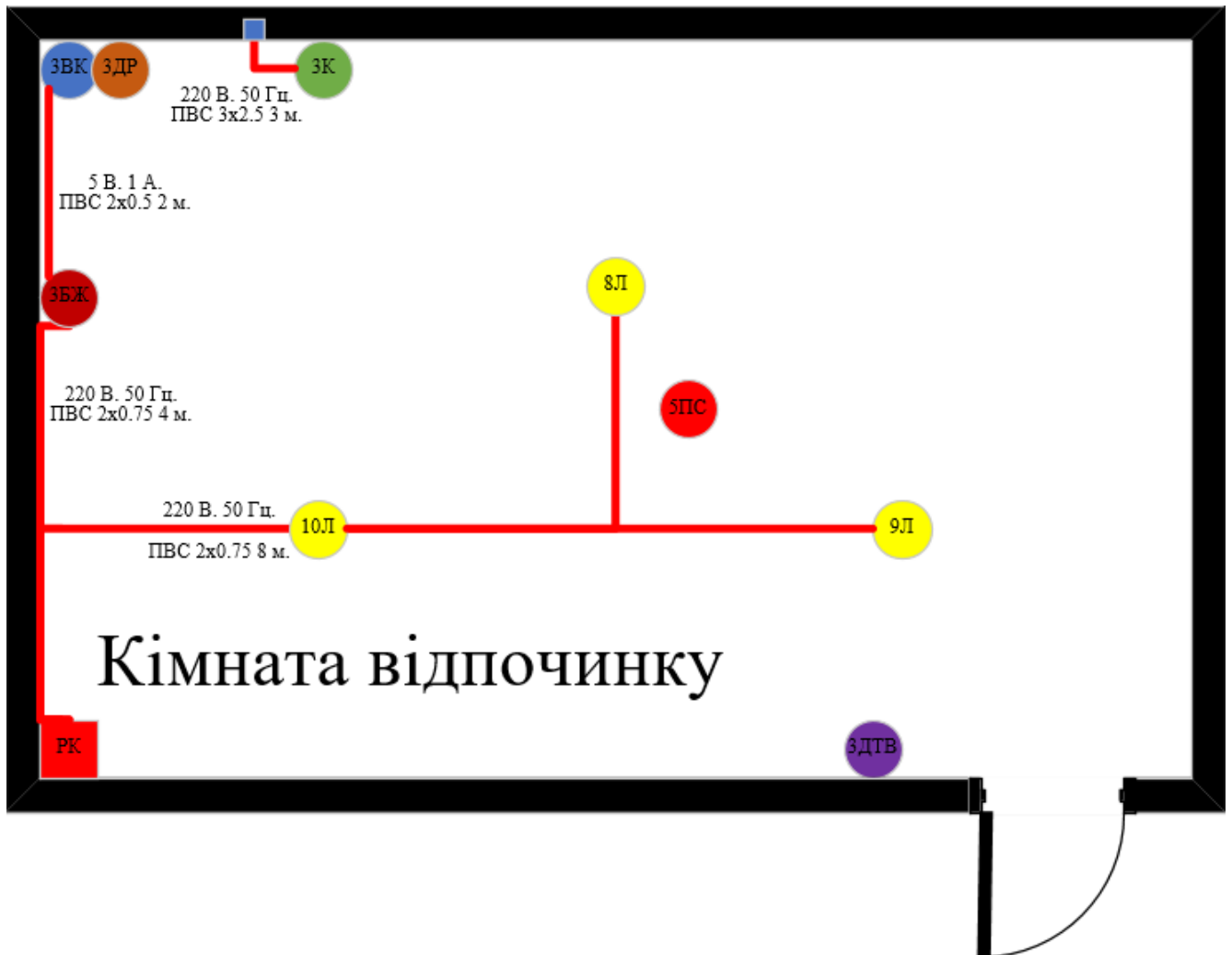


Рисунок 3.4 – Структурна схема кімнати відпочинку

На структурній схемі відділу розробки, зображеній на рисунку 3.6, знаходяться наступні об'єкти:

- Кондиціонер, позначений «НК»;
- Датчик диму з сиреною, позначений «НПС»;
- Датчик температури та вологості повітря, позначений «НДТВ»;
- Лампи, позначені «НЛ»;
- Відеокамера, позначена «НВК»;
- Датчик руху, позначений «НДР»;



- Розподільна коробка позначена «РК»;
- Синім квадратом позначено розетку;
- Червоними лініями позначені дроти електромережі;
- Блок живлення, позначений «НБЖ».

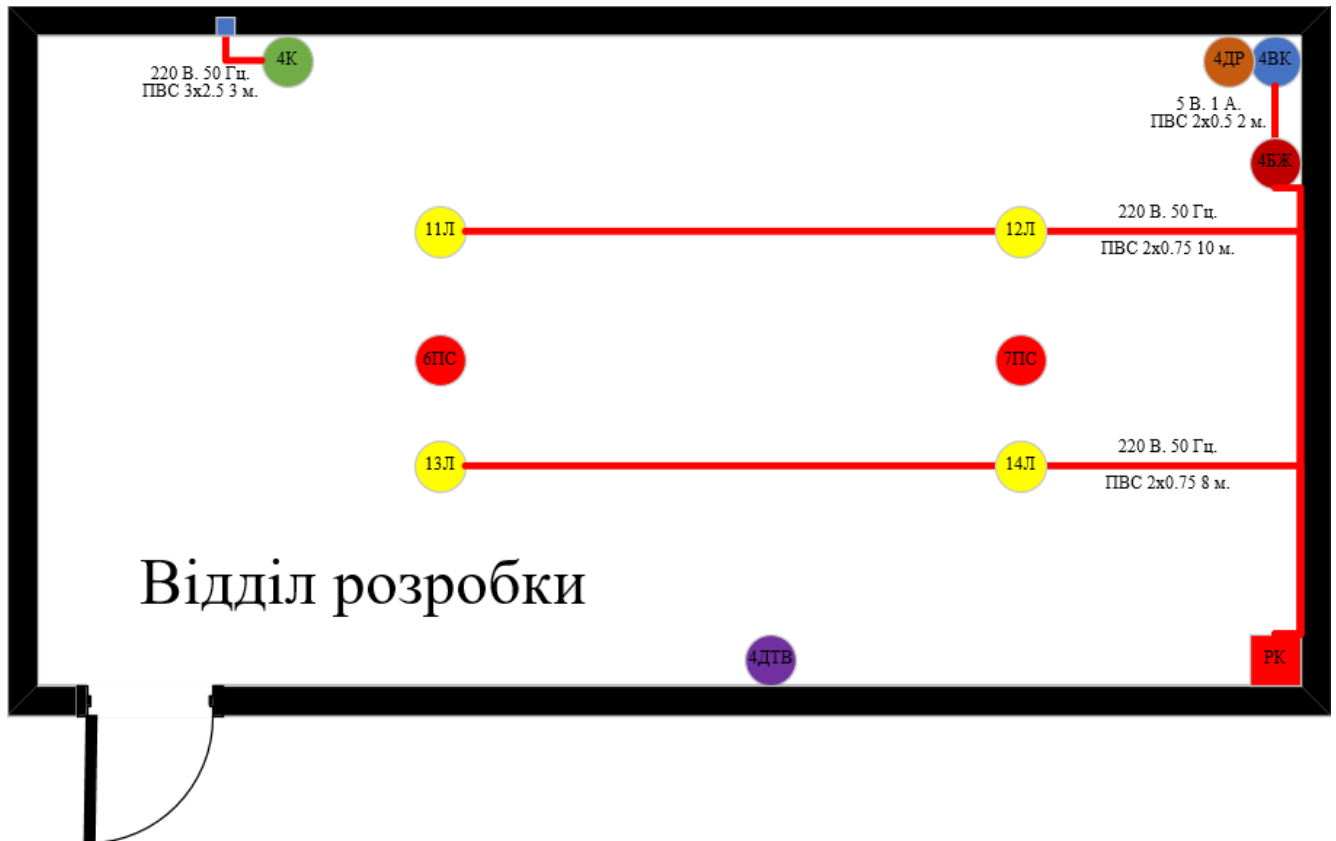


Рисунок 3.5 – Структурна схема відділу розробки

На структурній схемі кабінету директора, зображеній на рисунку 3.7, знаходяться наступні об'єкти:

- Кондиціонер, позначений «НК»;
- Датчик диму з сиреною, позначений «НПС»;
- Датчик температури та вологості повітря, позначений «НДТВ»;
- Лампи, позначені «НЛ»;
- Відеокамера, позначена «НВК»;
- Датчик руху, позначений «НДР»;
- Розподільна коробка позначена «РК»;
- Синім квадратом позначено розетку;

- Червоними лініями позначені дроти електромережі;
- Блок живлення, позначений «НБЖ».

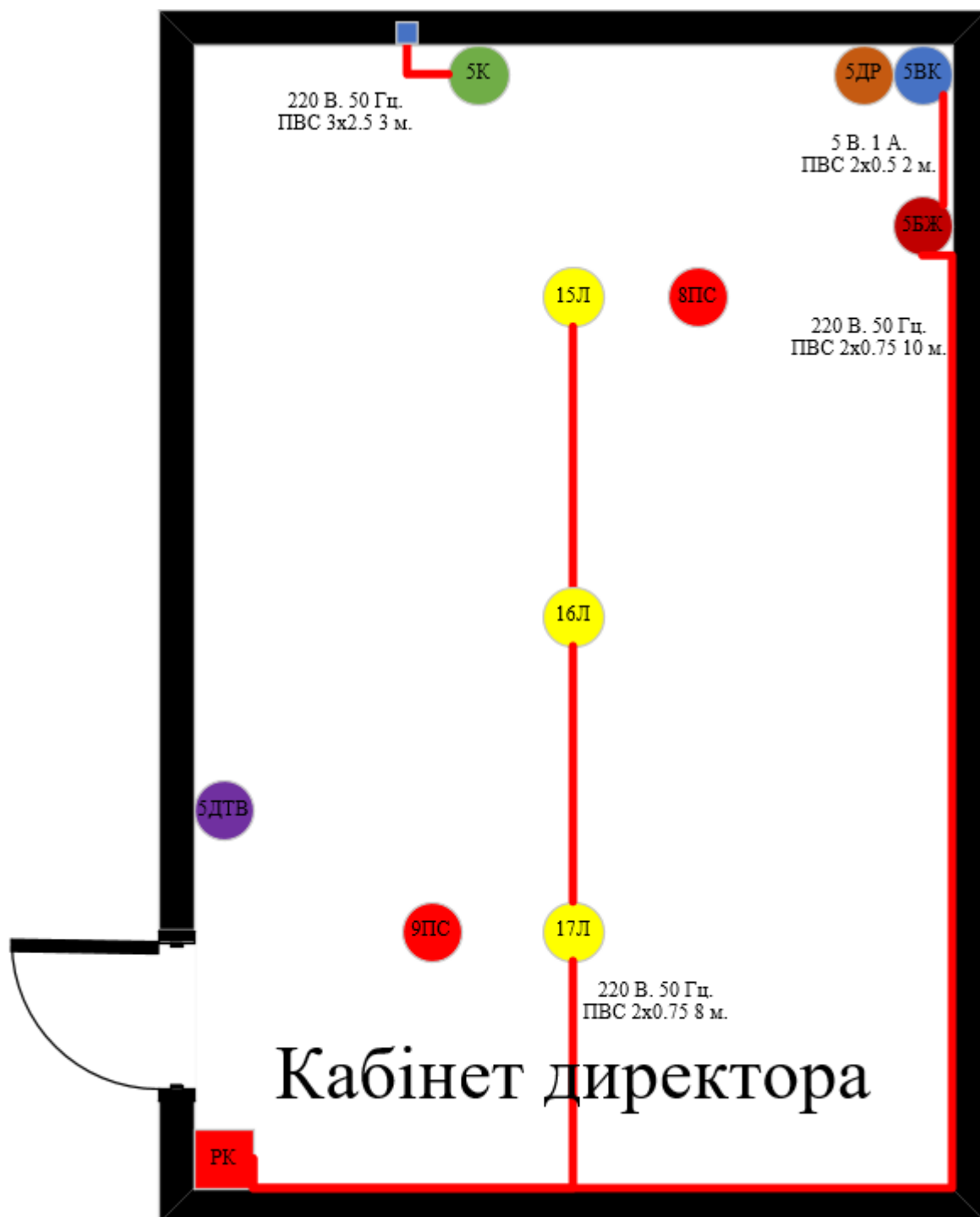


Рисунок 3.6 – Структурна схема кабінету директора

На структурній схемі відділу тестування та документування, зображеній на рисунку 3.8, знаходяться наступні об'єкти:

- Кондиціонер, позначений «НК»;
- Датчик диму з сиреною, позначений «НПС»;
- Датчик температури та вологості повітря, позначений «НДТВ»;
- Лампи, позначені «НЛ»;
- Відеокамера, позначена «НВК»;
- Датчик руху, позначений «НДР»;
- Розподільна коробка позначена «РК»;
- Синім квадратом позначено розетку;
- Червоними лініями позначені дроти електромережі;
- Блок живлення, позначений «НБЖ».

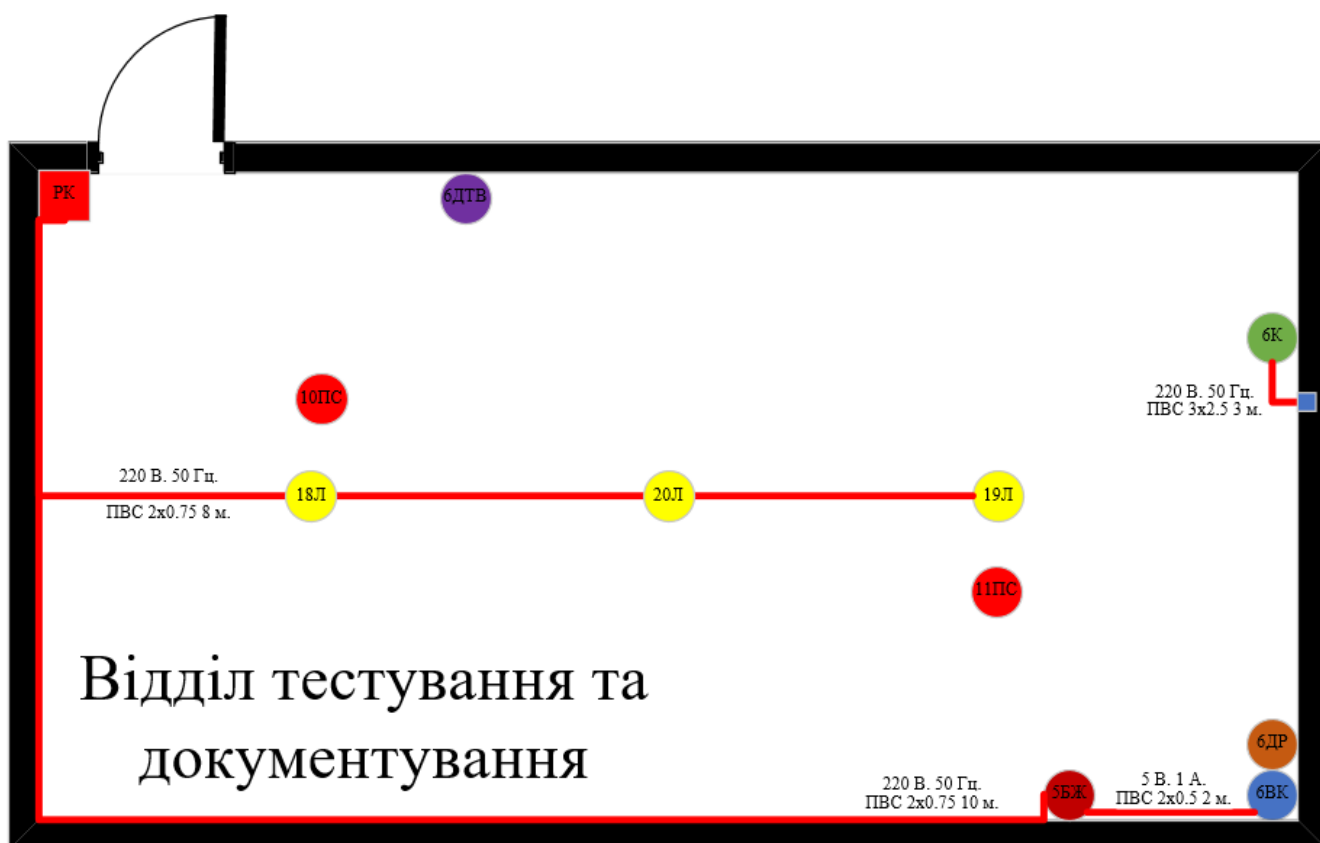


Рисунок 3.7 – Структурна схема відділу тестування та документування

На структурній схемі кухні, зображеній на рисунку 3.9, знаходяться наступні об'єкти:

- Датчик диму з сиреною, позначений «НПС»;
- Лампи, позначені «НЛ»;
- Датчик руху, позначений «НДР»;
- Розподільна коробка позначена «РК»;
- Червоними лініями позначені дроти електромережі.

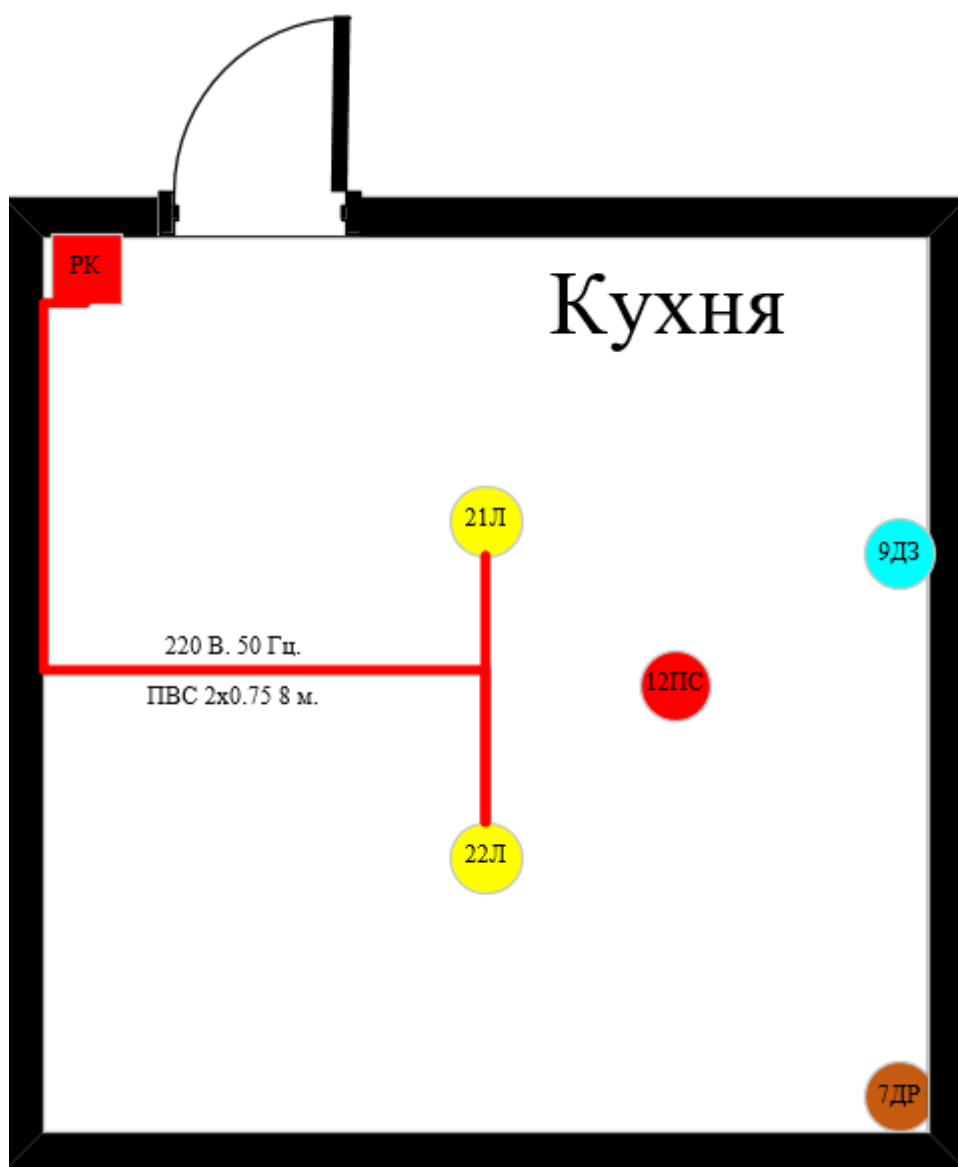


Рисунок 3.8 – Структурна схема кухні

На структурній схемі санвузлів, зображеній на рисунку 3.10, знаходяться наступні об'єкти:

- Кульовий клапан з електроприводом, позначені «НКЕ»;
- Датчики затоплення, позначені «НДЗ»;
- Лампи, позначені «НЛ»;
- Датчик руху, позначений «НДР»;
- Розподільна коробка позначена «РК»;
- Синім квадратом позначено розетку;
- Червоними лініями позначені дроти електромережі.

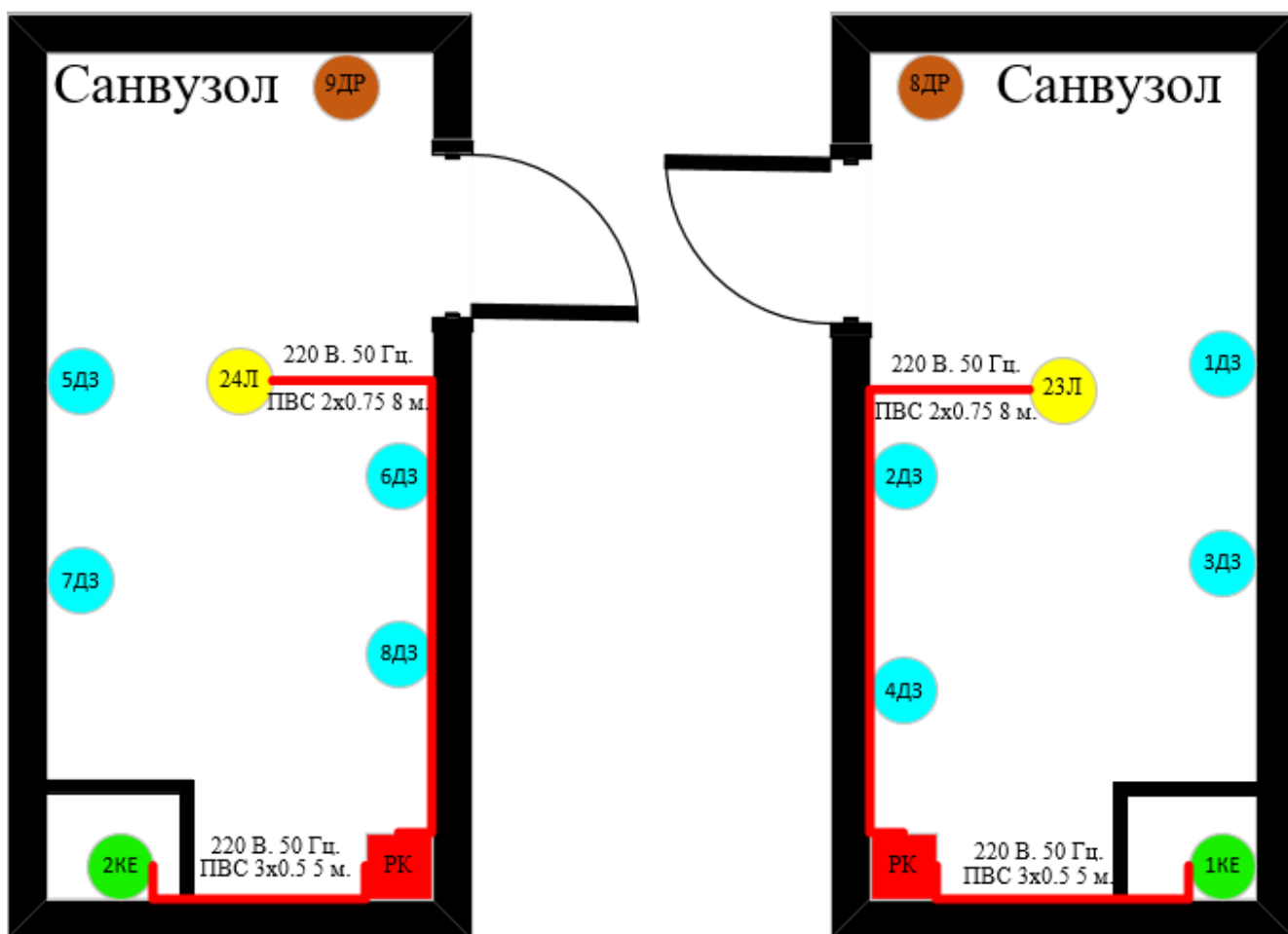


Рисунок 3.9 – Структурна схема санвузлів

На структурній схемі кабінету бухгалтерії, зображеній на рисунку 3.11, знаходяться наступні об'єкти:

- Кондиціонер, позначений «НК»;
- Датчик диму з сиреною, позначений «НПС»;
- Датчик температури та вологості повітря, позначений «НДТВ»;
- Лампи, позначені «НЛ»;
- Відеокамера, позначена «НВК»;
- Датчик руху, позначений «НДР»;
- Розподільна коробка позначена «РК»;
- Синім квадратом позначено розетку;
- Червоними лініями позначені дроти електромережі;
- Блок живлення, позначений «НБЖ».

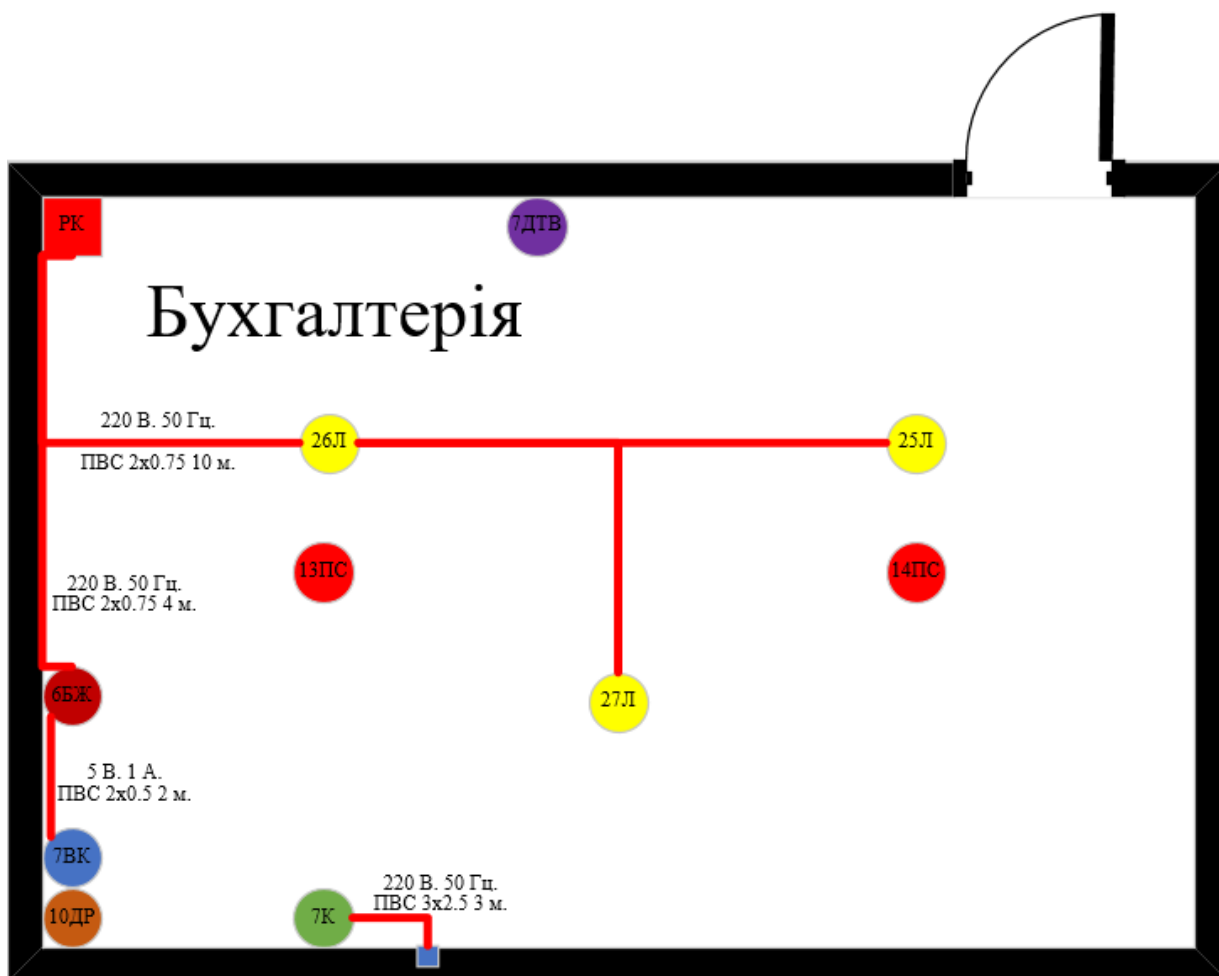


Рисунок 3.10 – Структурна схема бухгалтерії

На структурній схемі відділу проектування програмного забезпечення, зображеній на рисунку 3.12, знаходяться наступні розумні пристрої:

- Кондиціонер, позначений «НК»;
- Датчик диму з сиреною, позначений «НПС»;
- Датчик температури та вологості повітря, позначений «НДТВ»;
- Лампи, позначені «НЛ»;
- Відеокамера, позначена «НВК»;
- Датчик руху, позначений «НДР»;
- Розподільна коробка позначена «РК»;
- Синім квадратом позначено розетку;
- Червоними лініями позначені дроти електромережі;
- Блок живлення, позначений «НБЖ».



Рисунок 3.11 – Структурна схема відділу проектування програмного забезпечення

### 3.2 Розробка функціональної схеми передачі даних в системі інтернету речей головного офісу компанії «Інфотех»

Функціональна схема передачі даних, зображена на рисунку 3.1, описує процес передачі інформації в системі Інтернету речей головного офісу компанії «Інфотех». Конкретно, пристрої, які збирають дані з навколишнього середовища, передають їх до хабу за допомогою протоколу передачі даних ZigBee, де ці дані зберігаються та обробляються.

Після обробки хаб виконує передачу сигналів виконавчим пристроям також за допомогою протоколу ZigBee відповідно до заздалегідь налаштованих сценаріїв. Одночасно з цим хаб надсилає дані з пристроїв на хмаровий сервіс Home Assistant. З хмари дані передаються на інтерфейс користувача для подальшого відображення та контролю.

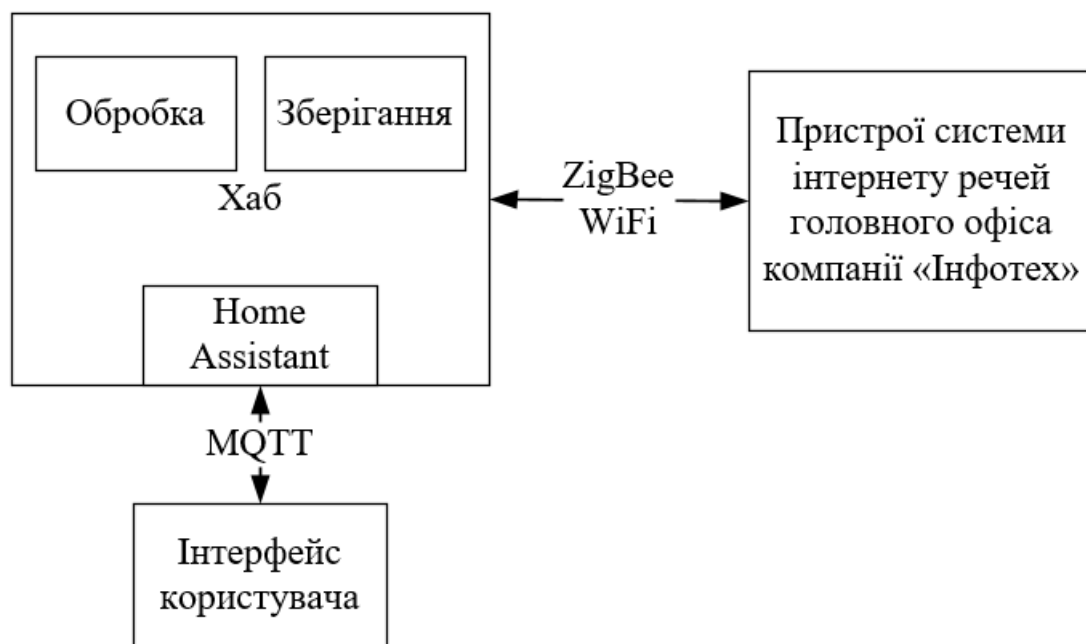


Рисунок 3.12 – Функціональна схема передачі даних



### 3.3 Вибір апаратних засобів і елементної бази системи інтернету речей головного офісу компанії «Інфотех»

У процесі розробки системи Інтернету речей для головного офісу компанії «Інфотех», ключовим етапом є вибір апаратних засобів і елементної бази. Цей важливий відбір визначає, як пристрої будуть взаємодіяти між собою та збирати, обробляти та передавати дані. Далі буде детально розглянуто обрані пристрої, які забезпечують оптимальне функціонування системи.

В якості хабу системи Інтернету речей буде використано рішення від компанії Dusun DSGW-290 RK3568, в кількості 1 шт. згідно вимог. Його технічні характеристики наведені в таблиці 3.1[12]

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика DSGW-290

ЦП	RK3568 ARM® чотирьохядерний 64-бітний процесор, чотирьохядерний Cortex-A55 ARM G52 2EE Підтримка OpenGL ES 1.1/2.0/3.2, OpenCL 2.0, Vulkan 1.1
ОЗП	4GB двоканальна 64Bit LPDDR4
eMMC	До 128 ГБ
ОС	Debian11
Джерело живлення	DC12V/3A
Перемикач	Увімкнення/вимкнення живлення
Порти	1 x USB 3.0, 1 x USB 2.0, 1 x USB Type-C, 2 x Gigabit Ethernet, 1 x HDMI, 1 x 3,5 мм Audio PORT, 1 x MIPI-CSI інтерфейс камери (вбудований подвійний апаратний ISP, до одного 13М пікселя або двох 8М пікселів), 1 x M.2 SSD (до 512 ГБ)
Мережевий інтерфейс	Змінна WAN/LAN.
Бездротовий протокол	Zigbee, Wi-Fi
Антенa	Антенa Zigbee PCB

Продовження таблиці 3.1

Спосіб установки	Плоский, Стельовий, DIN
RTC	Годинник реального часу працює від бортової батареї
Рейтинг IP	IP22
Охолодження	Тепловідвід силікон/алюміній
Струм	500 мА при 5 В

В якості датчику руху було обрано рішення від компанії Nous E2, в кількості 11 шт. згідно вимог. Його технічні характеристики наведені в таблиці 3.2[13].

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика Nous E2

Бренд	Nous
Матеріал	ABS
Сертифікат	CE, RoSH
Розміри пристрою	47*38*35mm
Тип акумулятора	CR2*1,3V
Ємність акумулятора	до 5 років роботи
Температурний режим експлуатації	-10°C - +50°C
Вага пристрою	31g (з батареєю)
Протокол	Zigbee3.0
Панорамний вид	120 градусів
Детектор руху	до 9 метрів

Для забезпечення раннього виявлення пожежі було обрано датчик диму від компанії MAXUS SMART AirVision-Z-Smoke, в кількості 16 шт. згідно вимог. Його технічні характеристики вказані в таблиці 3.3[14].

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика AirVision-Z-Smoke

Бренд	MAXUS SMART
Тип бездротового підключення	ZigBee
Комплект поставки	датчик, шурупи, дюбелі, ключ-скріпка, інструкція
Діапазон робочої напруги	110-240
Напруга, V	3
Матеріал корпусу	Пластик
Ступінь захисту від вологи	IP21
Колір корпусу	білий
Термін гарантії	12
Температурний режим експлуатації, С	от -10 до +50
Тип кріплення	Шурупи, двосторонній скоч
Акумулятор	DC 3V (CR123A или CR17335)
Висота, мм	60
Ширина, мм	50
Довжина, мм	60

Задля забезпечення захисту від протікань води було обрано 2-ходовий кульовий клапан з електроприводом Tervix Pro Line ORC, в кількості 2 шт. згідно вимог. Технічні характеристики Tervix Pro Line ORC можна побачити в таблиці 3.3[22].

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики Tervix Pro Line ORC

Тип/модель	ORC
Розмір	DN20
Робоча температура	5-95°C
Різьбове з'єднання	3/4"
Матеріал	латунь
Напруга	230 В, 50-60 Гц
Крутний момент	4 Нм
Kvs	20
Комплектація	1. Клапан з приводом; 2. Інструкція
Управляючий сигнал	SPST
Час повороту на 90	25 сек
Бренд	Tervix (Німеччина)
Тип	НВ (нормально відкритий)
Номінальний тиск	PN 16
Максимальний перепад тиску	< 6 бар
Середовище	хол. вода / гар. вода/ 60% гліколя / повітря

Для визначення протікань було обрано датчик Tervix Pro Line Flood Sensor Wireless, в кількості 9 шт. згідно вимог. Його технічні характеристики зображені в таблиці 3.4[16].

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики Tervix Pro Line Flood Sensor Wireless

Тип/модель	Pro Line ZigBee Flood Sensor Wireless
Розмір	Ø 50 мм x 18 мм
Робоча температура	-10...+55°C
Матеріал	ABS
Напруга	3В
Бренд	Tervix (Німеччина)
Елемент живлення	батарейка CR2032, 1 шт
Стандарт	ZigBee 3.0
Радіус роботи	до 40м
Датчик наявності води	вбудований

Для забезпечення освітлення кімнат було обрано світлодіодні панелі FLF-92 36W NW 72 pcs SMD2835 LED, в кількості 30 шт. згідно вимог. Вони будуть підключені до вже наявної електромережі. Його технічні характеристики можна побачити в таблиці 3.5[16].

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики стельового світильника RGBW

Zemismart

Потужність	36W
Тип лампи	Вбудовані LED
Кількість джерел світла	1
Колір	Білий
Індекс передачі кольору	>75Ra
Відтінок (колір) світіння	Нейтральний (4000-4700K)
Кут розсіювання 120°	Кут розсіювання 120°
Матеріал	Пластик
Монтаж	Армстронг
Напруга	220V
Напрямок світла	Вниз
Світлова віддача	70-75lm/W
Тип світлодіода	SMD 2835
Форма	Квадратна
Ступінь захисту оболонки	IP20

Для вимірювання температури та вологості повітря в кімнатах буде використано рішення від компанії Tuuya, в кількості 8 шт. згідно вимог. Технічні характеристика пристрою можна побачити в таблиці 3.5[17].

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики датчика температури і вологості Tuuya з РК дисплеєм

Виробник	Tuuya
Тип датчика	Температури і вологості
Протокол зв'язку	ZigBee
Екосистема	Home Assistant, Google Home, Tuuya Smart

Продовження таблиці 3.5

Батарея	2 AAA
Розмір	61*61*23 мм
Робочі температури	- 10 - +40 °C
Робоча вологість	0 % - 95% (без конденсату)

Задля забезпечення необхідної температури в кімнатах було обрано кондиціонер від компанії Neoclima NS/NU-18ENZIw Yeti, в кількості 8 шт. згідно вимог. Технічні характеристики кондиціонера можна побачити в таблиці 3.6[18].

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики кондиціонера Neoclima NS/NU-18ENZIw Yeti

Тип компресора:	Інверторний
Тип внутрішнього блоку:	Настінний
Площа приміщення:	35-55 м <sup>2</sup>
Тип установки:	Настінний
Холодопродуктивність:	5 кВт
Теплопродуктивність:	5.6 кВт
Споживана потужність:	1.5 кВт
Протокол зв'язку	Wi-Fi
Особливості:	Інверторне керування; Холодоагент R32; Енергоефективність класу A++ / A; Компактність; Гідрофільні покриття блоків; Економічність; Регульовані жалюзі; Функція Mute

Задля впровадження відеоспостереження було обрано камери від компанії Sonoff GK-200MP2-B, в кількості 8 шт. згідно вимог. Їх технічні характеристики можна побачити в таблиці 3.7[19].

Таблиця 3.7 – Технічна характеристика Sonoff GK-200MP2-B

Виробник	Sonoff
Протокол зв'язку	Wi-Fi
Екосистема	Home Assistant, Ewelink, Google Home
Розмір	109*109*120 мм
Вага:	500 гр.
Робоча температура:	від 0°C до +55°C
Стандарт стиснення відео:	H.264
Діафрагма об'єктива:	F 1.2
Живлення	220/5
Кути повороту:	340 градусів по горизонталі, 120 градусів по вертикалі

Задля перешкоджання доступу до серверної кімнати буде встановлено розумний замок SEVEN LOCK L-7071Z, в кількості 1 шт. згідно вимог. Його технічні характеристики можна побачити в таблиці 3.8[20].

Таблиця 3.8 – Технічна характеристика SEVEN LOCK L-7071Z

Тип з'єднання:	Zigbee 2.4GHz.
Спосіб відкриття:	Механічний ключ із чипом. У комплекті п'ять механічних ключів із чипом.
Метод шифрування:	AES 128 біт
Живлення:	3 батарейки LR1 AM5 1.5V AA
Розмір циліндра	50*50 мм

Живлення камер буде здійснено за допомогою блоку живлення від компанії BAOTAID 5V 1A 5W YS-U5S5WB, в кількості 8 шт. згідно вимог. Його технічна характеристика зображена в таблиці 3.9, а схема підключення зображена на рисунку 3.2.



Таблиця 3.9 – Технічна характеристика блоку живлення

Напруга (вихідне):	5В DC
Вихідний номінальний струм	800мА
Діапазон вихідного струму	0-1000мА
Рівень шуму/пульсацій	≤60mVp-p (ном.)
Номінальна потужність	5Вт
Максимальна потужність	5Вт
Напруга живлення	100-264В AC
Вхідний струм	<0.2А (середнє значення 0,03-0.1А)
Частота живлячої мережі	47-63Гц
ККД:	75%
Пусковий струм	холодний старт 30а при 230v AC
Струм витоку	< 2мА при 220В AC
Захист від перевантаження	150-170% від номінальної потужності, автовідновлення
Захист від перенапруження	VH1: >50%
Захист від короткого замикання	є, відновлення після усунення до/з
Робоча температура, вологість	-15°C – +50°C@100%load, +60°C@60%load: 20%-90%rh
Температура зберігання, вологість	-20°C – +85 10%-95%rh
Електрична ізоляція (вхід-вихід)	0.8kv AC 1min / 100МОм при 500В
Габарити	58x30x22 мм
Вага	32 г.

Для віддаленого керування освітленням в кожний наявний вимикач світла буде встановлено розумний перемикач Tervix Pro Line Switch, в кількості 11 шт. Його технічні характеристики зображені в таблиці 3.10, а вигляд та схема підключення на рисунку 3.14[23].

Таблиця 3.10 – Технічні характеристики розумного перемикача

Тип/модель	Pro Line ZigBee Switch (only L)
Робоча температура	-10...+40°C
Напруга	220 - 240В, 50/60Гц
Ступінь захисту	IP 20
Бренд	Tervix (Німеччина)
Тип	розумний вимикач на дві клавіші
Підключення	тільки фаза (L)
Макс. навантаження	2*100 Вт (LED)
Стандарт	ZigBee 3.0 (2.4 ГГц)
Радіус дії	до 200 м
Розмір	46 x 46 x 18 мм
Спосіб монтажу	DIN рейка / підрозетна коробка Ø60мм



Рисунок 3.14 – Перемикач з схемою відключення

Виходячи з структурних схем зображених на рисунках 3.2 – 3.11, для проведення живлення пристроїв до розподільчої коробки необхідні дроти зображені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Тип та довжина необхідних дротів

Тип дроту	Довжина	Примітка
ПВС 2x0.5	20 м.	Від камер до блоку живлення
ПВС 2x0.75	50 м.	Від блоку живлення до розподільної коробки
ПВС 3x0.5	10 м.	Від кульового клапану з електроприводом до розподільної коробки

Проведене живлення має знаходитись в кабель каналах. Для цього було обрано міні-канал від компанії Schneider Electric Ultra. Його технічні характеристики зображено в таблиці 3.12[24].

Таблиця 3.12 – Технічні характеристики кабель каналу

Тип	Мініканали
Особливості	Настінний
Матеріал	ПВХ
Типорозмір коробка, мм	16
Довжина, м	80
Колір	Білий
Ступінь горючості	IP40/IK07

### 3.4 Висновки до розділу синтез системи

За результатами дослідження, проведеного в другому розділі кваліфікаційної роботи, було розроблено функціональну схему передачі даних, яка відображає процес передачі інформації в системі Інтернету речей головного офісу компанії «Інфотех». Додатково, в рамках цього розділу була створена структурна схема розміщення пристроїв як на загальному плані, так і для кожної окремої кімнати.

Після цього, за результатами порівняльного аналізу, який був проведений в другому розділі кваліфікаційної роботи, було обрано хаб від компанії Dusun DSGW-290 та інші необхідні пристрої для забезпечення вимог до функціональності системи Інтернету речей головного офісу компанії «Інфотех».

Розроблена функціональна та структурні схеми були виконані відповідно до встановлених вимог, забезпечуючи належний рівень зрозумілості та інформативності.

Важливо відзначити, що обране обладнання в повній мірі відповідає високим стандартам і вимогам, що були визначені для цієї системи. Результати даного розділу служать основою для подальшого успішного впровадження та ефективного функціонування системи Інтернету речей у головному офісі компанії «Інфотех».

## **4 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

### **4.1 Призначення й сфера застосування програми**

Для моделювання системи інтернету речей головного офісу компанії з розробки програмного забезпечення «Інфотех» буде використано Cisco Packet Tracer версії 8.1.0.

Packet Tracer може бути використана для створення та тестування складних IoT-систем. Користуючись цією програмою, можна моделювати взаємодію різноманітних IoT-пристроїв, таких як сенсори, активатори, контролери та інші, у віртуальному середовищі.

Основні функції Packet Tracer, такі як можливість створення складних мереж, аналіз трафіку та емуляція різних мережевих умов, роблять її ефективним інструментом для навчання та дослідження в області IoT. Крім того, це дозволяє отримувати практичні навички у роботі з реальними IoT-сценаріями, що дозволить підготуватися до можливих проблем пов'язаних з розробкою та управління системи Інтернету речей.

Тому, Packet Tracer цілком задовольняє необхідні потреби для моделювання системи інтернету речей головного офісу компанії з розробки програмного забезпечення «Інфотех». Завдяки своєму широкому виборі розумних пристроїв, гнучкості в їх налаштуваннях та можливості створення сценаріїв взаємодії між ними, що дозволить створити близьку до реальної модель у віртуальному середовищі.

### **4.2 Обґрунтування технічних характеристик програми**

#### **4.2.1 Постановка завдання на розробку програми**

Розроблена програма, для системи Інтернету речей компанії «Інфотех», має забезпечувати виконання наступних функцій:

- керування освітленням за часом та датчиками руху;
- підтримка заданої температури в кімнатах;
- здійснення відеоспостереження за датчиками руху;

- реалізація пожежної сигналізації;
- реалізація захисту від протікань.

#### 4.2.2 Опис алгоритму і функціонування програми

Керування освітленням, здійснюване на основі алгоритму, зображеного на рисунку 4.1. Згідно цього алгоритму, якщо поточний час знаходиться в межах від 08:00 до 20:00, система автоматично увімкне освітлення. У випадку, якщо час випадає поза зазначеним інтервалом, освітлення автоматично вимикається або залишається вимкненим. Після цього, система перевіряє стан датчика руху. Якщо датчик руху активується, освітлення вмикається відповідно до встановлених умов, інакше освітлення може бути вимкнене або залишатися вимкненим.

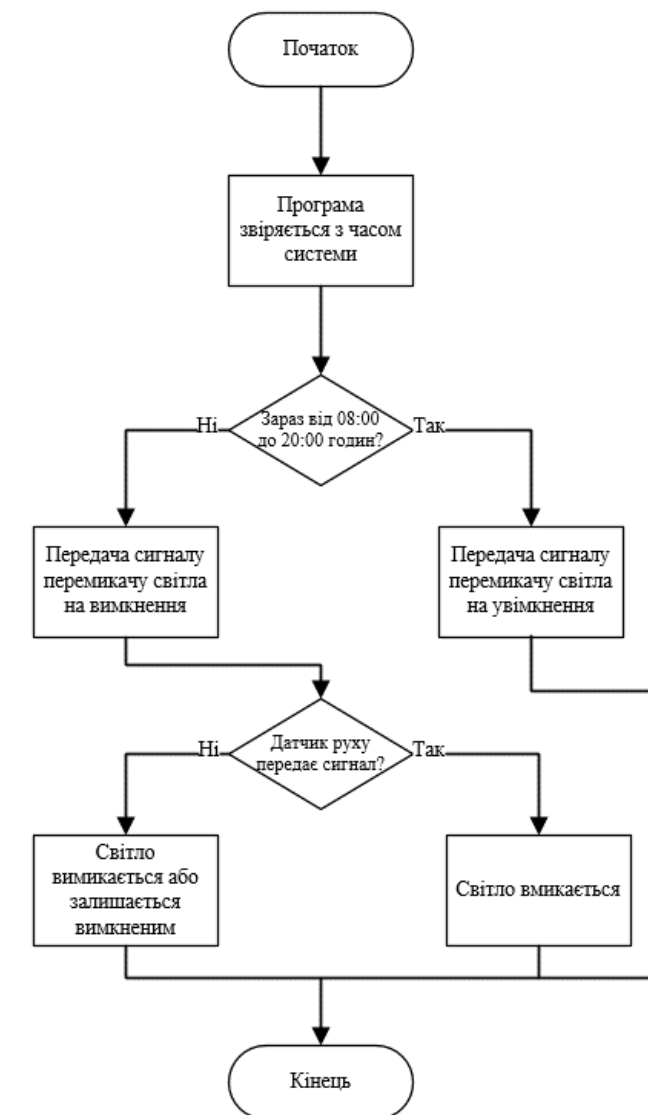


Рисунок 4.1 – Схема алгоритму керування освітлення

Керування температурою повітря здійснене на основі алгоритму, представленого на рисунку 4.2. Згідно даного алгоритму, при отриманні даних від датчика температури виконується послідовна перевірка. У випадку, якщо температура зафіксована менше 21 градуса Цельсія, кондиціонер переводиться в режим обігріву повітря. Якщо умова не виконується, виконується додаткова перевірка – чи температура перевищує 23 градуса Цельсія. Якщо це так, кондиціонер починає охолоджувати повітря. У випадку, якщо жодна з умов не виконується, алгоритм повертається до першої перевірки і цикл повторюється до тих пір, поки одна з умов не буде задоволена.

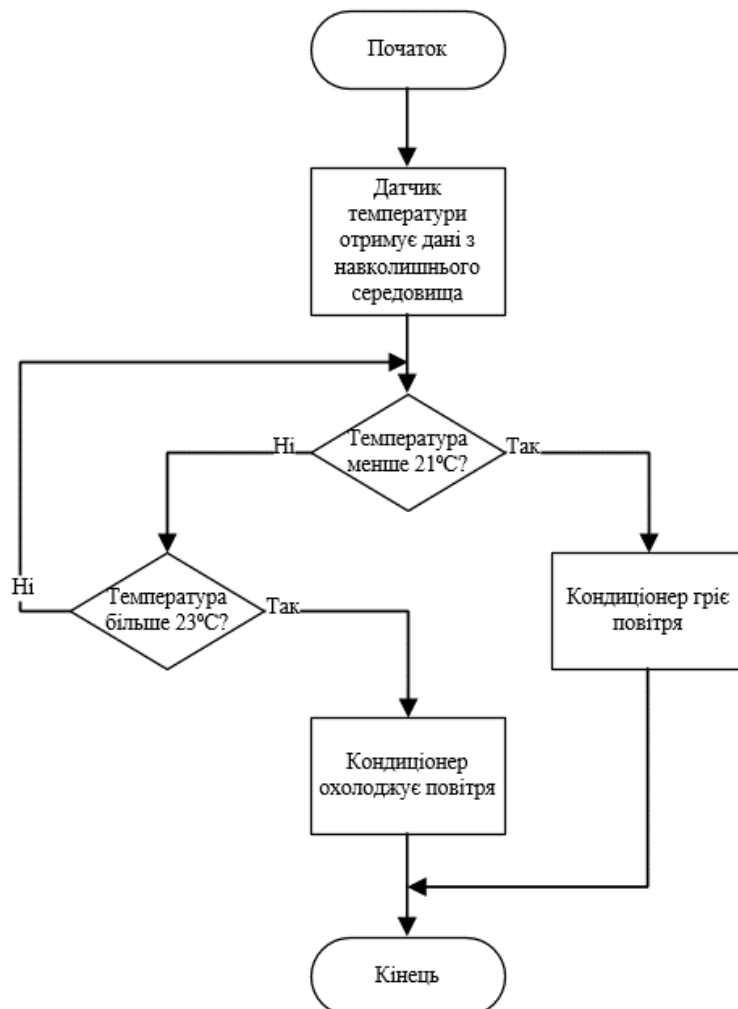


Рисунок 4.2 – Схема алгоритму керування температурою повітря

Керування відеоспостереженням здійснене на основі алгоритму, представленого на рисунку 4.3. Зазначений алгоритм передбачає перевірку наявності сигналу від датчика руху. У випадку отримання сигналу, камера розпочинає процес відеозапису. В іншому випадку камера переходить у режим очікування або залишається в ньому.

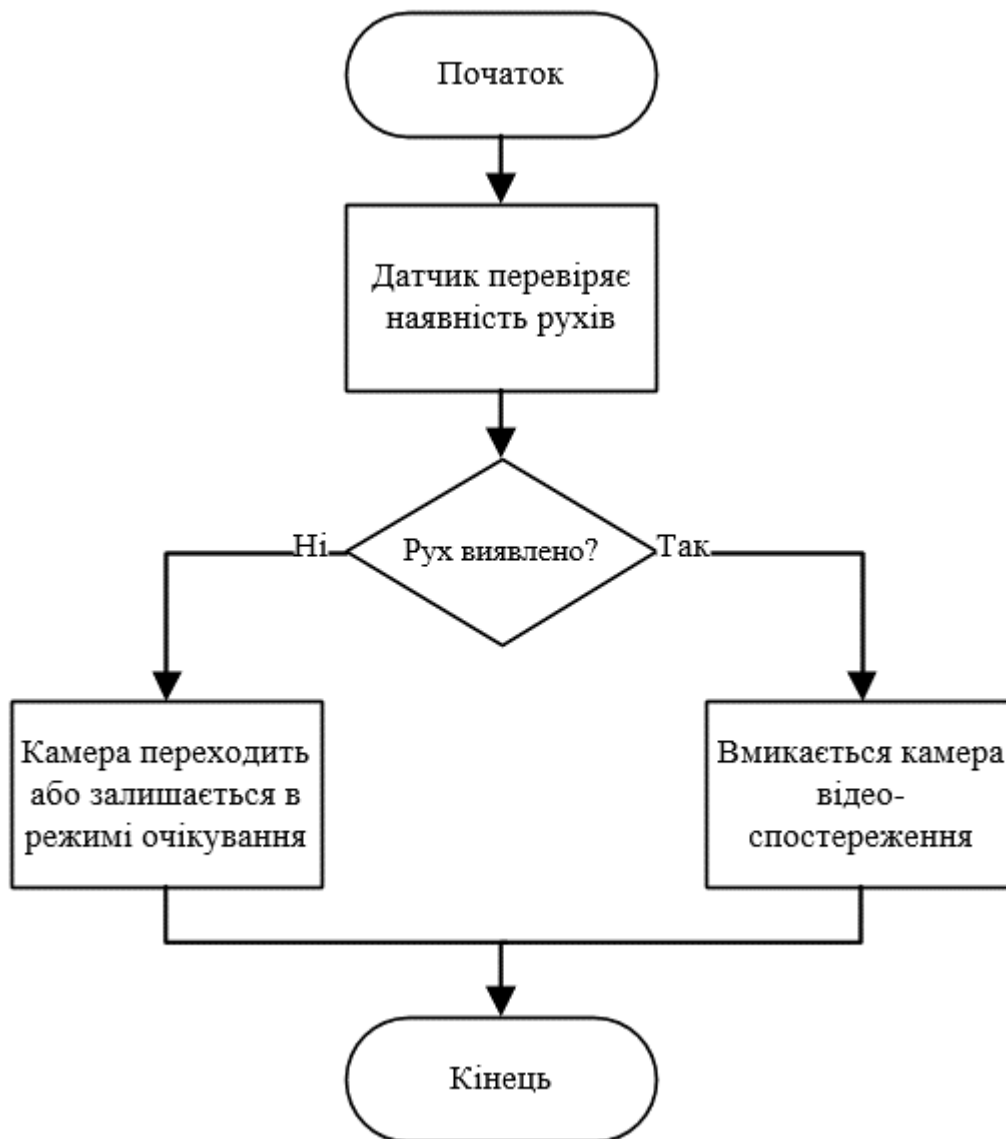


Рисунок 4.3 - Схема алгоритму керування відеоспостереженням

Керування пожежною сигналізацією здійснене на основі алгоритму, представленого на рисунку 4.4. Згідно даного алгоритму, датчик диму перевіряє якість повітря. Якщо датчиком було виявлено дим, спрацьовує пожежна сигналізація на всіх пристроях. В протилежному випадку, пожежна сигналізація залишається вимкненою і датчик диму продовжує перевірку повітря.



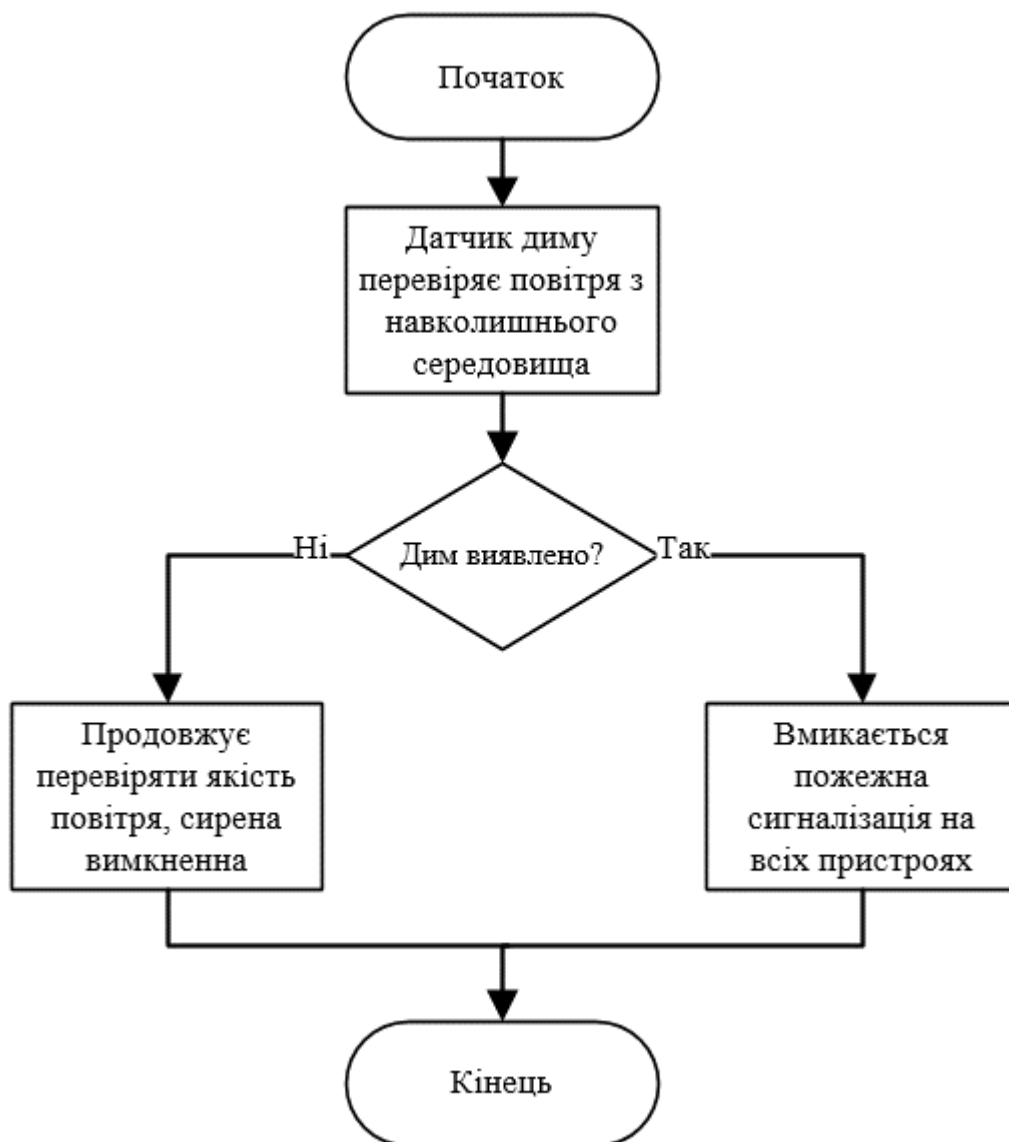


Рисунок 4.4 – Схема алгоритму роботи пожежної сигналізації

Керування системою захисту від протікань здійснене на основі алгоритму, представленого на рисунку 4.5. Згідно даного алгоритму, система виявляє наявність води за допомогою датчика затоплення, який генерує сигнал при виявленні вологи. Коли датчик активується та передає сигнал про наявність води, система активує електроклапан для перекриття подачі води.. У випадку відсутності сигналу від датчика затоплення, клапан залишається відкритим.



Рисунок 4.5 – Схема алгоритму керування системою захисту від протікань

#### 4.2.3 Опис і обґрунтування вибору методу організації вхідних і вихідних даних

Вхідні дані для системи отримуватимуться з різноманітних датчиків, таких як датчики температури, датчики руху, датчики затоплення та датчики диму. Ці дані будуть передаватися до центрального хабу, де вони будуть оброблені та виведені на інтерфейс користувачів. На основі інформації, отриманої від датчиків, розумні пристрої, такі як кондиціонер, перемикачі світла, система пожежної сигналізації, камери відеоспостереження та кульовий клапан з електроприводом, виконуватимуть відповідні дії згідно алгоритмів, описаних у розділі 4.2.2.

#### **4.2.4 Опис і обґрунтування вибору складу технічних і програмних засобів**

Встановлення програмного забезпечення планується здійснити на хабі Dusun DSGW-290 RK3568. Технічні характеристики цього пристрою відповідають вимогам для ефективної роботи програми. Програмне забезпечення дозволить здійснювати моніторинг стану розумних пристроїв та їх керування. Для цього можна під'єднатись до хабу через ПК або смартфон, або підключити до хабу необхідну для керування периферію, що забезпечить зручний доступ до системи керування.

### **4.3 Опис розробленої програми**

#### **4.3.1 Загальні відомості**

Розроблена програма створена для контролю пристроями в системі Інтернету речей компанії з розробки програмного забезпечення «Інфотех» завдяки даним отриманим з датчиків, що збирають їх з навколишнього середовища.

#### **4.3.2 Функціональне призначення**

Програма призначена для управління різноманітними розумними пристроями, такими як кондиціонери, датчики температури, перемикачі освітлення, датчики руху, камери відеоспостереження, датчики диму з сиреною, датчики затоплення, кульові клапани з електроприводом, розумні замки. Однак варто врахувати, що кількість пристроїв, які можуть бути зв'язані в Packet Tracer, обмежена, тому їх кількість може відрізнитися від реальної через обмеження даного інструменту.

#### **4.3.3 Опис логічної структури програми**

Програмна логіка реалізована за допомогою правил, які зберігаються в хабі Likarenko\_Gateway. Ці правила відповідають алгоритмам, що були описані у підпункті 4.2.2. Загалом вони визначають певні умови, при спрацюванні яких змінюється стан відповідних пристроїв. Доступ до цих правил та перегляду стану

пристроїв можна отримати в Likarenko\_Gateway підключившись до нього через Likarenko\_PC\_1 в кабінеті системного адміністратора, зображено на рисунку 4.6.

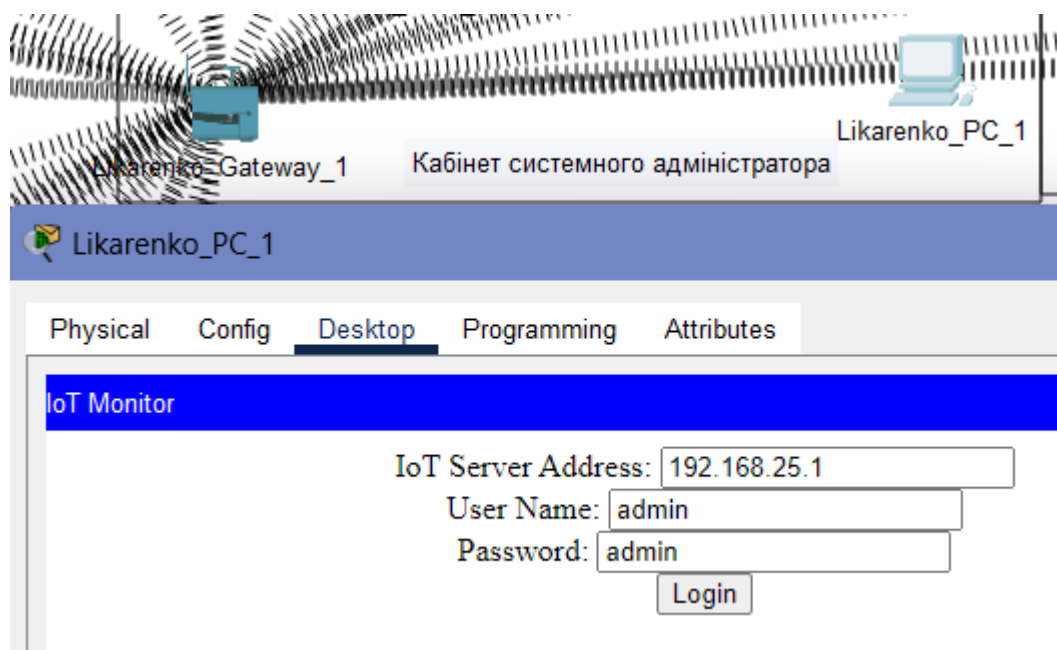
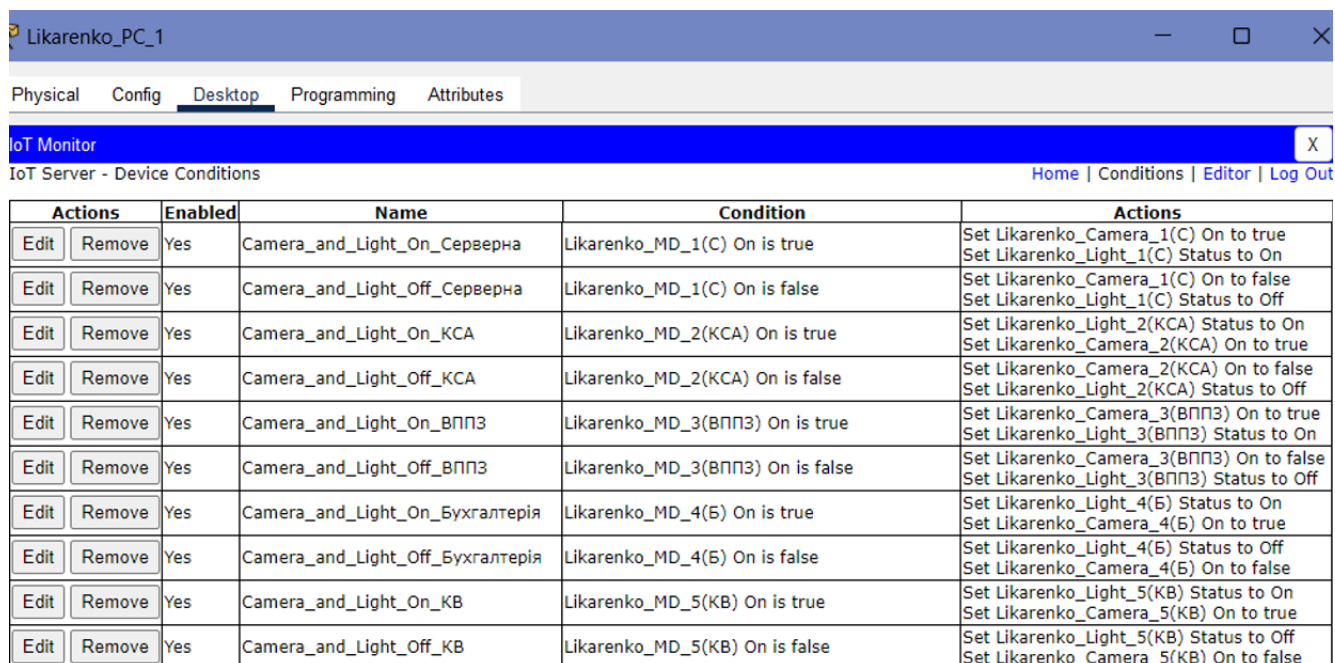


Рисунок 4.6 – Підключення до хабу

Для автоматизації управління освітленням та камерами відеоспостереження на основі спрацьовування датчиків руху, були визначені відповідні умови, які відображено на рисунку 4.7. Наведені умови стосуються п'яти кімнат, адже для інших приміщень застосовуються аналогічні умови. Через обмежені можливості Packet Tracer не було реалізовано функціонал ввімкнення освітлення за часовим розкладом.

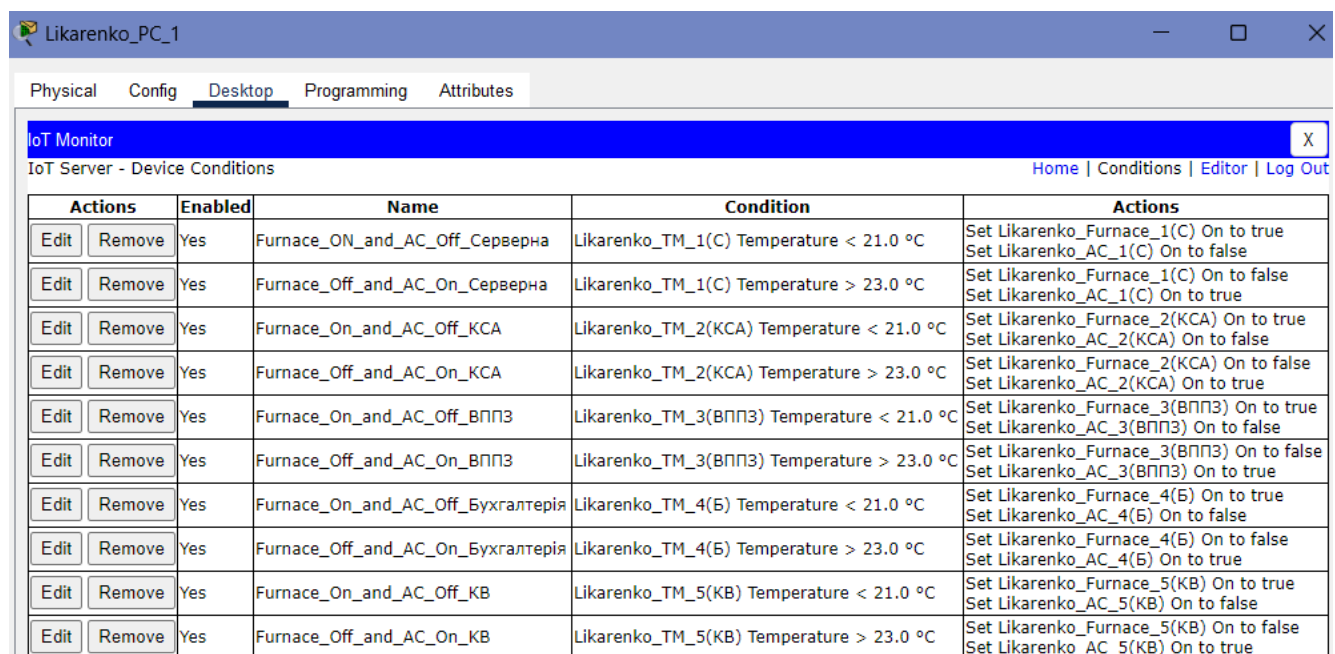


The screenshot shows the 'IoT Monitor' window with the 'Desktop' tab selected. The main content is a table titled 'IoT Server - Device Conditions' with columns for 'Actions', 'Enabled', 'Name', 'Condition', and 'Actions'. The table lists 12 conditions for various devices, including cameras and lights, with their respective states and actions.

Actions	Enabled	Name	Condition	Actions
Edit Remove	Yes	Camera_and_Light_On_Серверна	Likarenko_MD_1(C) On is true	Set Likarenko_Camera_1(C) On to true Set Likarenko_Light_1(C) Status to On
Edit Remove	Yes	Camera_and_Light_Off_Серверна	Likarenko_MD_1(C) On is false	Set Likarenko_Camera_1(C) On to false Set Likarenko_Light_1(C) Status to Off
Edit Remove	Yes	Camera_and_Light_On_КСА	Likarenko_MD_2(КСА) On is true	Set Likarenko_Light_2(КСА) Status to On Set Likarenko_Camera_2(КСА) On to true
Edit Remove	Yes	Camera_and_Light_Off_КСА	Likarenko_MD_2(КСА) On is false	Set Likarenko_Camera_2(КСА) On to false Set Likarenko_Light_2(КСА) Status to Off
Edit Remove	Yes	Camera_and_Light_On_ВППЗ	Likarenko_MD_3(ВППЗ) On is true	Set Likarenko_Camera_3(ВППЗ) On to true Set Likarenko_Light_3(ВППЗ) Status to On
Edit Remove	Yes	Camera_and_Light_Off_ВППЗ	Likarenko_MD_3(ВППЗ) On is false	Set Likarenko_Camera_3(ВППЗ) On to false Set Likarenko_Light_3(ВППЗ) Status to Off
Edit Remove	Yes	Camera_and_Light_On_Бухгалтерія	Likarenko_MD_4(Б) On is true	Set Likarenko_Light_4(Б) Status to On Set Likarenko_Camera_4(Б) On to true
Edit Remove	Yes	Camera_and_Light_Off_Бухгалтерія	Likarenko_MD_4(Б) On is false	Set Likarenko_Light_4(Б) Status to Off Set Likarenko_Camera_4(Б) On to false
Edit Remove	Yes	Camera_and_Light_On_КВ	Likarenko_MD_5(КВ) On is true	Set Likarenko_Light_5(КВ) Status to On Set Likarenko_Camera_5(КВ) On to true
Edit Remove	Yes	Camera_and_Light_Off_КВ	Likarenko_MD_5(КВ) On is false	Set Likarenko_Light_5(КВ) Status to Off Set Likarenko_Camera_5(КВ) On to false

Рисунок 4.7 – Умови за якими вмикається освітлення та камери

Для автоматизації управління температурою, були визначені відповідні умови, які відображено на рисунку 4.8. Наведені умови стосуються п'яти кімнат, адже для інших приміщень застосовуються аналогічні умови. Через обмежені можливості Racket Tracer кондиціонер був відображений двома пристроями для нагрівання повітря це Likarenko\_Furnace, а для охолодження Likarenko\_AC.

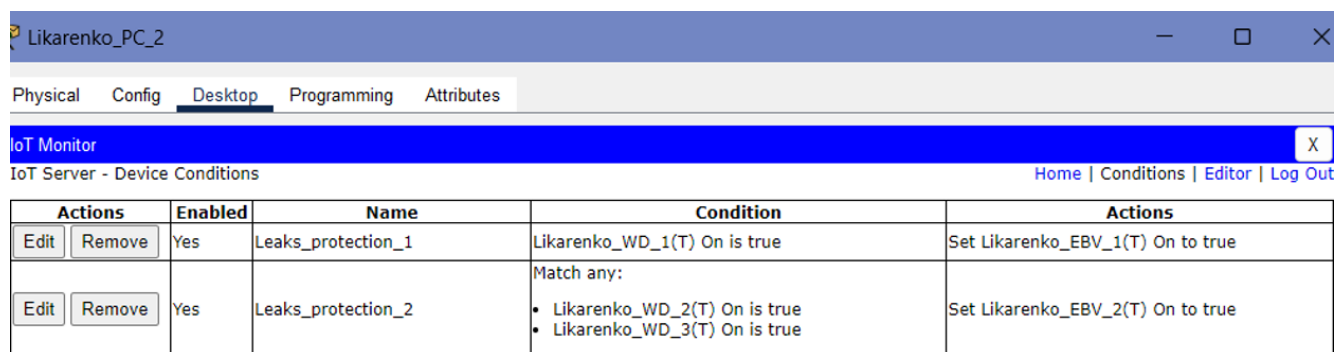


The screenshot shows the 'IoT Monitor' window with the 'Desktop' tab selected. The main content is a table titled 'IoT Server - Device Conditions' with columns for 'Actions', 'Enabled', 'Name', 'Condition', and 'Actions'. The table lists 12 conditions for various devices, including furnaces and air conditioning units, with their respective states and actions.

Actions	Enabled	Name	Condition	Actions
Edit Remove	Yes	Furnace_ON_and_AC_Off_Серверна	Likarenko_TM_1(C) Temperature < 21.0 °C	Set Likarenko_Furnace_1(C) On to true Set Likarenko_AC_1(C) On to false
Edit Remove	Yes	Furnace_Off_and_AC_On_Серверна	Likarenko_TM_1(C) Temperature > 23.0 °C	Set Likarenko_Furnace_1(C) On to false Set Likarenko_AC_1(C) On to true
Edit Remove	Yes	Furnace_On_and_AC_Off_КСА	Likarenko_TM_2(КСА) Temperature < 21.0 °C	Set Likarenko_Furnace_2(КСА) On to true Set Likarenko_AC_2(КСА) On to false
Edit Remove	Yes	Furnace_Off_and_AC_On_КСА	Likarenko_TM_2(КСА) Temperature > 23.0 °C	Set Likarenko_Furnace_2(КСА) On to false Set Likarenko_AC_2(КСА) On to true
Edit Remove	Yes	Furnace_On_and_AC_Off_ВППЗ	Likarenko_TM_3(ВППЗ) Temperature < 21.0 °C	Set Likarenko_Furnace_3(ВППЗ) On to true Set Likarenko_AC_3(ВППЗ) On to false
Edit Remove	Yes	Furnace_Off_and_AC_On_ВППЗ	Likarenko_TM_3(ВППЗ) Temperature > 23.0 °C	Set Likarenko_Furnace_3(ВППЗ) On to false Set Likarenko_AC_3(ВППЗ) On to true
Edit Remove	Yes	Furnace_On_and_AC_Off_Бухгалтерія	Likarenko_TM_4(Б) Temperature < 21.0 °C	Set Likarenko_Furnace_4(Б) On to true Set Likarenko_AC_4(Б) On to false
Edit Remove	Yes	Furnace_Off_and_AC_On_Бухгалтерія	Likarenko_TM_4(Б) Temperature > 23.0 °C	Set Likarenko_Furnace_4(Б) On to false Set Likarenko_AC_4(Б) On to true
Edit Remove	Yes	Furnace_On_and_AC_Off_КВ	Likarenko_TM_5(КВ) Temperature < 21.0 °C	Set Likarenko_Furnace_5(КВ) On to true Set Likarenko_AC_5(КВ) On to false
Edit Remove	Yes	Furnace_Off_and_AC_On_КВ	Likarenko_TM_5(КВ) Temperature > 23.0 °C	Set Likarenko_Furnace_5(КВ) On to false Set Likarenko_AC_5(КВ) On to true

Рисунок 4.8 – Умови для контролю температури

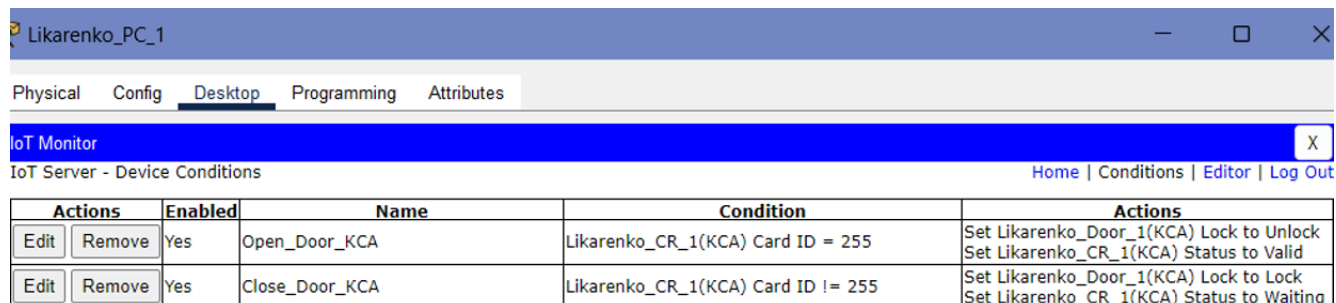
Для забезпечення системи захисту від протікань, були визначені умови, в яких один з датчиків затоплення спрацює, а клапан з електроприводом перекриває воду, зображено на рисунку 4.9.



Actions		Enabled	Name	Condition	Actions
Edit	Remove	Yes	Leaks_protection_1	Likarenko_WD_1(T) On is true	Set Likarenko_EBV_1(T) On to true
Edit	Remove	Yes	Leaks_protection_2	Match any: <ul style="list-style-type: none"> <li>Likarenko_WD_2(T) On is true</li> <li>Likarenko_WD_3(T) On is true</li> </ul>	Set Likarenko_EBV_2(T) On to true

Рисунок 4.9 – Умови роботи системи захисту від протікань

Розумний замок був реалізований дверями з замком, зчитувачем RFID карток та картою RFID. Умова являє собою відкриття дверей коли до зчитувача RFID карток піднести картку з відповідним ID сигналом. Закриття дверей відбувається коли зчитувач карток отримує будь-який інший ID сигнал, зображено на рисунку 4.10.



Actions		Enabled	Name	Condition	Actions
Edit	Remove	Yes	Open_Door_KCA	Likarenko_CR_1(KCA) Card ID = 255	Set Likarenko_Door_1(KCA) Lock to Unlock Set Likarenko_CR_1(KCA) Status to Valid
Edit	Remove	Yes	Close_Door_KCA	Likarenko_CR_1(KCA) Card ID != 255	Set Likarenko_Door_1(KCA) Lock to Lock Set Likarenko_CR_1(KCA) Status to Waiting

Рисунок 4.10 – Умови роботи розумного замку

Оскільки в санвузлах та кухні відсутнє відео спостереження керування освітленням, для цих кімнат, було виконано окремо, та зображено на рисунку 4.11.

The screenshot shows a web interface titled 'Likarenko\_PC\_2' with tabs for Physical, Config, Desktop, Programming, and Attributes. The 'Desktop' tab is active, displaying the 'IoT Monitor' section. Below the navigation bar, there is a table with the following data:

Actions		Enabled	Name	Condition	Actions
Edit	Remove	Yes	Light_On_Кухня	Likarenko_MD_9(K) On is true	Set Likarenko_Light_9(K) Status to On
Edit	Remove	Yes	Light_Off_Кухня	Likarenko_MD_9(K) On is false	Set Likarenko_Light_9(K) Status to Off
Edit	Remove	Yes	Light_On_T	Likarenko_MD_11(T) On is true	Set Likarenko_Light_11(T) Status to On
Edit	Remove	Yes	Light_Off_T	Likarenko_MD_11(T) On is false	Set Likarenko_Light_11(T) Status to Off

Рисунок 4.11 – Умови керування освітленням в санвузлах та кухні

#### 4.3.4 Використовувані технічні засоби

Програмне забезпечення розміщується на хабі Dusun DSGW-290 RK3568 та надає можливість додавання, зміни та видалення умов роботи підключених пристроїв. Також воно надає функціонал для моніторингу стану всіх розумних пристроїв, які підключені до системи в режимі реального часу.

#### 4.3.5 Виклик і завантаження

Для ініціалізації програмного забезпечення на хабі важливо під'єднати монітор до наявного HDMI-порту та клавіатуру з мишкою до наявних USB-портів. За потреби можна також скористатися можливістю підключення до хабу через веб-інтерфейс за допомогою ПК системного адміністратора. Це надасть зручний доступ до управління та налаштувань з комп'ютера.

#### 4.4 Очікувані техніко-економічні показники

Впровадження системи Інтернету речей у головний офіс компанії з розробки програмного забезпечення «Інфотех» сприятиме підвищенню ефективності працівників, зокрема шляхом зменшення витрат часу на вирішення рутинних завдань, таких як управління освітленням та опаленням. Це відповідно знизить витрати часу та уваги співробітників, дозволяючи їм більш ефективно використовувати час для стратегічних завдань.

Крім того, впровадження IoT дозволить оптимізувати роботу пристроїв та, таким чином, зменшити витрати на комунальні послуги. За допомогою віддаленого

моніторингу та управління, система забезпечить ефективну роботу освітлення, опалення та інших енергоефективних рішень.

Забезпечення рівня безпеки підвищиться завдяки використанню камер відеоспостереження, датчиків руху та розумних замків. Це не тільки допоможе запобігти потенційним загрозам, таким як крадіжки чи вторгнення, але й зробить робоче середовище безпечнішим і захищеним від різноманітних небезпек.

#### **4.5 Висновки до розділу**

Згідно з вимогами, які були описані в Теоретичному розділі 2.5.1 та враховуючи обране обладнання у розділі 3.3 Синтезу системи, у даному розділі були розроблені схеми алгоритмів для ефективного керування освітленням, температурою повітря, відеоспостереженням, пожежною сигналізацією та системою захисту від протікань.

Також, в цьому розділі були визначені умови, за допомогою програмного забезпечення Packet Tracer, які визначають правильну роботу розумних пристроїв в системі Інтернету речей. Враховуючи визначені вимоги, розроблені алгоритми спрямовані на оптимальне функціонування системи та забезпечення її високої ефективності та надійності



## 5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 5.1 Сутність експерименту

Головною метою даного експерименту є тестування функціональності, що виконується пристроями в розробленій моделі системи Інтернету речей для головного офісу компанії «Інфотех». Експеримент спрямований на визначення ефективності та відповідності роботи пристроїв запланованим завданням та вимогам системи. За допомогою тестів та аналізу результатів буде визначено, наскільки вдало реалізована функціональність моделі системи Інтернету речей, а також ідентифіковані можливі області для подальших покращень та оптимізації.

Експеримент буде проведений в програмі Cisco Packet Tracer версії 8.1.0.

Пристрої, що будуть використані для тестування в Packet Tracer:

- Батареї для підвищення температури та охолоджувачі повітря в якості кондиціонерів для збільшення або зменшення температури;
- Датчики руху для виявлення рухів;
- Датчики температури для визначення температури;
- Лампи в якості освітлення з розумним перемикачем;
- Датчик диму для визначення задимленості;
- Веб-камери для ведення відеоспостереження;
- Датчик затоплення для виявлення протікань води;
- Кульовий клапан з електроприводом для перекриття води;
- Двері, зчитувач RFID карток та RFID карта як розумний замок;
- Хаб для зв'язку між пристроям в системі.

Тестуватись будуть наступні функції в системі:

- Кульовий клапан з електроприводом має перекривати воду при спрацюванні датчика затоплення;
- Світло має вмикатись за спрацюванням датчику руху;
- Камера має вмикатись та переходити в режим очікування за датчиком руху;

- При спрацюванні датчику диму сирена має вмикатись й на інших пристроях пожежної сигналізації;
- Кондиціонер має підтримувати температуру від 21 до 23 градусів Цельсія;
- Замок має відчинятись тільки від певного ID.

## 5.2 Результати експерименту

### 5.2.1 Тестування функціональності системи контролю температури

Тестування функціональності системи контролю температури буде проведене для серверної кімнати та здійснюватиметься на основі даних, отриманих від датчика температури "Likarenko\_TM\_1(C)". Нагрівальний пристрій "Likarenko\_Furnace\_1(C)" та охолоджувальний пристрій "Likarenko\_AC\_1(C)" відповідатимуть за регулювання температури, збільшуючи або зменшуючи її відповідно до встановлених вимог.

Відповідно до визначених вимог, якщо температура опускається нижче 21 °C має вмикатись нагрівальний пристрій, а охолоджувальний вимикатись, тестування зображено на рисунку 5.1.

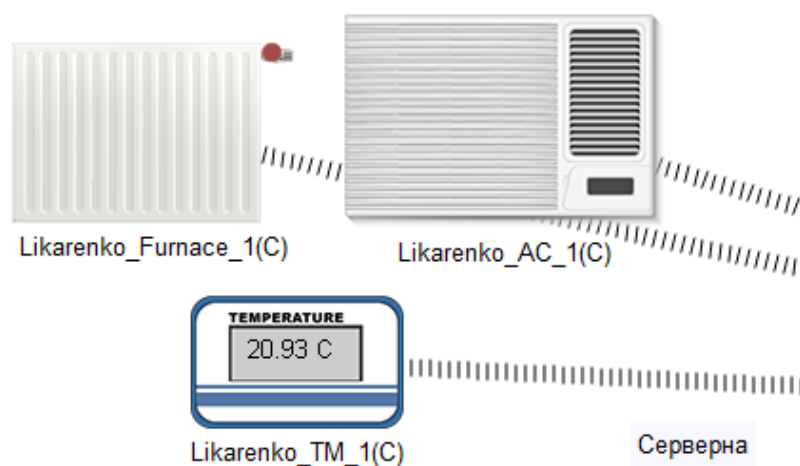


Рисунок 5.1 – Ввімкнення нагрівального пристрою

При температурі більше 23 °C має вмикатись охолоджувальний пристрій, а нагрівальний вимикатись, тестування зображено на рисунку 5.2.

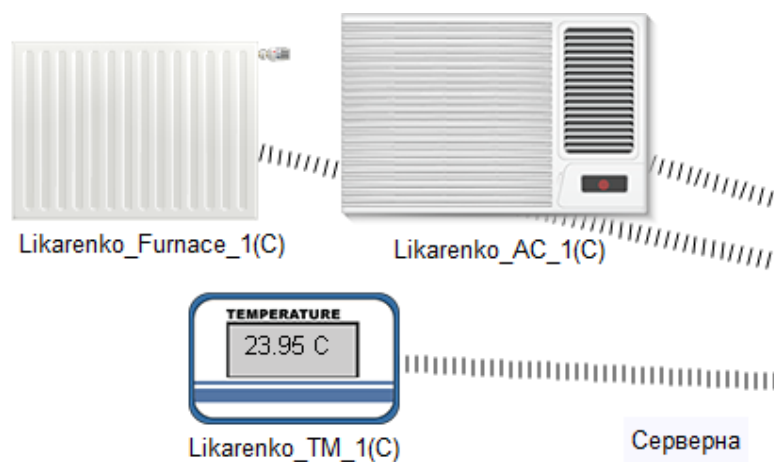


Рисунок 5.2 – Ввімкнення охолоджувального елемента

Тестування функціональності системи контролю температури, проведене в серверній кімнаті, завершилося успішно та відповідає усім встановленим вимогам. Аналогічні результати були отримані і під час тестування в інших приміщеннях.

### 5.2.2 Тестування функціональності системи відеоспостереження

Тестування функціональності системи відеоспостереження буде проведене для серверної кімнати та здійснюватиметься на основі сигналів, отриманих від датчику руху "Likarenko\_MD\_1(C)". Відповідно до цих сигналів, веб-камера "Likarenko\_Camera\_1(C)" має вмикатись або переходити в режим очікування відповідно до встановлених вимог.

Відповідно до визначених вимог, при відсутності сигналу від датчику руху веб-камера має бути в режимі очікування, тестування зображено на рисунку 5.3.

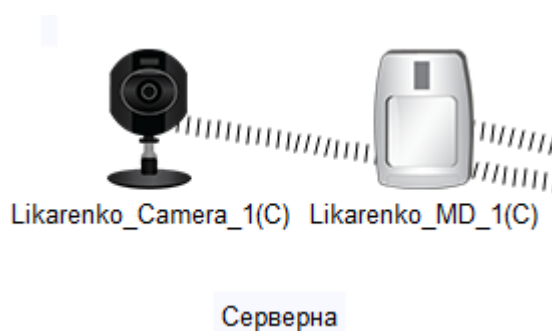


Рисунок 5.3 – Датчик руху не передає сигнал і камера знадиться в режимі очікування

У разі передачі сигналу від датчика руху, відповідно до тесту, зображеному на рисунку 5.4, мають активуватись веб-камери для початку відеозапису. Процедура імітації включення датчика руху, в Packet Tracer, передбачає утримання клавіші «ALT» та наведення на нього, в результаті чого датчик виявить рух та ініціює передачу сигналу."

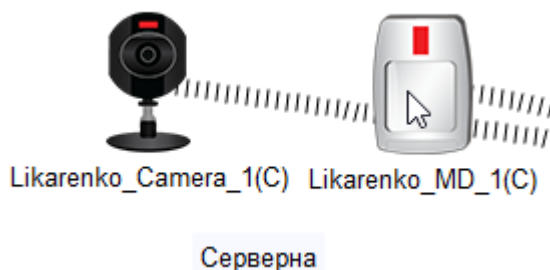


Рисунок 5.4 – Датчик руху передає сигнал і веб-камера веде відеозапис

Тестування функціональності системи відеоспостереження, проведене в серверній кімнаті, завершилося успішно та відповідає усім встановленим вимогам. Аналогічні результати були отримані і під час тестування в інших приміщеннях.

### 5.2.3 Тестування функціональності системи освітлення

Оскільки в Cisco Packet Tracer неможливо реалізувати функціонал автоматичного ввімкнення освітлення з 08:00 до 20:00 тестування функціональності системи освітлення буде проведене для серверної кімнати та здійснюватиметься лише на основі сигналів, отриманих від датчику руху "Likarenko\_MD\_1(C)". Відповідно до цих сигналів, розумний перемикач "Likarenko\_Light\_1(C)" має вмикатись або вимикати освітлення в кімнатах відповідно до встановлених вимог.

Відповідно до зазначених вимог, розумний вимикач повинен вимикати освітлення у випадку відсутності сигналу від датчика руху, тестування зображено на рисунку 5.5.

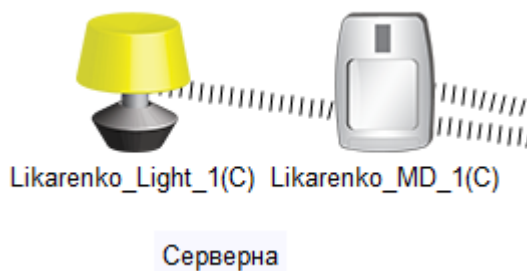


Рисунок 5.5 – Датчик руху не передає сигнал і освітлення вимкнення

У разі передачі сигналу від датчика руху, відповідно до тесту, зображеному на рисунку 5.6, має ввімкнутись освітлення згідно вимог. Процедура імітації включення датчика руху, в Packet Tracer, передбачає утримання клавіші «ALT» та наведення на нього, в результаті чого датчик виявить рух та ініціює передачу сигналу.



Рисунок 5.6 – Датчик руху передає сигнал і освітлення ввімкнене

Тестування функціональності системи освітлення, проведене в серверній кімнаті, завершилося успішно та відповідає встановленим вимогам. Аналогічні результати були отримані і під час тестування в інших приміщеннях.

#### 5.2.4 Тестування функціональності системи пожежної сигналізації

Тестування функціональності системи пожежної сигналізації буде проведене для серверної кімнати та здійснюватиметься на основі датчику диму, що має вбудовану сигналізацію "Likarenko\_SD\_1(C)". В разі виявлення диму вмикається сирена на всіх датчиках відповідно до встановлених вимог. Процедура імітації збільшення рівня задимленості в середовищі, реалізована в Packet Tracer, включає

в себе введення в систему автомобіля "Likarenko\_SG", що збільшує рівень задимленості.

Відповідно до встановлених вимог, датчик диму має постійно перевіряти якість повітря з метою вчасного виявлення пожежі. Генерація диму за допомогою автомобіля в даному тестуванні вимкнена. Результати тестування представлені на рисунку 5.7.



Рисунок 5.7 – Датчик диму перевіряє рівень задимленості в навколишньому середовищі і сирена вимкнена

У випадку виявлення задимленості більше 40%, відповідно до тесту, представленого на рисунку 5.8, передбачено активацію вбудованої сирени на всіх датчиках відповідно до поставлених вимог. Генерація диму за допомогою автомобіля в даному тестуванні ввімкнена. Результати тестування представлені на рисунку 5.8.



Рисунок 5.8 – Датчик диму виявив дим і ввімкнув сирену

Тестування функціональності системи пожежної сигналізації, проведене в серверній кімнаті, завершилося успішно та відповідає встановленим вимогам. Аналогічні результати були отримані і під час тестування в інших приміщеннях.

### 5.2.5 Тестування функціональності розумного замку

Тестування функціональності розумного замку відбудеться в кабінеті системного адміністратора і буде здійснюватися за допомогою дверей "Likarenko\_Door\_1(КСА)" та зчитувача RFID-карток "Likarenko\_CR\_1(КСА)". В процесі тестування будуть використані RFID-картки "Likarenko\_Card\_1(КСА)" та "Likarenko\_Card\_2(КСА)" з вірним та невірним RFID ID відповідно.

Відповідно до визначених вимог, у звичайному режимі роботи замок має залишатися в закритому стані, як це відображено на рисунку 5.9.



Рисунок 5.9 – Замок у звичайному стані (закритий)

Під час виконання тестування, при піднесенні карти з правильним RFID ID до зчитувача карток, очікується автоматичне відкриття замка відповідно до встановлених вимог. Результати цього тестування наведено на рисунку 5.10.

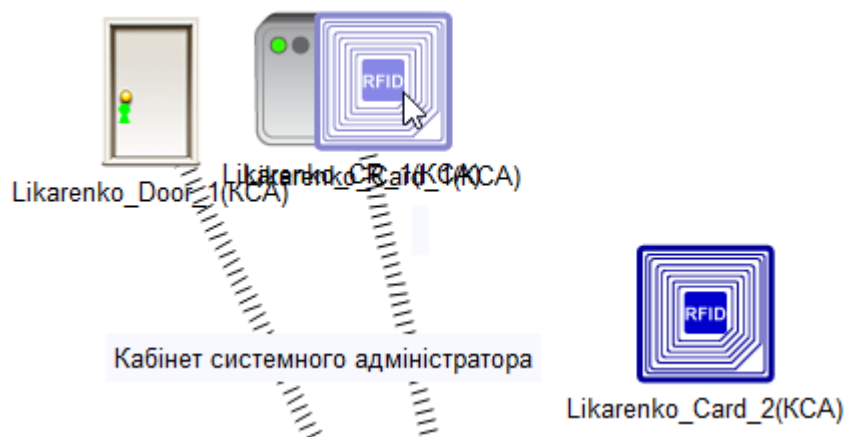


Рисунок 5.10 – Результат тестування відкриття замка при використанні карти з правильним RFID ID

Під час виконання тестування, при піднесенні карти з невірним RFID ID до зчитувача карток, очікується, що замок залишиться закритим відповідно до встановлених вимог. Результати цього тестування наведено на рисунку 5.11.

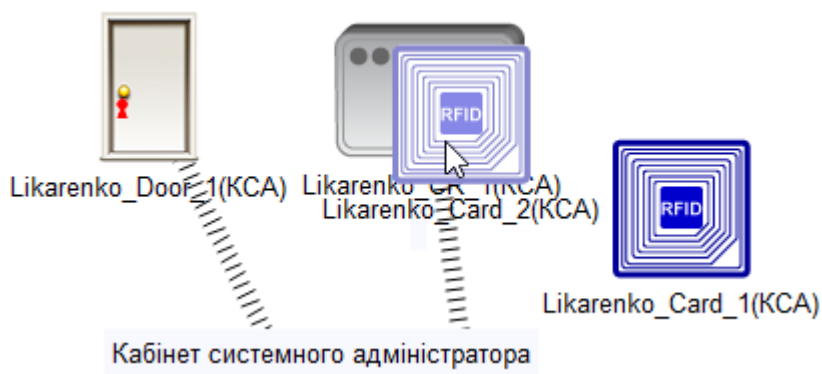


Рисунок 5.11 – Результат тестування з використанням невірного RFID ID

Тестування функціональності розумного замка, проведене в кабінеті системного адміністратора, завершилося успішно та відповідає встановленим вимогам.

## 5.2.6 Тестування функціональності системи захисту від затоплення

Тестування функціональності системи захисту від затоплення відбудеться в санвузлі і буде здійснюватися основі сигналів отриманих від датчику затоплення



"Likarenko\_WD\_1(T)". Для здійснення перекриття потоку води має бути використаний клапан з електроприводом "Likarenko\_EBV\_1(T)" згідно вимог.

Відповідно до встановлених вимог, у випадку, коли жоден з датчиків затоплення не передає сигнал, клапан з електроприводом повинен знаходитися в відчиненому положенні. Результати тестування наведено на рисунку 5.12.



Рисунок 5.12 – Результат тестування роботи клапана з електроприводом при відсутності сигналу від датчиків затоплення

У випадку надходження сигналу від будь-якого датчика затоплення, згідно з тестом, відображеним на рисунку 5.13, клапан з електроприводом повинен перейти у закрите положення та залишитися в цьому стані після припинення передачі сигналу, як показано на рисунку 5.14, відповідно до встановлених вимог. Процедура імітації спрацювання датчика затоплення в середовищі Packet Tracer передбачає утримання клавіші «ALT» та наведення на нього, що призводить до активації датчика та ініціює передачу сигналу.



Рисунок 5.13 – Результат тестування переходу клапана з електроприводом у закрите положення після отримання сигналу від датчика затоплення



Рисунок 5.14 – Результат тестування зупинки передачі сигналу та утримання клапана з електроприводом у закритому стані після активації датчика затоплення

Тестування функціональності системи захисту від затоплення, проведене в санвузлі, завершилося успішно та відповідає встановленим вимогам. Аналогічні результати були отримані і під час тестування в інших приміщеннях.

#### 5.4 Аналіз відповідності теоретичних та експериментальних досліджень

За результатами проведених тестів було виявлено що теоретичні дослідження відповідають експериментальним. Результати проведених тестів наведено в таблиці 5.1, де вказані приміщення, проведені в них тести та їх успішність.

Таблиця 5.1 – Результати проведених тестів

Приміщення	Протестована функціональність	Результат
Серверна	Система контролю температури	Успішно
	Система відеоспостереження	Успішно
	Система освітлення	Успішно
	Система пожежної сигналізації	Успішно
Кабінет системного адміністратора	Система контролю температури	Успішно
	Система відеоспостереження	Успішно
	Системи освітлення	Успішно
	Системи пожежної сигналізації	Успішно
	Розумного замку	Успішно
Кімната відпочинку	Система контролю температури	Успішно
	Системи відеоспостереження	Успішно
	Системи освітлення	Успішно
	Системи пожежної сигналізації	Успішно
Відділ розробки	Система контролю температури	Успішно
	Системи відеоспостереження	Успішно
	Системи освітлення	Успішно
	Системи пожежної сигналізації	Успішно
Кабінет директора	Система контролю температури	Успішно
	Системи відеоспостереження	Успішно
	Системи освітлення	Успішно
	Системи пожежної сигналізації	Успішно

Продовження таблиці 5.1

Приміщення	Протестована функціональність	Результат
Відділ тестування та документування	Система контролю температури	Успішно
	Системи відеоспостереження	Успішно
	Системи освітлення	Успішно
	Системи пожежної сигналізації	Успішно
Кухня	Системи освітлення	Успішно
	Системи пожежної сигналізації	Успішно
	Системи захисту від затоплення	Успішно
Санвузли	Системи освітлення	Успішно
	Системи захисту від затоплення	Успішно
Бухгалтерія	Система контролю температури	Успішно
	Системи відеоспостереження	Успішно
	Системи освітлення	Успішно
	Системи пожежної сигналізації	Успішно
Відділ проектування програмного забезпечення	Система контролю температури	Успішно
	Системи відеоспостереження	Успішно
	Системи освітлення	Успішно
	Системи пожежної сигналізації	Успішно

### 5.5 Висновки до експериментального розділу

У ході виконання експериментального розділу було визначено мету експерименту та визначено його умови. Також, було проведено тестування функціональності різних систем, таких як контроль температури, відеоспостереження, освітлення, пожежна сигналізація, розумний замок та системи захисту від затоплення. Результати тестування для всіх приміщень представлені в таблиці 5.1.

Отже, проведений експеримент дозволив впевнитись в відповідності експериментальних досліджень теоретичним. Крім того, ефективність системи

було підтверджено, адже вона відповідає всім встановленим вимогам і вдало впоралася з різними сценаріями використання.

## ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота є завершеною науковою роботою, в якій вирішена науково-практична задача обґрунтування структури та параметрів системи Інтернету речей головного офісу компанії «Інфотех»»

Основні висновки і результати роботи полягають у наступному:

1. Досліджені протоколи передачі даних між пристроями, мережеві протоколи та існуючі хаби для системи Інтернету речей. В них було надано переваги та недоліки кожного з досліджуваних об'єктів та обґрунтовано вибір в кожного з них.

2. Визначено та сформульовано вимоги до системи Інтернету речей. Серед встановлених вимог розглянуті критерії, такі як кількість пристроїв та функціональні можливості системи, вимоги до надійності та умови експлуатації.

3. Під час дослідження була створена докладна структурна схема, охоплюючи загальний огляд простору та окремі приміщення. Також розроблено функціональну схему для ілюстрації процесу функціонування системи. Крім того, було проведено аналіз та вибір відповідних апаратних засобів і елементів для ефективної реалізації системи.

4. Під час розроблення програмного забезпечення були дотримані вимоги, які були сформульовані у теоретичному розділі. Надано опис розроблених схем алгоритмів для ефективного керування пристроями. Крім того, враховані та описані обмеження, які визначаються параметрами та можливостями програмного забезпечення.

5. Перед проведенням експерименту було визначено його мету та умови. Під час експерименту було виконано тестування функцій виконуваних в системі інтернету речей головного офісу компанії «Інфотех» відповідно до поставлених вимог. На основі тестувань проведених під час експерименту можна зазначити, що розроблена система Інтернету речей відповідає поставленим вимогам та забезпечує високу ефективність і надійність роботи розумних пристроїв.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Цвіркун Л.І. Атестація здобувачів вищої освіти. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи магістра студентами галузі знань 12 Інформаційні технології спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія / Л.І. Цвіркун, В.В. Гнатушенко, С.М. Ткаченко ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2023. – 43 с.
2. Software, Techopedia [Електронний ресурс]: <https://www.techopedia.com/definition/4356/software> (дата звернення: 12.11.2023)
3. ITpedia[Електронний ресурс]: <https://uk.itpedia.nl/2019/07/12/wat-is-het-verschil-tussen-software-engineering-en-programmeren/> (дата звернення: 12.11.2023)
4. Сайт компанії [Електронний ресурс]: <http://www.itech.net.ua/ua> (дата звернення: 12.11.2023)
5. Atiko [Електронний ресурс]: <https://www.atiko.com.ua/articles-ua/chto-takoe-iot-prostymi-slovami/> (дата звернення: 12.11.2023)
6. Бездротові стандарти ZigBee, Sea [Електронний ресурс]: <https://www.sea.com.ua/ua/besprovodnye-komponenty/news/bezdrotovi-standarti-so-take-zigbee/> (дата звернення: 12.11.2023)
7. Euristiq, Office-technology [Електронний ресурс]: <https://euristiq.com/office-technology/> (дата звернення: 12.11.2023)
8. Wi-Fi в IoT, Wi-Fi Alliance [Електронний ресурс]: <https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/internet-things> (дата звернення: 12.11.2023)
9. Огляд Bluetooth з низьким енергоспоживанням [Електронний ресурс]: <https://cqr.company.ua/wiki/protocols/bluetooth-low-energy-ble-a-comprehensive-overview/> (дата звернення: 12.11.2023)

10. Огляд Z-Wave [Електронний ресурс]:  
<https://cqr.company.ua/wiki/protocols/z-wave-a-communication-protocol-for-automotive-device/> (дата звернення: 12.11.2023)
11. Порівняння MQTT vs COAP vs HTTP [Електронний ресурс]:  
<https://medium.com/@alexandragrosu03/iot-protocols-mqtt-vs-coap-vs-http-a7e93c916526> (дата звернення: 12.11.2023)
12. Технічні характеристики DSGW-290 RK3568 Dusun [Електронний ресурс]:  
<https://www.dusuniot.com/product/dsgw-290-industrial-edge-computing-gateway-raspberry-pi-4-alternative/> (дата звернення: 01.12.2023)
13. Технічні характеристики Nous E2 [Електронний ресурс]:  
<https://nous.ua/product/e2.html> (дата звернення: 01.12.2023)
14. Технічні характеристики MAXUS SMART AirVision-Z-Smoke [Електронний ресурс]: <https://maxus.com.ua/rozumniy-fotoelektrichniy-datchik-dimu-zigbee-smoke-sensor-airvision-z-smoke.html> (дата звернення: 01.12.2023)
15. Технічні характеристики Tervix Pro Line Flood Sensor Wireless [Електронний ресурс]: <https://homesmart.com.ua/zashchita-ot-protecek/860/> (дата звернення: 01.12.2023)
16. Технічні характеристики стельової панелі LED FLF-92 [Електронний ресурс]: <https://www.brille.ua/ua/1121-090/> (дата звернення: 01.12.2023)
17. Технічні характеристики датчика температури і вологості Tuuya [Електронний ресурс]: <https://wisehome.com.ua/ua/zigbee-datchik-temperaturi-i-vologosti-moes-z-rk-displeem.html> (дата звернення: 01.12.2023)
18. Технічні характеристики кондиціонера Termal [Електронний ресурс]: <https://termal.ua/ua/product/kondytsioner-neoclima-ns-nu-18ehziw-yeti/> (дата звернення: 01.12.2023)



19. Технічні характеристики камери Sonoff GK-200MP2-B [Електронний ресурс]: <https://wisehome.com.ua/ua/wi-fi-kamera-sonoff-gk-200mp2-b-1080p.html> (дата звернення: 01.12.2023)
20. Технічні характеристики розумного замку SEVEN LOCK L-7071Z [Електронний ресурс]: <https://shop-security.com.ua/umnyj-zigbee-zamok-seven-lock-l-7071z/> (дата звернення: 01.12.2023)
21. Розрахунок освітленості приміщення, Brill [Електронний ресурс]: <https://www.brille.ua/ua/calc/> (дата звернення: 01.12.2023)
22. Технічні характеристики Tervix Pro Line ORC, Tervix [Електронний ресурс]: [https://tervix.ua/product/Tervix/armatura/201122\\_2\\_khodoviy\\_kuloviy\\_klapa\\_n\\_n\\_v\\_3\\_4\\_dn20\\_z\\_elektroprivodom\\_tervix\\_pro\\_line\\_orc/](https://tervix.ua/product/Tervix/armatura/201122_2_khodoviy_kuloviy_klapa_n_n_v_3_4_dn20_z_elektroprivodom_tervix_pro_line_orc/) (дата звернення: 01.12.2023)
23. Технічні характеристики Tervix Pro Line Switch [Електронний ресурс]: <https://homesmart.com.ua/umnye-rele-i-datchiki/832/> (дата звернення: 01.12.2023)
24. Характеристики Міні-канал Schneider Electric Ultra [Електронний ресурс]: <https://rozetka.com.ua/ua/schneider-electric-etk16916/p370946493/characteristics/> (дата звернення: 01.12.2023)