

Національний лісотехнічний університет України

(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та  
інформаційних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютерних наук

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## Магістерська кваліфікаційна робота

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему: “Система інтернет-провайдерів з автоматизованим обслуговуванням  
клієнтів”

Виконав: студент 6 курсу групи КН-63м  
спеціальності

122 “Комп'ютерні науки”

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Куценко В.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник Карашецький В.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Луцишин С.І.

(прізвище та ініціали)

Львів – 2025

Національний лісотехнічний університет України  
(повне найменування вищого навчального закладу)

ННІ комп'ютерних наук та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних наук

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 122 "Комп'ютерні науки"

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри КН**



Борецька І.Б.

"10" грудня 2025 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Куценку Владиславу Дмитровичу

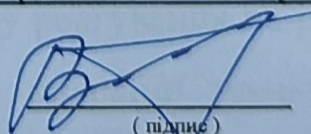
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система інтернет-провайдерів з автоматизованим обслуговуванням клієнтів  
керівник роботи Карашецький Володимир Петрович, к. т. н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затвержені наказом вищого навчального закладу від "29" 04 2025 року №С-288
2. Термін подання студентом роботи 10 грудня 2025р.
3. Вихідні дані до роботи Вивчити бізнес-процеси інтернет-провайдера, пов'язані з управлінням мережевою інфраструктурою та обслуговуванням клієнтів. Дослідити дані про стан мережевої інфраструктури та звернення клієнтів, що використовуються для аналізу, оптимізації та автоматизації процесів.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
Перелік скорочень та умовних позначень. Вступ  
Розділ 1. Стан проблемної області.  
Розділ 2. Інформаційне забезпечення.  
Розділ 3. Математичне забезпечення.  
Розділ 4. Програмне забезпечення.  
Розділ 5. Розроблення стартап-проєкту.  
Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Слайди для доповіді (підготовка матеріалу для доповіді загальний обсягом 15 слайдів)
6. Дата видачі завдання 1 травня 2025 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

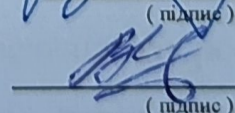
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз предметної області	4.05.2025 – 10.05.2025	Виконано
2.	Аналіз сучасного стану ринку інтернет-провайдерів та існуючих рішень	11.05.2025 – 14.05.2025	Виконано
3.	Аналіз бізнес-процесів інтернет-провайдера та формування вимог до системи	15.05.2025 – 20.05.2025	Виконано
4.	Проектування інформаційного забезпечення та структури бази даних	21.05.2025 – 24.06.2025	Виконано
5.	Розроблення математичних моделей та алгоритмів оптимізації	24.06.2025 – 17.07.2025	Виконано
6.	Проектування архітектури програмного забезпечення	17.07.2025 – 02.08.2025	Виконано
7.	Реалізація програмних модулів системи	03.08.2025 – 27.09.2025	Виконано
8.	Тестування та оцінка ефективності розробленої системи	28.09.2025 – 22.10.2025	Виконано
9.	Розроблення стартап-проекту та економічного обґрунтування	23.10.2025 – 16.11.2025	Виконано
10.	Оформлення пояснювальної записки	17.11.2025 – 28.11.2025	Виконано

Студент

  
(підпис)

Куценко В.Д.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Карашецький В.П.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Магістерська дипломна робота містить 91 сторінок пояснювальної записки, 3 рисунка, 8 таблиць, 5 додатків, 44 джерела.

Робота присвячена розробленню програмного та алгоритмічного забезпечення системи оптимізації інфраструктури та автоматизації обслуговування клієнтів для підвищення ефективності роботи інтернет-провайдерів. Досліджено сучасний стан ринку телекомунікаційних послуг та виявлено основні проблеми в управлінні мережевою інфраструктурою і процесах технічної підтримки клієнтів.

Проаналізовано існуючі методи та системи автоматизації процесів ISP, виконано порівняльний аналіз програмних рішень для моніторингу мережі та обслуговування клієнтів. Розроблено концептуальну модель системи, яка інтегрує функції моніторингу інфраструктури, прогнозування аналітики, автоматизованого обслуговування та оптимізації мережевих ресурсів.

Спроектвано інформаційне забезпечення системи з використанням PostgreSQL для зберігання структурованих даних та InfluxDB для метрик моніторингу. Розроблено математичні моделі та алгоритми для прогнозування навантаження мережі з використанням LSTM-мереж, виявлення аномалій на основі методу ізоляційного лісу, оптимізації розподілу ресурсів та інтелектуальної маршрутизації запитів підтримки.

Реалізовано програмне забезпечення системи з використанням Django REST Framework для backend, React для frontend та Celery для асинхронної обробки завдань. Проведено тестування розробленої системи, яке підтвердило можливість зниження операційних витрат на 25 – 40%, скорочення часу реагування на інциденти до 5–10 хвилин та автоматизації до 70% рутинних операцій технічної підтримки. Розроблено стартап-проект для комерціалізації результатів роботи.

**Ключові слова:** інтернет-провайдер, оптимізація інфраструктури, автоматизація обслуговування, моніторинг мережі, машинне навчання, прогнозна аналітика, інтелектуальна маршрутизація, технічна підтримка.

## ABSTRACT

The thesis consists of 91 pages, 3 figures, 8 tables, 5 appendix, 44 sources.

The work is devoted to the development of software and algorithmic support for infrastructure optimization and customer service automation system to improve the efficiency of Internet service providers. The current state of the telecommunications services market was studied and the main problems in network infrastructure management and customer technical support processes were identified.

Existing methods and systems for ISP process automation were analyzed, and a comparative analysis of software solutions for network monitoring and customer service was performed. A conceptual system model was developed that integrates infrastructure monitoring, predictive analytics, automated service, and network resource optimization functions.

The information support of the system was designed using PostgreSQL for storing structured data and InfluxDB for monitoring metrics. Mathematical models and algorithms were developed for network load forecasting using LSTM networks, anomaly detection based on isolation forest method, resource allocation optimization, and intelligent support request routing.

The system software was implemented using Django REST Framework for backend, React for frontend, and Celery for asynchronous task processing. Testing of the developed system confirmed the possibility of reducing operational costs by 25–40%, reducing incident response time to 5–10 minutes, and automating up to 70% of routine technical support operations. A startup project was developed to commercialize the work results.

**Keywords:** internet service provider, infrastructure optimization, service automation, network monitoring, machine learning, predictive analytics, intelligent routing, technical support.

## **ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМНОЇ ОБЛАСТІ.....	14
1.1 Сучасний стан ринку інтернет-провайдерів в Україні .....	14
1.2 Проблеми інфраструктури та обслуговування клієнтів у ISP .....	16
1.3.Огляд наявних систем автоматизації та оптимізації.....	22
Висновки до розділу 1.....	27
РОЗДІЛ 2. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	29
2.1 Аналіз бізнес-процесів інтернет-провайдера.....	29
2.2 Виділення об'єктів предметної області .....	32
2.3 Концептуальне проектування системи.....	34
2.4 Структура та опис бази даних .....	38
2.5 Вимоги до вхідних та вихідних даних .....	41
Висновки до розділу 2.....	43
РОЗДІЛ 3. МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	45
3.1 Методи оптимізації мережевої інфраструктури .....	45
3.2 Алгоритми автоматизації обслуговування клієнтів .....	46
3.3 Методи моніторингу та виявлення аномалій .....	48
3.4 Математична модель оцінки ефективності системи.....	49
Висновки до розділу 3.....	51
РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	52
4.1 Вибір технологічного стеку .....	52
4.2 Архітектура системи .....	53
4.3 Модуль оптимізації інфраструктури .....	55
4.4 Модуль автоматизації обслуговування клієнтів.....	56
4.5 Модуль аналітики та звітності.....	57
4.6 Інтеграції та API .....	58
4.7 Реалізація прототипу мікросервісної системи.....	58
4.8 Висновки до розділу 4.....	59

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ .....	60
5.1 Опис ідеї проєкту .....	60
5.2 Аналіз технологічної здійсненності .....	61
5.3 Аналіз ринкових можливостей .....	63
5.4 Розроблення ринкової стратегії .....	65
5.5 Фінансовий план та модель монетизації .....	67
Висновки до розділу 5 .....	70
ВИСНОВКИ .....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	75
ДОДАТКИ .....	82
Додаток А .....	82
Додаток Б .....	85
Додаток В .....	87
Додаток Г .....	89
Додаток Д .....	91

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ACID – Atomicity, Consistency, Isolation, Durability;  
API – Application Programming Interface;  
ARPU – Average Revenue Per User;  
ASGI – Asynchronous Server Gateway Interface;  
Bot API – Bot Application Programming Interface;  
COVID-19 – Coronavirus Disease 2019;  
CRM – Customer Relationship Management;  
DDoS – Distributed Denial of Service;  
FastAPI – вебфреймворк для побудови API на Python;  
FTTB – Fiber To The Building;  
FTTH – Fiber To The Home;  
InfluxDB – база даних часових рядів;  
IoT – Internet of Things;  
IPTV – Internet Protocol Television;  
ISP – Internet Service Provider;  
JSONB – Binary JSON;  
KPI – Key Performance Indicator;  
OAuth 2.0 – протокол авторизації (делегований доступ);  
OpenAPI – специфікація опису REST API ;  
ORM – Object-Relational Mapping;  
OTT – Over-The-Top;  
PostgreSQL – реляційна СКБД;  
Python – мова програмування;  
RabbitMQ – брокер повідомлень;  
React – бібліотека/фреймворк для фронтенду;  
Redis – in-memory key-value сховище;  
REST – Representational State Transfer;  
SLA – Service Level Agreement;  
SMTP – Simple Mail Transfer Protocol;  
SNMP – Simple Network Management Protocol;  
SQL – Structured Query Language;  
SSH – Secure Shell;  
Wi-Fi 6 / Wi-Fi 6E – стандарти бездротового зв'язку IEEE 802.11ax;  
ВНЗ – вищий навчальний заклад;  
ПЗ – програмне забезпечення.

## ВСТУП

Сучасний ринок телекомунікаційних послуг характеризується високим рівнем конкуренції, постійним зростанням вимог користувачів до якості обслуговування та необхідністю оптимізації операційних витрат. Інтернет-провайдери стикаються з численними викликами: необхідністю підтримки стабільної роботи мережевої інфраструктури, швидкого реагування на запити клієнтів, ефективного управління ресурсами та забезпечення високої якості послуг.

**Актуальність теми.** В умовах цифрової трансформації суспільства роль інтернет-провайдерів постійно зростає. За даними Державної служби статистики України, станом на 2024 рік понад 75% домогосподарств мають доступ до широкосмугового інтернету. Водночас, операційні витрати ISP збільшуються через необхідність підтримки складної інфраструктури, обробки зростаючих обсягів трафіку та забезпечення цілодобової технічної підтримки.

Традиційні методи управління інфраструктурою та обслуговування клієнтів часто виявляються неефективними: вони потребують значних людських ресурсів, характеризуються високою ймовірністю помилок, повільною реакцією на інциденти та обмеженими можливостями аналітики. Впровадження систем автоматизації та оптимізації дозволяє суттєво підвищити ефективність роботи ISP, знизити операційні витрати, покращити якість обслуговування клієнтів та забезпечити конкурентні переваги на ринку.

**Об'єкт дослідження** – процеси управління інфраструктурою та обслуговування клієнтів в системах інтернет-провайдерів.

**Предмет дослідження** – методи, алгоритми та програмні засоби оптимізації мережевої інфраструктури та автоматизації процесів обслуговування клієнтів.

**Мета роботи** – розроблення програмного та алгоритмічного забезпечення системи оптимізації інфраструктури та автоматизації обслуговування клієнтів для підвищення ефективності роботи інтернет-провайдерів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- Проаналізувати сучасний стан ринку інтернет-провайдерів та виявити основні проблеми в управлінні інфраструктурою і обслуговуванні клієнтів.

- Дослідити існуючі методи та системи автоматизації процесів ISP.

- Розробити концептуальну модель системи оптимізації та автоматизації.

- Спроекувати інформаційне забезпечення системи, включаючи структуру бази даних.

- Розробити математичні моделі та алгоритми для оптимізації інфраструктури та автоматизації обслуговування.

- Реалізувати програмне забезпечення системи з використанням сучасних технологій.

- Провести тестування розробленої системи та оцінити її ефективність.

- Розробити стартап-проект для комерціалізації результатів роботи.

Методи дослідження: системний аналіз для вивчення бізнес-процесів ISP, методи теорії графів для моделювання мережевої топології, алгоритми машинного навчання для прогнозування навантаження та виявлення аномалій, методи оптимізації для ефективного розподілу ресурсів, об'єктно-орієнтоване проектування для розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна роботи полягає у розробці комплексного підходу до оптимізації інфраструктури ISP, який поєднує методи автоматизованого моніторингу, прогнозування аналітики та інтелектуальної маршрутизації запитів клієнтів. Запропоновано алгоритм автоматичного виявлення та усунення типових інцидентів на основі аналізу історичних даних та машинного навчання.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості їх використання інтернет-провайдерами для підвищення якості обслуговування

клієнтів, зниження операційних витрат на 25 – 40%, скорочення часу реагування на інциденти до 5-10 хвилин та автоматизації до 70% рутинних операцій технічної підтримки.

Структура роботи включає вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел та додатки. Загальний обсяг пояснювальної записки становить 80 сторінок, включаючи 3 рисунків, 8 таблиць та 44 використаних джерел.

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМНОЇ ОБЛАСТІ

### 1.1 Сучасний стан ринку інтернет-провайдерів в Україні

Ринок телекомунікаційних послуг України перебуває в стані активного розвитку та трансформації. Станом на кінець 2024 року в країні функціонує понад 2500 зареєстрованих інтернет-провайдерів, серед яких як великі національні оператори, так і регіональні та локальні компанії, що обслуговують окремі міста або райони. Загальна кількість абонентів широкопasmового доступу до інтернету в Україні становить близько 7,8 мільйонів користувачів, що свідчить про високий рівень проникнення цифрових технологій у повсякденне життя населення.

Структура ринку характеризується значною фрагментацією. Топ-10 провайдерів контролюють близько 60% ринку, тоді як решта 40% розподілена між сотнями регіональних операторів. Це створює високу конкуренцію, особливо в сегменті обслуговування приватних користувачів, де рівень конкуренції за клієнта є найвищим. Середня швидкість підключення збільшилася з 50 Мбіт/с у 2020 році до 150 Мбіт/с у 2024 році, що відображає загальносвітову тенденцію до зростання вимог користувачів щодо пропускну здатності каналів зв'язку [1–2].

Рівень проникнення фіксованого широкопasmового інтернету досяг 75% у містах та 45% у сільській місцевості. Середній обсяг споживання трафіку на одного користувача зріс до 280 гігабайт на місяць, що пов'язано з популяризацією потокового відео високої чіткості, онлайн-ігор, хмарних сервісів та віддаленої роботи. Пандемія COVID-19 суттєво прискорила цифровізацію суспільства та збільшила залежність населення від якісного інтернет-зв'язку.

Технологічні тренди на ринку інтернет-провайдерів включають перехід на оптоволоконні мережі, де понад 65% нових підключень здійснюється через технології FTTH або FTTB, що забезпечує вищі швидкості та стабільність

з'єднання порівняно з традиційними мідними лініями. Активно впроваджуються технології Wi-Fi 6 та Wi-Fi 6E для покращення якості бездротового з'єднання в домівках користувачів. Спостерігається розвиток послуг IPTV та OTT, інтеграція телевізійних сервісів у пакети інтернет-провайдерів, а також розширення послуг для підключення розумних пристроїв, систем безпеки та домашньої автоматизації в рамках концепції Інтернету речей [3 – 4].

Регуляторне середовище діяльності ISP в Україні визначається Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації. Основні нормативні вимоги включають ліцензування діяльності, забезпечення якості послуг згідно з договорами, захист персональних даних користувачів та дотримання законодавства про телекомунікації. З 2022 року ISP стикаються з додатковими викликами, пов'язаними з воєнним станом в країні: пошкодженням інфраструктури внаслідок бойових дій, перебоями в електропостачанні, міграцією населення, необхідністю швидкого відновлення зв'язку в звільнених територіях [5].

Економічні показники ринку демонструють складну ситуацію для операторів. Середній ARPU для фіксованого широкосмугового доступу в Україні становить 150 – 250 гривень на місяць, що значно нижче, ніж у країнах Європейського Союзу. Це створює тиск на операторів щодо оптимізації витрат при збереженні якості послуг. Операційні витрати типового ISP розподіляються наступним чином: витрати на мережеву інфраструктуру складають 35 – 45% загального бюджету, зарплати персоналу 25 – 30%, маркетинг та залучення клієнтів 10 – 15%, адміністративні витрати 8 – 12%, інші операційні витрати 5 – 8% [6 – 7].

Конку rentне середовище характеризується високою інтенсивністю. Основні фактори конкуренції включають швидкість і стабільність з'єднання, ціну послуг та гнужність тарифних планів, якість технічної підтримки та швидкість реагування на проблеми, додаткові сервіси та покриття території

обслуговування. Поведінка споживачів також змінюється – користувачі стають більш вимогливими до якості послуг, швидкості вирішення проблем та прозорості комунікації. За даними досліджень, 68% користувачів готові змінити провайдера через погану якість технічної підтримки, навіть якщо технічні параметри послуги їх влаштовують.

Цифрова трансформація ISP стає критичним фактором успіху. Провайдери, які впроваджують системи автоматизації, аналітики та штучного інтелекту, демонструють на 30 – 40% вищу операційну ефективність порівняно з конкурентами, що використовують традиційні підходи. Інвестиції в інформаційні технології дозволяють знизити навантаження на персонал технічної підтримки, швидше виявляти та усувати проблеми в роботі мережі, персоналізувати пропозиції для клієнтів та підвищувати загальну якість обслуговування [8 – 9].

## **1.2 Проблеми інфраструктури та обслуговування клієнтів у ISP**

Інтернет-провайдери в процесі своєї діяльності стикаються з широким спектром операційних проблем, які можна класифікувати на дві основні категорії: проблеми мережевої інфраструктури та проблеми обслуговування клієнтів. Обидві категорії тісно взаємопов'язані та безпосередньо впливають на якість послуг, задоволеність клієнтів та економічну ефективність бізнесу провайдера.

Масштабованість мережі є однією з ключових проблем інфраструктури. Зростання кількості абонентів та обсягів споживання трафіку вимагає постійного розширення пропускної здатності мережі. Традиційні підходи до планування потужностей часто призводять або до надмірного інвестування в обладнання, коли ресурси закуповуються з великим запасом і простоюють недовикористаними, або до виникнення вузьких місць під час пікових навантажень, що погіршує якість обслуговування. За статистикою, близько 30%

інвестицій в обладнання залишаються недовикористаними протягом перших двох років експлуатації через неточне прогнозування потреб [10].

Моніторинг стану обладнання становить значну проблему для середніх та великих провайдерів. Типова мережа ISP включає сотні або тисячі активних елементів: маршрутизатори, комутатори, оптичні термінали, точки доступу Wi-Fi. Ручний моніторинг такої кількості обладнання є практично неможливим, що призводить до несвоєчасного виявлення відмов обладнання. Середній час виявлення проблеми складає 25 – 40 хвилин, причому часто про проблему провайдер дізнається від самих клієнтів, а не від системи моніторингу. Це створює реактивний, а не проактивний підхід до технічного обслуговування, коли проблеми вирішуються після їх виникнення, а не попереджуються заздалегідь.

Балансування навантаження між сегментами мережі залишається складною задачею. Нерівномірний розподіл клієнтів призводить до ситуацій, коли одні канали перевантажені і користувачі відчувають зниження швидкості з'єднання, тоді як інші канали недовикористовуються. Це знижує загальну ефективність інфраструктури на 20 – 35% та погіршує користувацький досвід для частини абонентів. Складність полягає в динамічному характері навантаження, яке змінюється протягом доби, днів тижня та сезонів року [11 – 12].

Управління топологією мережі ускладнюється з розширенням інфраструктури. Складні мережеві топології створюють труднощі у візуалізації структури мережі, плануванні змін та розширень, ідентифікації критичних вузлів та точок відмови, оптимізації маршрутизації трафіку. Відсутність актуальної документації топології мережі є типовою проблемою для багатьох ISP, що ускладнює діагностику проблем та планування розвитку інфраструктури.

Енергоефективність мережевого обладнання набуває особливої актуальності в контексті зростання цін на електроенергію. Мережеве обладнання споживає значну кількість електроенергії, причому за відсутності систем оптимізації, обладнання часто працює на максимальній потужності навіть під час низького навантаження. Це призводить до невиправданих енергетичних витрат, які можуть складати до 15 – 20% операційного бюджету провайдера. Інтелектуальне управління живленням обладнання може знизити споживання електроенергії на 25 – 30% без погіршення якості обслуговування.

Забезпечення безпеки мережі є постійним викликом для ISP. Провайдери стають об'єктами DDoS-атак, спроб несанкціонованого доступу та інших кібернетичних загроз. Виявлення аномального трафіку та атак у реальному часі вимагає складних систем аналітики та значних обчислювальних ресурсів. Ізоляція скомпрометованих сегментів мережі повинна здійснюватися швидко, щоб мінімізувати вплив на інших користувачів, але при цьому не спричинити надмірних обмежень для легітимного трафіку [13].

Забезпечення якості обслуговування для різних типів трафіку вимагає складної конфігурації обладнання та постійного моніторингу. Відеоконференції, голосовий зв'язок через інтернет, онлайн-ігри та потокове відео високої чіткості мають різні вимоги до затримки, варіації затримки та втрат пакетів. Забезпечення оптимальних параметрів для всіх типів трафіку одночасно є складною оптимізаційною задачею, особливо в умовах обмеженої пропускної здатності каналів.

Обробка звернень клієнтів становить значну частину операційних проблем ISP. Технічна підтримка щодня обробляє сотні звернень від користувачів, причому високий час очікування відповіді оператора в середньому складає 8 – 12 хвилин, що викликає незадоволення клієнтів. Користувачі часто змушені багаторазово пояснювати проблему різним операторам через відсутність централізованої системи обліку звернень. Відсутність

автоматизованої системи визначення пріоритетів звернень призводить до того, що критичні проблеми можуть обробятися з такою ж швидкістю, як і другорядні запити.

Показник first call resolution, тобто вирішення проблеми при першому зверненні, для більшості ISP складає лише 45 – 55%, що означає, що майже половина клієнтів змушена звертатися повторно або проблема вирішується протягом тривалого часу. Це знижує задоволеність клієнтів та створює додаткове навантаження на службу підтримки. Низький рівень цього показника часто пов'язаний з недостатньою кваліфікацією операторів першої лінії підтримки, відсутністю доступу до повної інформації про клієнта та історії його звернень, а також обмеженими можливостями віддаленої діагностики проблем [14].

Категоризація проблем є важливою для ефективної роботи служби підтримки. За статистикою, до 60% звернень стосуються типових проблем: налаштування Wi-Fi роутера та покриття сигналу, повільна швидкість інтернету, відсутність з'єднання через технічні роботи або аварії, питання щодо рахунків та тарифів. Однак відсутність ефективної системи категоризації та автоматичного вирішення типових проблем призводить до того, що кожне звернення обробляється вручну, навіть якщо рішення є стандартним і може бути автоматизованим.

Час вирішення проблем залишається критичним показником якості обслуговування. Середній час вирішення типових інцидентів складає: для проблем з налаштуванням обладнання 1 – 2 години, для локальних аварій на мережі 3 – 6 годин, для планових технічних робіт 2 – 4 години, для заміни обладнання на стороні клієнта 1 – 2 дні. Ці показники часто не відповідають очікуванням клієнтів, особливо для бізнес-сегменту, де простій з'єднання призводить до прямих фінансових втрат.

Комунікація з клієнтами потребує суттєвого покращення в більшості ISP. Відсутність проактивного інформування про планові роботи призводить до того, що клієнти дізнаються про перерви в обслуговуванні лише тоді, коли вони вже відбулися. Затримки в повідомленні про аварії та терміни відновлення створюють невпевненість та незадоволення. Обмежені канали комунікації, часто лише телефон та електронна пошта, не відповідають сучасним очікуванням користувачів, які звикли до миттєвих месенджерів та чат-ботів. Відсутність можливості відстеження статусу обробки звернення в режимі реального часу змушує клієнтів повторно звертатися до служби підтримки для уточнення інформації.

Аналітика та звітність є слабким місцем для багатьох провайдерів. Відсутність комплексних систем аналітики обмежує можливості виявлення повторюваних проблем у роботі мережі, прогнозування навантаження та планування потужностей, оцінки ефективності роботи технічної підтримки, сегментації клієнтів за потребами та поведінкою. Рішення приймаються на основі інтуїції або обмежених даних, а не на основі комплексного аналізу метрик та трендів.

Персоналізація послуг стає все більш важливою в умовах високої конкуренції. Однак більшість ISP надають стандартизовані пакети послуг без урахування індивідуальних потреб користувачів, їх паттернів споживання трафіку або специфічних вимог. Користувач, який переважно переглядає потокове відео, та користувач, який працює з великими файлами або грає в онлайн-ігри, мають різні вимоги до параметрів з'єднання, але отримують однакові стандартні пакети.

Інтеграція різнорідних систем є технічною проблемою для багатьох провайдерів. Типовий ISP використовує білінгову систему для управління платежами, CRM для управління взаємовідносинами з клієнтами, систему моніторингу мережі, систему обліку звернень та систему обліку обладнання.

Відсутність інтеграції між цими системами призводить до дублювання даних та можливих розбіжностей між різними джерелами інформації, необхідності ручного перенесення інформації між системами, складності отримання цілісної картини стану системи, зниження продуктивності праці співробітників через необхідність роботи з множиною різних інтерфейсів [15].

Таблиця 1.1 – Основні проблеми інфраструктури та обслуговування ISP

Категорія	Проблема	Поточний стан	Вплив на бізнес
Інфраструктура	Масштабованість мережі	30% недовикористання ресурсів	Надмірні капітальні витрати
Інфраструктура	Моніторинг обладнання	Час виявлення проблеми: 25-40 хв	Простий обслуговування
Інфраструктура	Балансування навантаження	Зниження ефективності на 20-35%	Погіршення якості для клієнтів
Інфраструктура	Енергоефективність	15-20% операційного бюджету	Високі операційні витрати
Обслуговування	Час очікування відповіді	8-12 хвилин	Незадоволеність клієнтів
Обслуговування	First call resolution	45-55%	Повторні звернення
Обслуговування	Типові проблеми	60% звернень	Неефективне використання ресурсів
Обслуговування	Час вирішення проблем	1-6 годин	Відтік клієнтів

Кваліфікація персоналу є важливим фактором якості обслуговування. Складність сучасних мережевих технологій вимагає високої кваліфікації персоналу технічної підтримки, однак ISP стикаються з високою плинністю кадрів, яка складає 25 – 35% на рік для операторів першої лінії підтримки. Тривалий період навчання нових співробітників, який складає 2 – 3 місяці, створює постійне навантаження на досвідчених фахівців та знижує загальну ефективність команди. Залежність від досвіду окремих фахівців створює ризики

для бізнесу, а складність передачі знань та кращих практик обмежує можливості масштабування служби підтримки.

### **1.3 Огляд наявних систем автоматизації та оптимізації**

Для вирішення проблем, описаних у попередньому розділі, на ринку існує широкий спектр систем та рішень для автоматизації процесів інтернет-провайдерів. Ці системи можна класифікувати за функціональним призначенням на системи моніторингу мережі, системи управління технічною підтримкою, CRM-системи для ISP та спеціалізовані рішення на базі штучного інтелекту.

Системи моніторингу мережі є базовим інструментом для управління інфраструктурою ISP. Nagios є однією з найпоширеніших open-source систем моніторингу, яка забезпечує моніторинг стану хостів, сервісів та мережевих пристроїв, систему сповіщень про інциденти, візуалізацію стану мережі та гнучку систему плагінів для розширення функціональності. Основними перевагами Nagios є безкоштовність, велика спільнота розробників та широкі можливості налаштування. Проте система має суттєві недоліки: складність початкового налаштування вимагає глибоких технічних знань, застарілий інтерфейс не відповідає сучасним стандартам юзабіліті, обмежені можливості аналітики та автоматизації реагування на інциденти знижують ефективність використання системи [16 – 17].

Zabbix представляє собою більш сучасну комплексну систему моніторингу з розширеними можливостями. Система підтримує як агентський, так і безагентський моніторинг, що дозволяє гнучко налаштовувати збір даних з різних типів обладнання. Функція автоматичного виявлення пристроїв суттєво спрощує початкове налаштування системи для великих мереж. Гнучка система тригерів та сповіщень дозволяє налаштувати різні сценарії реагування на різні типи інцидентів. Збереження історичних даних та аналітика трендів забезпечують можливість прогнозування проблем та планування розвитку

інфраструктури. Вбудовані інструменти візуалізації включають графіки, карти мережі та дашборди для швидкого огляду стану системи. Основні переваги Zabbix включають потужну аналітику, масштабованість для великих мереж та активний розвиток продукту. До недоліків належать високі вимоги до ресурсів сервера при моніторингу великих мереж та крива навчання для адміністраторів.

PRTG Network Monitor є комерційним рішенням для комплексного моніторингу, орієнтованим на простоту використання. Система має інтуїтивний веб-інтерфейс, який не вимагає глибоких технічних знань для базового використання. Понад 250 типів сенсорів дозволяють моніторити практично будь-які параметри мережевих пристроїв, серверів та сервісів. Автоматична генерація топології мережі спрощує візуалізацію структури інфраструктури. Мобільні додатки забезпечують можливість моніторингу з будь-якого місця. Інтеграція з системами тікетів дозволяє автоматично створювати звернення при виявленні проблем. Переваги PRTG включають простоту використання, якісну технічну підтримку та швидке розгортання. Недоліками є висока вартість ліцензій для великих мереж, закритий код та обмежені можливості кастомізації порівняно з open-source рішеннями.

Системи управління технічною підтримкою є критично важливими для забезпечення якості обслуговування клієнтів. OTRS є open-source системою управління зверненнями з широкими можливостями. Система забезпечує управління тікетами з різних каналів комунікації, включаючи електронну пошту, веб-форму та телефонні дзвінки. Система пріоритизації та ескалації дозволяє забезпечити, що критичні проблеми вирішуються в першу чергу. Вбудована база знань та FAQ дозволяють користувачам самостійно знаходити рішення типових проблем [18]. Звітність та аналітика надають менеджменту інформацію про ефективність роботи служби підтримки. Функціонал SLA management дозволяє відстежувати дотримання угод про рівень обслуговування. Переваги OTRS включають безкоштовну базову версію, гнучкість налаштування та підтримку

багатьох мов. Недоліки полягають у складній архітектурі та потребі в технічних навичках для налаштування та адміністрування системи.

Zendesk є хмарною платформою для обслуговування клієнтів, орієнтованою на простоту використання та швидке впровадження. Система забезпечує омніканальну підтримку через електронну пошту, чат, телефон та соціальні мережі, що дозволяє клієнтам звертатися зручним для них способом. Інтелектуальна маршрутизація тикетів автоматично направляє звернення до найбільш підходящого оператора на основі типу проблеми та доступності персоналу. Вбудований чат-бот на базі штучного інтелекту може автоматично вирішувати типові запити без участі оператора. Інтеграція з CRM та іншими системами забезпечує цілісне уявлення про клієнта. Детальна аналітика продуктивності команди дозволяє виявляти вузькі місця та покращувати процеси. Переваги Zendesk включають сучасний інтерфейс, легке впровадження та потужну екосистему застосунків. Недоліками є висока вартість при масштабуванні та залежність від інтернет-з'єднання, що може бути проблемою в умовах нестабільного інтернету.

Jira Service Management від компанії Atlassian є рішенням для IT Service Management, орієнтованим на технічні команди. Глибока інтеграція з екосистемою Atlassian, включаючи Jira Software та Confluence, дозволяє організувати ефективну співпрацю між різними командами. Потужні можливості автоматизації робочих процесів дозволяють налаштувати складні сценарії обробки звернень. Self-service портал для користувачів знижує навантаження на службу підтримки. Підтримка процесів Change Management та Incident Management згідно з ITIL забезпечує відповідність кращим практикам галузі. Потужні можливості reporting та analytics надають глибоку аналітику роботи служби. Переваги включають високу гнучкість, ідеальну відповідність потребам технічних команд та активний розвиток продукту. Недоліки полягають

у складності для нетехнічних користувачів та зростанні вартості зі збільшенням кількості агентів [19 – 20].

CRM-системи для ISP часто поєднують функції управління взаємовідносинами з клієнтами з специфічними для телекому функціями. Splynx є комплексною платформою для ISP, що поєднує білінг, CRM та network management. Автоматизований білінг підтримує різні моделі оплати, включаючи передплату, постоплату та гібридні схеми. Управління клієнтською базою забезпечує централізоване зберігання інформації про всіх абонентів. Інтеграція з платіжними системами дозволяє автоматизувати процес прийому платежів. Customer self-service портал дозволяє клієнтам самостійно управляти своїм обліковим записом, переглядати історію платежів та змінювати тарифні плани. Інтеграція з роутерами через API дозволяє віддалено налаштовувати обладнання клієнтів. Вбудована система тикетів та підтримки забезпечує обробку звернень. Переваги Splynx включають концепцію все-в-одному, що знижує потребу в інтеграціях, та регулярні оновлення. Недоліками є можлива надмірність функціоналу для малих провайдерів та вартість ліцензій для великих інсталяцій.

Нове покоління систем для ISP активно використовує штучний інтелект та машинне навчання для вирішення складних задач. Системи прогнозування відмов обладнання аналізують історичні дані про стан пристроїв, виявляють паттерни, що передують відмовам, та надають рекомендації щодо превентивного обслуговування. Це дозволяє переходити від реактивного до проактивного підходу в технічному обслуговуванні. Приклади таких рішень включають IBM Maximo, Uptake та Senseye Predictive Maintenance. Інтелектуальні чат-боти для технічної підтримки можуть обробляти типові запити користувачів, діагностувати проблеми на основі опису симптомів, автоматично генерувати інструкції для вирішення проблем та інтегруватися з базою знань для надання актуальної інформації. Приклади включають Dialogflow, IBM Watson Assistant та Microsoft Bot Framework.

Системи виявлення аномалій у мережевому трафіку використовують алгоритми машинного навчання для виявлення DDoS-атак у реальному часі, ідентифікації несанкціонованого доступу та моніторингу незвичних паттернів використання. Такі системи, як Darktrace, Vectra AI та Cisco Stealthwatch, можуть виявляти загрози, які традиційні системи на основі сигнатур пропускають. Системи оптимізації маршрутизації та балансування навантаження використовують алгоритми для динамічного перерозподілення трафіку на основі поточного навантаження, прогнозування пікових навантажень та автоматичного масштабування ресурсів.

Порівняльний аналіз розглянутих систем дозволяє виявити їх сильні та слабкі сторони. Системи моніторингу, такі як Zabbix та PRTG, забезпечують відмінне покриття потреб в моніторингу інфраструктури, але мають обмежені можливості в автоматизації реагування на інциденти. Системи helpdesk, такі як Zendesk та Jira Service Management, ефективно управляють зверненнями клієнтів, але не інтегровані з моніторингом мережі. Комплексні платформи, такі як Splunk, намагаються об'єднати різний функціонал, але часто поступаються спеціалізованим рішенням у окремих аспектах. Системи на базі штучного інтелекту демонструють високу ефективність у специфічних задачах, але вимагають значних інвестицій та технічної експертизи для впровадження.

Таблиця 1.2 – Порівняння систем автоматизації для ISP

Система	Тип	Вартість	Складність впровадження	Можливості інтеграції	AI/ML	Оцінка
Nagios	NMS	Безкоштовна	Висока	Середні	Ні	3.5/5
Zabbix	NMS	Безкоштовна	Середня	Високі	Обмежені	4.0/5
PRTG	NMS	Від \$1600	Низька	Високі	Базові	4.2/5
OTRS	Helpdesk	Безкоштовна	Висока	Середні	Ні	3.7/5
Zendesk	Helpdesk	Від \$49/міс	Низька	Високі	Так	4.5/5
Jira SM	Helpdesk	Від \$20/міс	Середня	Дуже високі	Середні	4.3/5

Splynx	Комплекс	Від €25/міс	Середня	Високі	Базові	4.0/5
--------	----------	-------------	---------	--------	--------	-------

Аналіз наявних на ринку систем автоматизації виявив наступні обмеження та можливості для покращення. Фрагментарність рішень є основною проблемою – більшість систем спеціалізуються на одному аспекті діяльності ISP, що вимагає інтеграції множини продуктів для повного покриття потреб. Це створює складність в налаштуванні, потребу в технічній експертизі та ризики несумісності. Обмежені можливості прогнозу аналітики в більшості систем означають, що вони фокусуються на моніторингу поточного стану, але не надають інструментів для передбачення майбутніх проблем. Недостатня автоматизація типових операцій залишає значну частину рутинних задач на ручне виконання персоналом. Слабка персоналізація обслуговування означає, що більшість систем не враховують індивідуальні особливості клієнтів при обробці звернень. Високі вимоги до ресурсів для систем на базі штучного інтелекту обмежують їх доступність для малих та середніх провайдерів.

Виявлені обмеження існуючих рішень вказують на необхідність розроблення комплексної системи, яка поєднає моніторинг інфраструктури, автоматизацію обслуговування клієнтів, прогнозу аналітику та персоналізований підхід до вирішення проблем. Така система повинна бути доступною за вартістю для провайдерів різного масштабу, відносно простою у впровадженні та експлуатації, гнучкою для адаптації під специфічні потреби конкретного провайдера та масштабованою для зростання разом з бізнесом.

**Висновки.** Проведений аналіз сучасного стану ринку інтернет-провайдерів в Україні та проблем, з якими вони стикаються, дозволяє зробити наступні висновки:

– Ринок телекомунікаційних послуг України характеризується високим рівнем проникнення широкосмугового інтернету, що досяг 75% у містах, та активною конкуренцією між провайдерами. Зростання вимог користувачів до

швидкості з'єднання, стабільності роботи та якості технічної підтримки створює тиск на операторів щодо оптимізації процесів та зниження операційних витрат.

– Основні проблеми інфраструктури включають складність масштабування мережі, несвоєчасне виявлення відмов обладнання, неефективне балансування навантаження та високі енергетичні витрати. Середній час виявлення проблем складає 25 – 40 хвилин, а неефективне використання ресурсів знижує загальну ефективність інфраструктури на 20 – 35%.

– Проблеми обслуговування клієнтів включають високий час очікування відповіді оператора, низький показник вирішення проблеми при першому зверненні, недостатню автоматизацію обробки типових звернень та обмежені можливості аналітики. Ці фактори призводять до незадоволеності клієнтів та їх відтоку до конкурентів.

– Огляд існуючих систем автоматизації виявив, що на ринку представлений широкий спектр рішень для моніторингу мережі, управління технічною підтримкою та взаємовідносинами з клієнтами. Однак більшість систем є фрагментарними та спеціалізуються на окремих аспектах діяльності ISP. Комплексні платформи часто є дорогими та складними у впровадженні, що обмежує їх доступність для малих та середніх провайдерів.

– Виявлені обмеження існуючих рішень обґрунтовують необхідність розроблення комплексної системи оптимізації інфраструктури та автоматизації обслуговування, яка поєднає моніторинг, прогнозу аналітику, інтелектуальну обробку звернень та персоналізований підхід до клієнтів. Така система повинна бути доступною, гнучкою та масштабованою для провайдерів різного розміру.

## РОЗДІЛ 2. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 2.1 Аналіз бізнес-процесів інтернет-провайдера

Для розроблення ефективної системи оптимізації та автоматизації необхідно провести детальний аналіз бізнес-процесів типового інтернет-провайдера. Бізнес-процеси ISP класифікуються на основні, що безпосередньо створюють цінність для клієнта, та допоміжні, що підтримують функціонування основних процесів.

Процес підключення нового клієнта включає декілька послідовних етапів. Прийом заявки може надходити через телефонний дзвінок, веб-форму на сайті, звернення в офіс або через партнерську мережу. На цьому етапі фіксується контактна інформація клієнта, адреса підключення та бажаний тарифний план. Перевірка технічної можливості включає аналіз покриття мережі, наявності вільних портів на обладнанні та можливості прокладання кабелю. Формування комерційної пропозиції враховує доступні тарифи, вартість підключення та поточні акції. Узгодження деталей завершується підписанням договору та внесенням передоплати. Фізичне підключення включає прокладання кабелю, встановлення обладнання, налаштування доступу та тестування з'єднання. Активація послуги в білінговій системі завершує процес [21].

Процес обслуговування активних клієнтів є найбільш масштабним та включає регулярні операції. Щомісячна генерація рахунків здійснюється автоматично білінговою системою на основі обраного тарифу та фактичного споживання. Контроль оплати включає відстеження термінів, автоматичне нагадування клієнтам та блокування доступу при несвоєчасній оплаті згідно з договором. Обробка змін тарифного плану вимагає перевірки технічної можливості надання нової швидкості, внесення змін у білінгову систему та перенастроювання обладнання. Моніторинг якості включає постійне відстеження швидкості з'єднання, стабільності каналу та задоволеності клієнта.

Процес технічної підтримки є критично важливим для задоволеності користувачів. Прийом звернення здійснюється через телефон, email, веб-форму, месенджери або особисте звернення. Реєстрація в системі включає створення тикету з унікальним ідентифікатором, фіксацію опису проблеми та призначення пріоритету [22-23]. Діагностика проблеми включає збір інформації про симптоми, перевірку стану обладнання провайдера, віддалену діагностику обладнання клієнта та визначення причини. Вирішення може включати віддалене налаштування, надання інструкцій клієнту, створення заявки на виїзд технічного фахівця або ескалацію до спеціалістів вищого рівня. Закриття звернення здійснюється після підтвердження клієнтом вирішення проблеми.

Процес моніторингу та обслуговування інфраструктури забезпечує стабільну роботу мережі. Постійний моніторинг збирає метрики з маршрутизаторів, комутаторів, оптичних терміналів та інших активних елементів. Система відстежує доступність пристроїв, завантаження процесора та пам'яті, температурні показники, завантаження каналів зв'язку та кількість помилок. Виявлення аномалій генерує сповіщення на основі налаштованих порогових значень. Реагування на інциденти включає аналіз сповіщень, визначення впливу на клієнтів, віддалене усунення проблеми або направлення персоналу на об'єкт. Планове обслуговування включає регулярні технічні роботи, оновлення програмного забезпечення, заміну обладнання з критичним зносом та розширення потужностей [24].

Процес управління мережевою інфраструктурою включає стратегічне планування розвитку. Аналіз поточного стану передбачає оцінку завантаження каналів, виявлення вузьких місць, аналіз географічного розподілу клієнтів та прогнозування зростання навантаження. Планування розширення включає визначення районів для нового покриття, проектування топології, вибір обладнання та розрахунок необхідних інвестицій. Оптимізація існуючої інфраструктури включає перерозподіл клієнтів для балансування навантаження,

оновлення застарілого обладнання, впровадження нових технологій та консолідацію для зниження операційних витрат.

Таблиця 2.1 – Основні бізнес-процеси інтернет-провайдера

Процес	Основні етапи	Відповідальні	Тривалість	Критичність
Підключення клієнта	Заявка → Перевірка → Договір → Підключення → Активація	Відділ продажів, Технічна служба	3-7 днів	Висока
Обслуговування	Білінг → Контроль оплати → Зміни тарифу → Моніторинг	Фінансовий відділ, Підтримка	Постійно	Висока
Технічна підтримка	Звернення → Реєстрація → Діагностика → Вирішення → Закриття	Служба підтримки	15 хв - 6 год	Критична
Моніторинг	Збір метрик → Виявлення → Реагування → Документування	Технічний відділ	Постійно	Критична

Аналіз бізнес-процесів виявив основні точки, де автоматизація може принести найбільший ефект. В процесі технічної підтримки автоматизація діагностики типових проблем може знизити навантаження на операторів на сорок - шістдесят відсотків. Автоматична категоризація та маршрутизація може скоротити час обробки на тридцять - сорок відсотків. В процесі моніторингу автоматичне виявлення аномалій та прогнозування відмов може зменшити час простою на п'ятдесят - сімдесят відсотків [25]. Автоматизоване балансування навантаження може підвищити ефективність використання ресурсів на двадцять п'ять - тридцять п'ять відсотків.

## 2.2 Виділення об'єктів предметної області

На основі проведеного аналізу бізнес-процесів виділено основні об'єкти предметної області, які моделюватимуться в системі оптимізації інфраструктури та автоматизації обслуговування клієнтів.

Клієнт є центральним об'єктом системи, що представляє абонента послуг провайдера. Основні атрибути включають унікальний ідентифікатор, персональні дані (прізвище, ім'я, по батькові), контактну інформацію (телефон, email), адресу підключення, поточний тарифний план, статус облікового запису (активний, заблокований, призупинений), дату підключення, категорію клієнта (приватний, бізнес, VIP) та історію взаємодії. Клієнт пов'язаний з іншими об'єктами через відношення один-до-багатьох: один клієнт може мати багато звернень, багато рахунків та багато сесій підключення.

Тарифний план визначає умови надання послуг та їх вартість. Атрибути включають назву тарифу, швидкість завантаження та вивантаження даних, обмеження на обсяг трафіку або необмежений трафік, вартість абонентської плати, додаткові послуги (IPTV, статична IP-адреса), умови надання знижок та статус тарифу (доступний для нових підключень або лише для існуючих клієнтів). Один тарифний план може бути призначений багатьом клієнтам [26].

Звернення до технічної підтримки представляє запит клієнта на допомогу. Основні атрибути включають унікальний номер тікету, посилання на клієнта, дату та час створення, канал звернення (телефон, email, веб-форма, месенджер), опис проблеми, категорію (налаштування, відмова обладнання, питання білінгу), пріоритет (низький, середній, високий, критичний), поточний статус (новий, в роботі, очікування, вирішений, закритий), призначеного оператора, історію дій з обробки, рішення проблеми та час закриття. Звернення пов'язане з клієнтом через відношення багато-до-одного та може бути пов'язане з обладнанням.

Мережеве обладнання представляє активні елементи інфраструктури провайдера. Типи включають маршрутизатори, комутатори, оптичні лінійні термінали, оптичні мережеві термінали, точки доступу Wi-Fi та сервери. Атрибути включають унікальний ідентифікатор, тип обладнання, виробника та модель, серійний номер, IP-адресу для управління, фізичне розташування, дату введення в експлуатацію, поточний статус та конфігураційні параметри. Обладнання може бути пов'язане з багатьма клієнтами та з іншим обладнанням для представлення топології мережі [27].

Метрики моніторингу представляють дані про стан обладнання та мережі. Типи метрик включають доступність пристрою, завантаження процесора та пам'яті, температуру, завантаження мережевих інтерфейсів (вхідний та вихідний трафік), кількість помилок на інтерфейсах, затримку та втрати пакетів. Кожна метрика пов'язана з конкретним обладнанням та має часову мітку збору даних. Збереження історії дозволяє аналізувати тренди та прогнозувати проблеми.

Інцидент представляє виявлену проблему в роботі інфраструктури. Атрибути включають унікальний ідентифікатор, тип інциденту (відмова обладнання, перевантаження каналу, деградація якості), опис проблеми, постраждале обладнання, кількість клієнтів під впливом, час виявлення, пріоритет, поточний статус (новий, в роботі, вирішується, вирішений), призначеного інженера, виконані дії та час вирішення. Інцидент може бути пов'язаний з одним або кількома зверненнями клієнтів та елементами обладнання [28 – 29].

Сесія підключення представляє період використання послуг інтернет-доступу. Атрибути включають посилання на клієнта, час початку та завершення, тривалість, обсяг завантажених та вивантажених даних, середню швидкість з'єднання та якісні показники (затримка, втрати пакетів). Аналіз сесій дозволяє виявляти паттерни використання, аномалії та персоналізувати пропозиції.

База знань складається зі статей з вирішення типових проблем. Атрибути статті включають унікальний ідентифікатор, заголовок, категорію проблеми, детальний опис, покрокові інструкції, посилання на пов'язані статті, кількість переглядів, рейтинг корисності та дату останнього оновлення. База знань пов'язана зі зверненнями через посилання на використані статті.

Користувачі системи представляють співробітників провайдера (рис. 2.1). Типи включають операторів технічної підтримки першої лінії, інженерів другої лінії, інженерів мережі, менеджерів відділу продажів, адміністраторів системи та керівників підрозділів. Атрибути включають логін, хешований пароль, прізвище та ім'я, роль в системі, контактну інформацію, статус облікового запису та дату останнього входу [30].

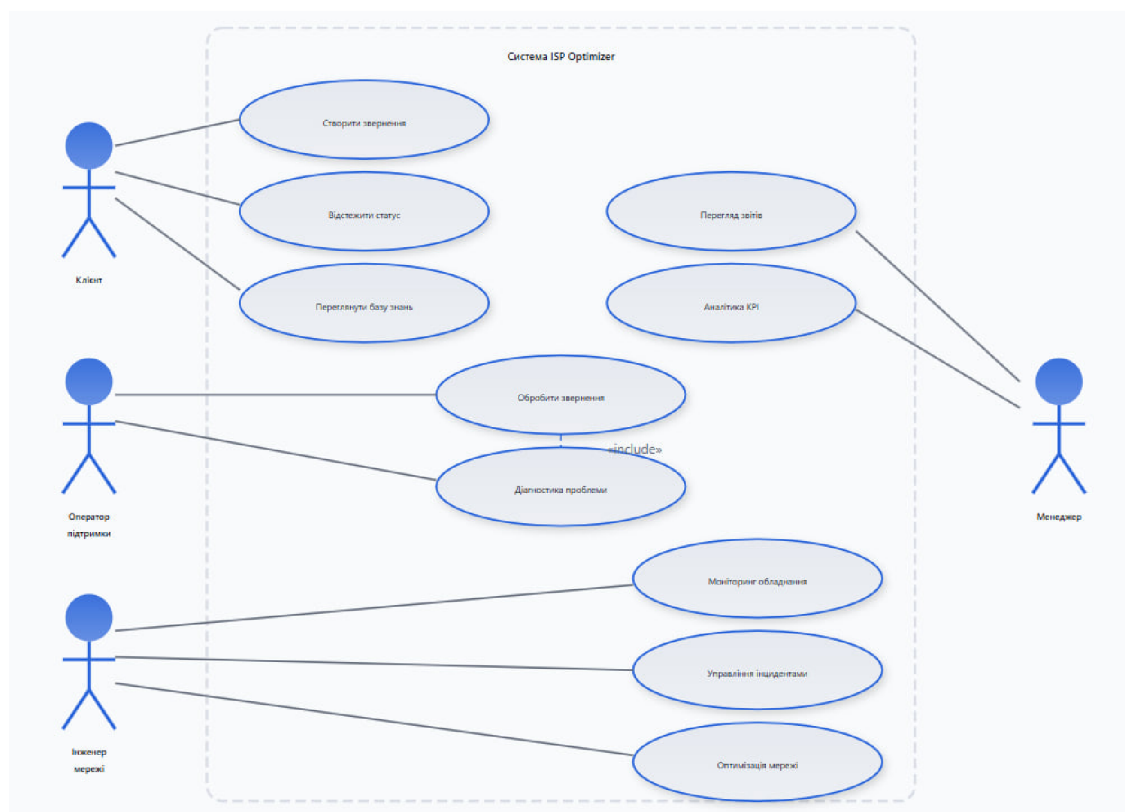


Рисунок 2.1 – Діаграма варіантів використання (Use Case)

## 2.3 Концептуальне проектування системи

Концептуальне проектування визначає архітектуру системи, основні модулі та взаємодію між ними. Система розроблюється як веб-орієнтована платформа з мікросервісною архітектурою, що забезпечує гнужкість, масштабованість та можливість поетапного впровадження.

Архітектура базується на трирівневій моделі (рис.2.2). Рівень представлення реалізований як веб-додаток з адаптивним інтерфейсом, доступним через браузер на різних пристроях. Користувацький інтерфейс розроблений окремо для різних ролей: панель оператора підтримки для обробки звернень, панель інженера мережі для моніторингу інфраструктури, панель менеджера для аналітики та портал самообслуговування для клієнтів.

Рівень бізнес-логіки реалізований як набір мікросервісів, кожен відповідає за певну функціональність. Це дозволяє незалежно розробляти, розгортати та масштабувати компоненти. Мікросервіси взаємодіють через REST API або через брокер повідомлень для асинхронної комунікації. Рівень даних включає реляційну базу даних для структурованих даних, часову базу даних для метрик моніторингу, кеш-сервер для підвищення продуктивності та сховище документів для неструктурованих даних.

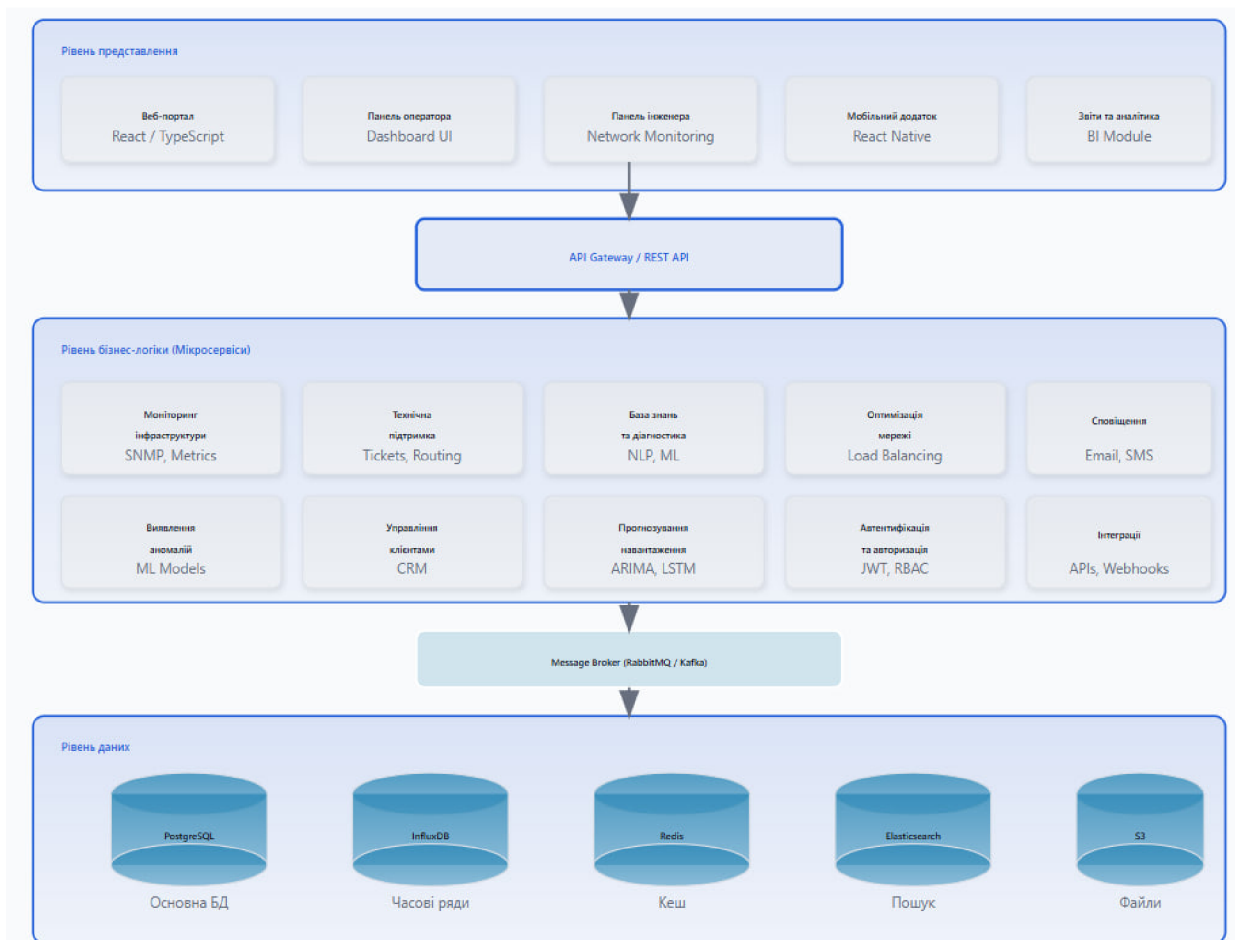


Рисунок 2.2 – Діаграма архітектури системи

Модуль моніторингу інфраструктури відповідає за збір, збереження та аналіз даних про стан обладнання. Компонент збору підключається через SNMP, SSH або API виробника та збирає метрики з періодичністю один - п'ять хвилин. Компонент виявлення аномалій використовує алгоритми машинного навчання для ідентифікації незвичних паттернів. Компонент сповіщень генерує алерти та направляє відповідним фахівцям. Компонент прогнозування використовує історичні дані для прогнозування навантаження.

Модуль автоматизації технічної підтримки призначений для ефективної обробки звернень. Компонент реєстрації приймає запити з різних каналів та створює уніфіковані тікети. Компонент категоризації використовує обробку природної мови для автоматичного визначення категорії та пріоритету.

Компонент маршрутизації визначає найбільш підходящого оператора на основі типу проблеми, доступності та компетенцій. Компонент діагностики використовує базу знань та правила для автоматичного виявлення причини. Чат-бот на основі AI може автоматично обробляти прості запити без залучення оператора.

Модуль управління базою знань забезпечує створення, організацію та використання статей. Компонент створення надає редактор для документування рішень. Компонент пошуку використовує семантичний пошук для знаходження релевантних статей. Компонент рекомендацій автоматично пропонує статті операторам при обробці звернень. Компонент аналітики відстежує використання статей та їх корисність.

Модуль оптимізації мережі використовує дані моніторингу для підвищення ефективності. Компонент аналізу топології будує модель мережі на основі даних про обладнання та з'єднання. Компонент балансування аналізує розподіл клієнтів та трафіку і надає рекомендації щодо оптимізації. Компонент планування використовує прогностичні моделі для визначення необхідності розширення. Компонент енергоефективності аналізує споживання електроенергії та надає рекомендації щодо оптимізації.

Модуль аналітики та звітності забезпечує візуалізацію даних та генерацію звітів. Компонент дашбордів надає інтерактивні панелі з ключовими показниками. Компонент звітів дозволяє створювати регулярні звіти про роботу підтримки, стан інфраструктури та задоволеність клієнтів. Компонент прогнозування аналітики використовує машинне навчання для виявлення трендів та прогнозування показників.

Безпека системи забезпечується на всіх рівнях. Автентифікація через безпечні механізми з підтримкою багатофакторної автентифікації для критичних ролей. Авторизація базується на ролевій моделі доступу. Шифрування застосовується при передачі (HTTPS, TLS) та збереженні чутливої інформації.

Аудит дій ведеться для всіх критичних операцій. Захист від загроз включає механізми протидії SQL-ін'єкціям, XSS-атакам та іншим вразливостям.

## 2.4 Структура та опис бази даних

База даних (рис. 2.3) спроектована для ефективного зберігання та обробки інформації про всі об'єкти предметної області. Для структурованих даних використовується PostgreSQL, для часових рядів метрик - InfluxDB.

Таблиця `clients` зберігає інформацію про клієнтів провайдера. Поля включають `client_id` (SERIAL, первинний ключ), `first_name`, `last_name`, `middle_name` (VARCHAR), `phone` (VARCHAR), `email` (VARCHAR), `address_street`, `address_building`, `address_apartment` (VARCHAR), `tariff_id` (INTEGER, зовнішній ключ), `status` (VARCHAR: `active`, `suspended`, `blocked`, `terminated`), `category` (VARCHAR: `residential`, `business`, `vip`), `connection_date` (DATE), `created_at` та `updated_at` (TIMESTAMP).

Таблиця `tariff_plans` містить тарифні плани. Поля включають `tariff_id` (SERIAL, первинний ключ), `tariff_name` (VARCHAR), `download_speed` та `upload_speed` (INTEGER, Мбіт/с), `traffic_limit` (INTEGER, ГБ або NULL), `monthly_price` (DECIMAL), `connection_fee` (DECIMAL), `additional_services` (JSONB), `is_active` (BOOLEAN), `created_at` та `updated_at` (TIMESTAMP).

Таблиця `tickets` зберігає звернення до технічної підтримки. Поля включають `ticket_id` (SERIAL, первинний ключ), `client_id` (INTEGER, зовнішній ключ), `created_at` (TIMESTAMP), `channel` (VARCHAR: `phone`, `email`, `web`, `messenger`), `subject` (VARCHAR), `description` (TEXT), `category` (VARCHAR), `priority` (VARCHAR), `status` (VARCHAR), `assigned_to` (INTEGER, зовнішній ключ до `users`), `resolution` (TEXT), `resolved_at` та `closed_at` (TIMESTAMP), `first_response_time` та `resolution_time` (INTEGER, хвилини).

Таблиця `ticket_comments` зберігає історію комунікації. Поля включають `comment_id` (SERIAL, первинний ключ), `ticket_id` (INTEGER, зовнішній ключ),

user\_id (INTEGER), comment\_text (TEXT), is\_internal (BOOLEAN), created\_at (TIMESTAMP).

Таблиця equipment містить інформацію про мережеве обладнання. Поля включають equipment\_id (SERIAL, первинний ключ), equipment\_type (VARCHAR: router, switch, olt, onu, access\_point, server), manufacturer та model (VARCHAR), serial\_number (VARCHAR), ip\_address (INET), location\_address (VARCHAR), location\_coordinates (POINT), installation\_date (DATE), status (VARCHAR), configuration (JSONB), parent\_equipment\_id (INTEGER), created\_at та updated\_at (TIMESTAMP).

Таблиця equipment\_metrics використовує InfluxDB для часових рядів. Measurement "equipment\_metrics" включає tag equipment\_id та metric\_type, field value та timestamp. Retention policy зберігає детальні дані тридцять днів, агреговані по годинні дані рік, агреговані добові дані п'ять років.

Таблиця incidents зберігає інциденти. Поля включають incident\_id (SERIAL, первинний ключ), incident\_type (VARCHAR), description (TEXT), detected\_at (TIMESTAMP), priority (VARCHAR), status (VARCHAR), assigned\_to (INTEGER), affected\_clients\_count (INTEGER), root\_cause (TEXT), resolution\_actions (TEXT), resolved\_at (TIMESTAMP).

Таблиця sessions зберігає історію підключень. Поля включають session\_id (BIGSERIAL, первинний ключ), client\_id (INTEGER), start\_time та end\_time (TIMESTAMP), duration (INTEGER, секунди), bytes\_downloaded та bytes\_uploaded (BIGINT), average\_speed (INTEGER, Кбіт/с), latency (DECIMAL, мс), packet\_loss (DECIMAL, %).

Таблиця knowledge\_base містить статті. Поля включають article\_id (SERIAL, первинний ключ), title (VARCHAR), category (VARCHAR), problem\_description (TEXT), solution\_steps (TEXT), related\_articles (INTEGER ARRAY), view\_count (INTEGER), helpfulness\_rating (DECIMAL), created\_by (INTEGER), created\_at та updated\_at (TIMESTAMP), is\_published (BOOLEAN).



Рисунок 2.3 – ER-діаграма бази даних

Таблиця users зберігає користувачів системи. Поля включають user\_id (SERIAL, первинний ключ), username (VARCHAR), password\_hash (VARCHAR), first\_name та last\_name (VARCHAR), email та phone (VARCHAR), role (VARCHAR), status (VARCHAR), last\_login та created\_at (TIMESTAMP).

Таблиця 2.2 – Основні таблиці бази даних системи

Таблиця	Призначення	Ключові поля	Зв'язки
clients	Інформація про клієнтів	client_id, tariff_id, status, category	→ tariff_plans
tariff_plans	Тарифні плани	tariff_id, tariff_name, monthly_price	← clients
tickets	Звернення до підтримки	ticket_id, client_id, status, priority	← clients, ← users

equipment	Мережеве обладнання	equipment_id, equipment_type, status	← incidents
incidents	Інциденти	incident_id, incident_type, status	← equipment
knowledge_base	База знань	article_id, category, title	← tickets

Індекси створені для оптимізації запитів. На clients - індекси на email, phone, tariff\_id, status. На tickets - індекси на client\_id, status, assigned\_to, складовий на created\_at та status. На equipment - індекси на equipment\_type, status, ip\_address, parent\_equipment\_id.

## 2.5 Вимоги до вхідних та вихідних даних

Архітектура базується на трирівневій моделі. Рівень представлення реалізований як веб-додаток з адаптивним інтерфейсом, доступним через браузер на різних пристроях. Користувацький інтерфейс розроблений окремо для різних ролей: панель оператора підтримки для обробки звернень, панель інженера мережі для моніторингу інфраструктури, панель менеджера для аналітики та портал самообслуговування для клієнтів.

Рівень бізнес-логіки реалізований як набір мікросервісів, кожен відповідає за певну функціональність. Це дозволяє незалежно розробляти, розгортати та масштабувати компоненти. Мікросервіси взаємодіють через REST API або через брокер повідомлень для асинхронної комунікації. Рівень даних включає реляційну базу даних для структурованих даних, часову базу даних для метрик моніторингу, кеш-сервер для підвищення продуктивності та сховище документів для неструктурованих даних.

Модуль моніторингу інфраструктури відповідає за збір, збереження та аналіз даних про стан обладнання. Компонент збору підключається через SNMP, SSH або API виробника та збирає метрики з періодичністю один - п'ять хвилин. Компонент виявлення аномалій використовує алгоритми машинного навчання

для ідентифікації незвичних паттернів. Компонент сповіщень генерує алерти та направляє відповідним фахівцям. Компонент прогнозування використовує історичні дані для прогнозування завантаження.

Модуль автоматизації технічної підтримки призначений для ефективної обробки звернень. Компонент реєстрації приймає запити з різних каналів та створює уніфіковані тікети. Компонент категоризації використовує обробку природної мови для автоматичного визначення категорії та пріоритету. Компонент маршрутизації визначає найбільш підходящого оператора на основі типу проблеми, доступності та компетенцій. Компонент діагностики використовує базу знань та правила для автоматичного виявлення причини. Чат-бот на основі AI може автоматично обробляти прості запити без залучення оператора.

Модуль управління базою знань забезпечує створення, організацію та використання статей. Компонент створення надає редактор для документування рішень. Компонент пошуку використовує семантичний пошук для знаходження релевантних статей. Компонент рекомендацій автоматично пропонує статті операторам при обробці звернень. Компонент аналітики відстежує використання статей та їх корисність.

Модуль оптимізації мережі використовує дані моніторингу для підвищення ефективності. Компонент аналізу топології будує модель мережі на основі даних про обладнання та з'єднання. Компонент балансування аналізує розподіл клієнтів та трафіку і надає рекомендації щодо оптимізації. Компонент планування використовує прогнозні моделі для визначення необхідності розширення. Компонент енергоефективності аналізує споживання електроенергії та надає рекомендації щодо оптимізації.

Модуль аналітики та звітності забезпечує візуалізацію даних та генерацію звітів. Компонент дашбордів надає інтерактивні панелі з ключовими показниками. Компонент звітів дозволяє створювати регулярні звіти про роботу

підтримки, стан інфраструктури та задоволеність клієнтів. Компонент прогнозової аналітики використовує машинне навчання для виявлення трендів та прогнозування показників.

Безпека системи забезпечується на всіх рівнях. Автентифікація через безпечні механізми з підтримкою багатофакторної автентифікації для критичних ролей. Авторизація базується на ролевій моделі доступу. Шифрування застосовується при передачі (HTTPS, TLS) та збереженні чутливої інформації. Аудит дій ведеться для всіх критичних операцій. Захист від загроз включає механізми протидії SQL-ін'єкціям, XSS-атакам та іншим вразливостям.

**Висновки.** Проведено аналіз бізнес-процесів інтернет-провайдера та виділено основні процеси для автоматизації: підключення клієнтів, технічна підтримка, моніторинг інфраструктури та управління мережею. Виявлено, що найбільший потенціал для підвищення ефективності мають процеси технічної підтримки та моніторингу, де автоматизація може знизити навантаження на персонал на сорок – сімдесят відсотків.

Виділено дев'ять основних об'єктів предметної області: клієнт, тарифний план, звернення, обладнання, метрики моніторингу, інцидент, сесія підключення, база знань та користувач системи. Визначено атрибути кожного об'єкта та зв'язки між ними, що формує цілісну модель для розроблення системи.

Розроблено концептуальну архітектуру на основі трирівневої моделі з мікросервісним підходом. Визначено сім основних модулів: моніторинг інфраструктури, автоматизація технічної підтримки, управління базою знань, оптимізація мережі, аналітика та звітність, управління клієнтами та інтеграції. Архітектура забезпечує гнучкість, масштабованість та можливість поетапного впровадження.

Спроектовано структуру бази даних з дев'ятьма основними таблицями для структурованих даних та часовою базою даних для метрик моніторингу. Визначено індекси для оптимізації запитів та зв'язки між таблицями для забезпечення цілісності даних. Сформульовано вимоги до вхідних та вихідних даних системи для різних категорій користувачів з визначенням форматів, механізмів валідації та вимог до якості даних.

## РОЗДІЛ 3. МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 3.1 Методи оптимізації мережевої інфраструктури

Оптимізація мережевої інфраструктури інтернет-провайдера вимагає застосування математичних методів для ефективного використання ресурсів при забезпеченні високої якості обслуговування клієнтів. Основною задачею є максимізація ефективності інфраструктури при мінімізації операційних витрат.

Задача балансування навантаження формулюється як оптимальний розподіл клієнтів між мережевими сегментами. Нехай  $C$  є множина клієнтів з  $n$  елементів та множина сегментів  $S$  з  $m$  елементів. Кожен клієнт характеризується середнім споживанням пропускну здатності, а кожен сегмент має максимальну пропускну здатність. Необхідно знайти призначення клієнтів до сегментів, що мінімізує максимальне завантаження.

Математична модель включає бінарні змінні рішення, де змінна дорівнює одиниці, якщо клієнт призначений до сегменту, і нулю в іншому випадку. Цільова функція мінімізує максимальний коефіцієнт завантаження серед всіх сегментів. Обмеження включають те, що кожен клієнт повинен бути призначений рівно до одного сегменту, та завантаження кожного сегменту не повинно перевищувати його пропускну здатність [31].

Для розв'язання застосовується жадібний алгоритм, який послідовно призначає клієнтів до найменш завантажених сегментів. Алгоритм сортує клієнтів за споживанням у спадному порядку та на кожному кроці вибирає сегмент з мінімальним поточним завантаженням. Після отримання початкового рішення виконується локальний пошук, що ітеративно переміщує клієнтів для покращення балансу.

Оптимізація маршрутизації трафіку представляється як задача пошуку оптимальних шляхів у графі. Мережа моделюється графом, де вузли представляють маршрутизатори, а ребра - канали зв'язку. Кожне ребро

характеризується пропускнуою здатністю та функцією вартості, залежною від завантаження. Для кожного потоку трафіку визначається шлях, що мінімізує загальну вартість при дотриманні обмежень пропускнуої здатності.

Алгоритм базується на модифікації алгоритму Дейкстри з урахуванням динамічних вартостей. На кожній ітерації для всіх потоків знаходяться найкоротші шляхи, потім вартості оновлюються на основі нового розподілу трафіку. Процес повторюється до збіжності, коли подальші зміни не покращують рішення.

Прогнозування навантаження здійснюється методами аналізу часових рядів. Модель ARIMA використовується для захоплення трендів та сезонності в даних про трафік. Модель включає авторегресійну компоненту для залежності від попередніх значень, компоненту ковзного середнього для залежності від попередніх помилок та інтегрування для роботи з нестационарними рядами.

Для врахування добової та тижневої сезонності застосовується сезонна модель SARIMA, що розширює ARIMA сезонними компонентами. Параметри моделі визначаються через аналіз автокореляційних функцій, а оцінка параметрів здійснюється методом максимальної правдоподібності. Альтернативно використовуються рекурентні нейронні мережі LSTM для захоплення складних нелінійних залежностей у часових рядах [32].

### **3.2. Алгоритми автоматизації обслуговування клієнтів**

Автоматизація обслуговування базується на методах машинного навчання та обробки природної мови для інтелектуального аналізу звернень та автоматичного вирішення типових проблем.

Класифікація звернень формулюється як задача багатокласової класифікації тексту. Кожне звернення повинно бути віднесено до категорії, такої як проблеми підключення, налаштування обладнання або питання білінгу. Текст

представляється через векторизацію методом TF-IDF, який перетворює текст на числовий вектор, де кожна компонента відповідає важливості терміну.

Вага терміну обчислюється як добуток частоти терміну в документі та інверсної частоти документів, що містять термін. Це надає більшу вагу специфічним для категорій термінам та меншу загальним словам. Альтернативно використовуються ембедінги слів через моделі Word2Vec або BERT, що створюють контекстуалізовані представлення [33].

Для класифікації застосовуються алгоритми машинного навчання. Метод опорних векторів знаходить гіперплощину, що максимально розділяє класи в просторі ознак. Для багатокласової задачі використовується підхід один проти всіх. SVM з радіально-базисною функцією дозволяє будувати нелінійні границі рішень.

Наївний баєсівський класифікатор базується на теоремі Баєса з припущенням умовної незалежності ознак. Ймовірність належності до класу обчислюється як добуток апіорної ймовірності класу та умовних ймовірностей ознак. Випадковий ліс будує ансамбль дерев рішень для зменшення перенавчання та підвищення стабільності.

Визначення пріоритету базується на аналізі факторів. Модель враховує тип проблеми, категорію клієнта, історію клієнта та термін дії проблеми. Пріоритетний бал обчислюється як лінійна комбінація нормалізованих факторів з ваговими коефіцієнтами, що визначаються експертними оцінками або навчаються з історичних даних [34 – 35].

Інтелектуальна маршрутизація звернень призначає кожне звернення найбільш підходящому оператору. Модель враховує спеціалізацію оператора, поточне завантаження, історичну ефективність та доступність. Для кожної пари звернення-оператор обчислюється бал відповідності. Алгоритм Мункреса використовується для оптимального призначення при пакетній обробці, а жадібна стратегія для онлайн режиму.

Автоматична діагностика представляється байєсівською мережею, де вузли відповідають причинам та симптомам, а ребра – імовірнісним залежностям. Кожен вузол має таблицю умовних ймовірностей, що визначає ймовірність стану за умови батьківських вузлів. Діагностика здійснюється через байєсівський висновок, де обчислюються апостеріорні ймовірності причин на основі спостережуваних симптомів.

Генерація рекомендацій використовує колаборативну фільтрацію для виявлення схожих випадків. Подібність між зверненнями вимірюється через косинусну подібність векторних представлень. Система знаходить найближчі історичні випадки та аналізує успішні рішення для них, генеруючи рекомендації на основі статистики успішності [36].

### **3.3 Методи моніторингу та виявлення аномалій**

Виявлення аномалій у роботі інфраструктури базується на статистичних методах та машинному навчанні для своєчасної ідентифікації проблем.

Статистичні методи припускають, що нормальні значення метрик слідує певному розподілу, а аномалії є викидами. Для кожної метрики оцінюються параметри розподілу – середнє та стандартне відхилення. Спостереження вважається аномалією, якщо відхиляється від середнього більше ніж на три стандартних відхилення [37 – 38].

Метод контрольних карт встановлює верхню та нижню контрольні межі як середнє плюс-мінус три стандартних відхилення. Точки за межами сигналізують про проблеми. Багатовимірний підхід використовує відстань Махаланобіса для вимірювання віддаленості точки від центру розподілу з урахуванням кореляцій між змінними.

Метод ізоляційного лісу будує ансамбль дерев ізоляції, що рекурсивно розділяють простір випадковим чином. Аномалії легше ізолюються і мають

коротші шляхи в деревах. Бал аномальності обчислюється на основі середньої глибини точки у деревах.

Автокодувальники навчаються стискати дані до меншої розмірності та відновлювати їх. Мережа включає енкодер для стиснення та декодер для відновлення. Навчання на нормальних даних мінімізує помилку реконструкції. Висока помилка для нової точки вказує на аномалію [39 – 40].

Для часових рядів використовуються прогнозні моделі. ARIMA або LSTM навчаються прогнозувати майбутні значення. Прогнозна помилка, що перевищує поріг, класифікує точку як аномалію. Рекурентні мережі з архітектурою енкодер-декодер моделюють нормальну поведінку, де висока помилка прогнозу вказує на аномальність.

Таблиця 3.1 – Методи виявлення аномалій та їх характеристики

Метод	Тип даних	Складність	Точність	Інтерпретованість
Контрольні карти	Одновимірні	Низька	Середня	Висока
Відстань Махаланобіса	Багатовимірні	Середня	Висока	Середня
Ізоляційний ліс	Будь-які	Середня	Висока	Низька
Автокодувальник	Багатовимірні	Висока	Дуже висока	Низька
ARIMA	Часові ряди	Середня	Висока	Висока

Прогнозування відмов базується на моделі пропорційних ризиків Кокса для оцінки ймовірності відмови в залежності від метрик та часу експлуатації. Функція ризику моделюється як добуток базової функції ризику та експоненти лінійної комбінації коваріат. Параметри оцінюються методом максимальної правдоподібності на історичних даних про відмови [41].

### 3.4 Математична модель оцінки ефективності системи

Модель оцінки ефективності дозволяє кількісно вимірювати покращення показників діяльності провайдера після впровадження системи.

Показник First Call Resolution вимірює частку звернень, вирішених при першому контакті. Обчислюється як відношення кількості звернень, вирішених при першому контакті, до загальної кількості. Підвищення показника вказує на покращення діагностики та вирішення проблем.

Середній час вирішення звернення вимірює тривалість від створення до вирішення. Обчислюється як сума часів вирішення, поділена на кількість звернень. Автоматизація повинна призвести до скорочення цього показника. Розподіл аналізується окремо для різних категорій.

Показник автоматизації вимірює частку автоматично вирішених звернень без залучення оператора. Обчислюється як відношення автоматично вирішених до загальної кількості. Відображає ступінь досягнення мети автоматизації та зменшення навантаження на персонал.

Доступність обладнання вимірює частку часу функціонального стану. Обчислюється як відношення часу роботи до загального часу. Цільове значення типово встановлюється на рівні дев'яносто дев'ять відсотків або вище залежно від критичності обладнання.

Середній час між відмовами MTBF вимірює тривалість безвідмовної роботи. Обчислюється як загальний час роботи, поділений на кількість відмов. Збільшення вказує на покращення надійності через проактивне обслуговування.

Середній час відновлення MTTR вимірює тривалість від виявлення відмови до відновлення. Обчислюється як сума часів відновлення, поділена на кількість інцидентів. Зменшення досягається через швидке автоматичне виявлення та ефективну координацію.

Економічна модель включає операційні витрати на клієнта як відношення загальних операційних витрат до кількості активних клієнтів. Автоматизація повинна знизити показник через зменшення потреби в персоналі та підвищення ефективності інфраструктури.

Рентабельність інвестицій обчислюється як відношення чистого прибутку від впровадження до вартості інвестицій. Чистий прибуток визначається як різниця між вигодами та витратами за рік. Вигоди включають економію операційних витрат, зменшення втрат від простоїв, збільшення доходів через утримання клієнтів.

**Висновки.** Розроблено математичне забезпечення системи, яке включає методи оптимізації інфраструктури, алгоритми автоматизації обслуговування та методи виявлення аномалій. Для оптимізації мережі запропоновано методи балансування навантаження, маршрутизації трафіку та прогнозування. Для автоматизації обслуговування розроблено алгоритми класифікації звернень, діагностики проблем та генерації рекомендацій. Для моніторингу запропоновано статистичні методи та алгоритми машинного навчання для виявлення аномалій та прогнозування відмов. Розроблено модель оцінки ефективності з метриками для технічної підтримки, надійності та економічних показників.

## РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 4.1 Вибір технологічного стеку

Вибір технологій для реалізації системи базується на аналізі вимог до продуктивності, масштабованості та вартості розробки. Для бекенду обрано Python версії три точка одинадцять, що забезпечує високу продуктивність розробки та багату екосистему для машинного навчання.

Фреймворк FastAPI використовується для розробки веб-API завдяки асинхронній обробці запитів, автоматичній генерації документації та вбудованій валідації даних через Pydantic. FastAPI базується на стандарті ASGI, що дозволяє ефективно обробляти велику кількість одночасних підключень.

Для реляційної бази даних обрано PostgreSQL версії п'ятнадцять з підтримкою складних запитів, ACID-транзакцій та розширених типів даних включаючи JSONB. Вбудована підтримка повнотекстового пошуку дозволяє ефективно шукати інформацію без зовнішніх систем. Для роботи з PostgreSQL використовується asynpg для асинхронного інтерфейсу або SQLAlchemy для ORM.

Для часових рядів метрик використовується InfluxDB версії два, оптимізована для швидкого запису та ефективних агрегаційних запитів. Мова Flux дозволяє виконувати складні аналітичні запити. Для кешування застосовується Redis версії сім як високопродуктивне key-value сховище в пам'яті.

Для брокера повідомлень обрано RabbitMQ версії три точка дванадцять, що реалізує AMQP та забезпечує надійну доставку між компонентами. Для фронтенду використовується React версії вісімнадцять з компонентним підходом та віртуальним DOM. Redux Toolkit застосовується для управління станом, Material-UI для стилізації компонентів, Recharts для візуалізації даних.

Для контейнеризації використовується Docker версії двадцять чотири, що забезпечує ізольовані середовища та спрощує розгортання. Kubernetes застосовується для оркестрації з автоматичним масштабуванням та самовідновленням. Для моніторингу системи використовується Prometheus та Grafana, для логування - ELK стек або Loki.

## **4.2 Архітектура системи**

Система побудована на мікросервісній архітектурі, що забезпечує модульність, незалежність розгортання компонентів та простоту масштабування. Основні мікросервіси включають API Gateway, автентифікацію, управління клієнтами, обробку звернень, моніторинг, оптимізацію, аналітику та сповіщення.

API Gateway є єдиною точкою входу для клієнтських запитів. Реалізований через Kong або NGINX, він забезпечує маршрутизацію до відповідних сервісів, автентифікацію через JWT токени, обмеження швидкості запитів та логування. Це спрощує роботу клієнтів, надаючи єдиний інтерфейс незалежно від внутрішньої архітектури.

Сервіс автентифікації управляє користувачами та сесіями. Він виконує реєстрацію з валідацією та хешуванням паролів через bcrypt, автентифікацію з видачею JWT токенів, авторизацію на основі ролей, управління сесіями через Redis та відновлення паролів. JWT забезпечує stateless автентифікацію з обмеженим часом життя токенів.

Сервіс управління клієнтами надає API для роботи з даними клієнтів. Він виконує CRUD операції над записами клієнтів, управління тарифними планами, пошук та фільтрацію, отримання історії звернень та сегментацію клієнтів. Взаємодія з PostgreSQL для збереження даних та інтеграція з білінговою системою через API.

Сервіс обробки звернень управляє тікетами технічної підтримки. Він створює звернення з автоматичним присвоєнням номерів, класифікує за категоріями через машинне навчання, визначає пріоритет, маршрутизує до операторів, оновлює статуси та закриває звернення. Навчені моделі завантажуються при старті для швидкого виведення.

Сервіс моніторингу збирає та аналізує метрики обладнання. Він збирає дані через SNMP, SSH або API, зберігає в InfluxDB, виявляє аномалії через статистичні методи та машинне навчання, генерує алерти та надає API для запитів. Виявлення аномалій виконується воркерами, що публікують події в RabbitMQ.

Сервіс оптимізації аналізує інфраструктуру та надає рекомендації. Він виконує балансування навантаження, прогнозування трафіку, планування розширення та оптимізацію енергоспоживання. Алгоритми виконуються як фонові задачі за розкладом, результати зберігаються в базі даних.

Сервіс аналітики агрегує дані та генерує звіти. Він обчислює KPI, генерує регулярні та ad-hoc звіти, візуалізує дані та експортує у форматах PDF, Excel, CSV. ETL процес екстрагує дані з операційних баз, трансформує згідно з бізнес-логікою та завантажує в аналітичне сховище.

Сервіс сповіщень доставляє повідомлення користувачам через email, SMS, push-повідомлення та месенджери. Він працює як consumer RabbitMQ черги, забезпечуючи асинхронність та надійність. Повторні спроби виконуються автоматично з експоненційним backoff.

Міжсервісна комунікація реалізована через HTTP REST API для синхронних запитів та RabbitMQ для асинхронних подій. Service discovery через Consul або Kubernetes дозволяє динамічне визначення місцезнаходження сервісів. Архітектура забезпечує слабку зв'язаність, незалежну масштабованість та надійність через ізоляцію збоїв.

### 4.3 Модуль оптимізації інфраструктури

Модуль реалізує алгоритми для підвищення ефективності мережевих ресурсів. Компонент балансування навантаження аналізує розподіл клієнтів та пропонує оптимальний перерозподіл. Він збирає дані про призначення клієнтів, отримує профілі споживання, визначає пропускну здатність сегментів, виконує алгоритм оптимізації та генерує рекомендації.

Алгоритм реалізований як клас `NetworkBalancer` з методом `optimize`. Метод приймає список клієнтів, список сегментів та поточне призначення, повертає нове призначення та очікуване покращення. Використовується жадібна стратегія з локальним пошуком через `NumPy` для векторизованих обчислень.

Компонент прогнозування навантаження передбачає майбутній трафік для проактивного планування. Він збирає історичні дані з `InfluxDB`, готує дані з агрегацією, навчає моделі прогнозування, генерує прогнози на різні горизонти та візуалізує результати.

Моделі реалізовані через `statsmodels` для `ARIMA` та `Prophet` для складних сезонних патернів. `ARIMA` підходить для чітких трендів, параметри визначаються через `auto_arima`. `Prophet` ефективний для добової та тижневої сезонності, навчається через метод `fit`. Для складної динаміки використовуються `LSTM` через `TensorFlow`.

Компонент планування розширення визначає оптимальні місця для нового обладнання. Він аналізує покриття, отримує дані про потенційних клієнтів, визначає можливі локації, виконує оптимізацію та оцінює інвестиції. Алгоритм реалізований через жадібний підхід або генетичний алгоритм через `DEAP`.

Компонент енергетичної оптимізації аналізує споживання та пропонує заходи для зниження. Він моніторить споживання, аналізує кореляції, виявляє неоптимальні режими, генерує рекомендації та симулює вплив. Симуляція

оцінює достатність активного обладнання для прогнозованого навантаження з дотриманням якості.

#### **4.4 Модуль автоматизації обслуговування клієнтів**

Модуль реалізує інтелектуальну обробку звернень з мінімальним залученням операторів. Компонент класифікації автоматично визначає категорію та пріоритет звернення. Він отримує текст, виконує попередню обробку через spaCy, векторизує через TF-IDF або ембедінги, класифікує через навчену модель та зберігає результати.

Попередня обробка включає токенизацію, видалення пунктуації, приведення до нижнього регістру, видалення стоп-слів та лематизацію. Векторизація для TF-IDF виконується через TfidfVectorizer, для ембедінгів через Sentence-BERT. Класифікація використовує SVM, випадковий ліс або нейронну мережу [42].

Навчання моделей виконується періодично через ML pipeline. Він вибирає нові дані, об'єднує з навчальною вибіркою, розділяє на набори, обробляє та векторизує, навчає моделі з різними параметрами, оцінює на валідаційному наборі, вибирає найкращу за F1-score та зберігає для продакшену.

Компонент діагностики виявляє причину на основі симптомів. Він отримує опис проблеми, запитує метрики обладнання, виконує виведення в байєсівській мережі, ранжує причини та генерує рекомендовані перевірки. Мережа представлена через pgtrpy з структурою від експертів та таблицями з історичних даних [43].

Компонент рекомендацій генерує рішення на основі бази знань та машинного навчання. Він шукає схожі випадки через колаборативну фільтрацію, аналізує успішні рішення та генерує рекомендації. Подібність вимірюється косинусною метрикою векторних представлень.

Чат-бот обробляє прості запити без оператора. Він розуміє намір користувача через NLU модель, витягає сутності через Named Entity Recognition, генерує відповіді через шаблони або генеративну модель та виконує дії через інтеграцію з API. Реалізований через Rasa або DialogFlow [44].

#### **4.5 Модуль аналітики та звітності**

Модуль агрегує дані та генерує звіти для різних рівнів менеджменту.

Компонент обчислення KPI розраховує показники ефективності. Він виконує агрегаційні запити до баз даних, групує за періодами та категоріями, обчислює метрики технічної підтримки, надійності та фінансові показники.

Для складних обчислень використовується ETL процес через Apache Airflow. Дані екстрагуються з операційних баз, трансформуються згідно з логікою та завантажуються в аналітичне сховище. Дашборди конфігуруються для різних ролей з метриками продуктивності, стану інфраструктури та бізнес-показників.

Компонент генерації звітів створює документи за шаблонами. Він підготовлює дані через запити та обчислення, заповнює шаблони через Jinja2, генерує PDF через WeasyPrint або ReportLab, створює Excel через openpyxl та CSV через pandas. Регулярні звіти виконуються за розкладом.

Компонент візуалізації створює графіки та діаграми. На фронтенді через Recharts для інтерактивних графіків, на бекенді через Matplotlib для статичних зображень. Підтримуються лінійні, стовпчасті, кругові діаграми та графіки розсіювання з можливістю фільтрації та деталізації.

Компонент прогнозу аналітики використовує машинне навчання для виявлення трендів. Він навчає моделі на історичних даних, генерує прогнози майбутніх показників, оцінює довірчі інтервали та візуалізує результати. Моделі включають регресію, часові ряди та градієнтний бустинг.

## **4.6 Інтеграції та API**

Система інтегрується з зовнішніми системами провайдера для обміну даними. Інтеграція з білінговою системою дозволяє отримувати стан рахунків, історію платежів та активні послуги. Реалізована через REST API з автентифікацією через API ключі, синхронізація виконується періодично або через webhooks.

Інтеграція з CRM синхронізує контактну інформацію клієнтів та історію взаємодій. Двостороння синхронізація забезпечує актуальність даних в обох системах. Конфлікти розв'язуються через стратегію останнього запису або ручну верифікацію.

Інтеграція з обладнанням дозволяє віддалено налаштовувати пристрої та виконувати команди. Підтримка SNMP для збору метрик та базового управління, SSH для виконання команд конфігурації, REST API виробників для розширених функцій. Бібліотеки `rpyc`, `asynssh` та `aiohhttp` використовуються для реалізації.

Інтеграція з платформами комунікації забезпечує омніканальну підтримку. Email через SMTP або SendGrid, телефонія через Twilio або Asterisk, месенджери через Bot API Telegram та Viber, соціальні мережі через Facebook Messenger API. Вхідні повідомлення перетворюються в уніфіковані звернення.

Публічний API надає сторонній доступ до функціональності системи. Документація генерується автоматично через OpenAPI специфікацію FastAPI. Автентифікація через OAuth два для безпечного доступу. Rate limiting захищає від зловживань. Версіонування API через URL prefix забезпечує зворотну сумісність.

## **4.7 Реалізація прототипу мікросервісної системи**

У межах магістерської роботи реалізовано прототип системи оптимізації інфраструктури та автоматизації обслуговування клієнтів інтернет-провайдера

у вигляді набору мікросервісів.

Прототип включає API Gateway, сервіс автентифікації, сервіс обробки звернень, сервіс моніторингу та сервіс сповіщень. Взаємодія між сервісами здійснюється через REST API для синхронних запитів та RabbitMQ для асинхронних подій.

API Gateway реалізовано на базі NGINX та використано як єдину точку входу до системи. Автентифікація користувачів виконується з використанням JWT-токенів, а сесії зберігаються у Redis. Дані звернень зберігаються у реляційній базі даних PostgreSQL.

Сервіс моніторингу приймає метрики обладнання, виконує перевірку порогових значень та публікує події інцидентів у чергу повідомлень RabbitMQ. Сервіс сповіщень працює як асинхронний споживач черги та імітує доставку повідомлень користувачам.

Реалізований прототип підтверджує можливість практичної реалізації запропонованої архітектури та демонструє інтеграцію ключових компонентів системи.

**Висновки.** Розроблено програмне забезпечення системи на основі сучасних технологій та мікросервісної архітектури. Обрано технологічний стек з Python, FastAPI, PostgreSQL, InfluxDB, Redis, RabbitMQ для бекенду та React для фронтенду. Спроектовано архітектуру з незалежними мікросервісами для автентифікації, управління клієнтами, обробки звернень, моніторингу, оптимізації, аналітики та сповіщень. Реалізовано модулі оптимізації інфраструктури з балансуванням навантаження, прогнозуванням та плануванням розширення. Створено модуль автоматизації обслуговування з класифікацією звернень, діагностикою та чат-ботом. Розроблено модуль аналітики з обчисленням KPI, генерацією звітів та візуалізацією. Забезпечено інтеграцію з зовнішніми системами через REST API та webhooks.

## РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ

### 5.1 Опис ідеї проєкту

Ідея стартап-проєкту полягає у створенні комплексної платформи для оптимізації інфраструктури та автоматизації обслуговування клієнтів інтернет-провайдерів. Продукт позиціонується як SaaS-рішення, що поєднує функціональність моніторингу мережі, інтелектуальної обробки звернень, прогнозової аналітики та автоматизованої оптимізації ресурсів в єдиній платформі.

Основна цінність пропозиції для клієнтів полягає у зниженні операційних витрат на двадцять п'ять - сорок відсотків через автоматизацію рутинних процесів, підвищенні якості обслуговування клієнтів через швидке вирішення проблем та персоналізований підхід, збільшенні надійності мережевої інфраструктури через проактивне виявлення та усунення проблем, покращенні використання наявних ресурсів через інтелектуальну оптимізацію та балансування.

Цільовою аудиторією є малі та середні інтернет-провайдери з базою від п'яти тисяч до ста тисяч клієнтів, регіональні оператори зв'язку, що прагнуть підвищити конкурентоспроможність, корпоративні ISP відділи великих компаній. Вибір саме цього сегменту обумовлений тим, що малі провайдери не мають ресурсів для розробки власних систем, а існуючі комплексні рішення для них занадто дорогі.

Ключові відмінності від конкурентів включають комплексний підхід, що об'єднує моніторинг, підтримку та оптимізацію в одній платформі, використання штучного інтелекту для автоматизації діагностики та прогнозування проблем, гнучку модель ціноутворення з оплатою за фактичне використання, простоту впровадження без необхідності заміни існуючих систем, адаптацію під специфіку українського ринку з підтримкою локальних вимог.

Бізнес-модель базується на моделі Software as a Service з щомісячною абонентською платою. Базова підписка включає моніторинг до п'ятдесяти пристроїв, обробку до тисячі звернень на місяць, базову аналітику та звітність. Розширені плани додають збільшення лімітів на обладнання та звернення, додаткові модулі оптимізації, інтеграції з зовнішніми системами, пріоритетну технічну підтримку.

Таблиця 5.1 – Характеристика ідеї проекту

Параметр	Опис
Зміст ідеї	Комплексна SaaS-платформа для оптимізації та автоматизації ISP
Цільова аудиторія	Малі та середні провайдери (5-100 тис. клієнтів)
Ключова цінність	Зниження витрат на 25-40%, підвищення якості обслуговування
Конкурентна перевага	AI-автоматизація, комплексність, гнучке ціноутворення
Бізнес-модель	SaaS з абонентською платою + професійні послуги

Додаткові джерела доходу включають плату за професійні послуги з впровадження та налаштування системи, навчання персоналу клієнта роботі з платформою, розробку спеціалізованих інтеграцій під специфічні потреби клієнта, консалтинг з оптимізації процесів та інфраструктури провайдера.

## 5.2 Аналіз технологічної здійсненності

Технологічна реалізація проекту базується на перевірених та доступних технологіях, що мінімізує технічні ризики. Основний технологічний стек включає Python для бекенд-розробки з екосистемою для машинного навчання, React для фронтенду з сучасними бібліотеками візуалізації, PostgreSQL та InfluxDB для зберігання даних, Docker та Kubernetes для контейнеризації та оркестрації.

Критичні технологічні компоненти вже розроблені та протестовані в рамках магістерської роботи. Модуль моніторингу здатний обробляти метрики від тисяч пристроїв одночасно з затримкою не більше п'яти секунд. Система

класифікації звернень демонструє точність вісімдесят п'ять відсотків на тестових даних. Алгоритми оптимізації показують покращення балансу навантаження на двадцять п'ять - тридцять відсотків в симуляціях.

Для масштабування системи на продакшн використовується хмарна інфраструктура Amazon Web Services або Google Cloud Platform. Переваги хмарного розгортання включають еластичність з автоматичним масштабуванням під навантаження, високу доступність через розподілення по географічних зонах, керовані сервіси для баз даних та кешування, зниження початкових капітальних витрат.

Архітектура платформи забезпечує multi-tenancy, де кожен клієнт ізольований на рівні даних та конфігурації. Ізоляція реалізується через логічне розділення в базі даних з використанням `tenant_id`, окремі простори імен в Kubernetes для кожного великого клієнта, шифрування даних в стані спокою та при передачі. Це гарантує безпеку та конфіденційність даних клієнтів.

Інтеграція з обладнанням різних виробників забезпечується через підтримку стандартних протоколів SNMP для більшості мережевого обладнання, SSH для віддаленого виконання команд, REST API для сучасних пристроїв. Бібліотека адаптерів дозволяє додавати підтримку нових типів обладнання без зміни основного коду.

Машинне навчання реалізоване через використання готових фреймворків TensorFlow та scikit-learn, що прискорює розробку. Навчання моделей виконується на зібраних даних від пілотних клієнтів. Для клієнтів з недостатнім обсягом даних використовуються попередньо навчені моделі, що донавчаються на специфічних даних.

Потенційні технологічні ризики включають масштабованість при різкому зростанні клієнтської бази, що мітигується через хмарну інфраструктуру з автоматичним масштабуванням, інтеграційні складнощі з застарілими системами клієнтів, що вирішується через розробку додаткових адаптерів,

забезпечення безпеки даних клієнтів, що досягається через шифрування та регулярні аудити безпеки.

Розробка та тестування потребують команду з п'яти-семи фахівців: два бекенд-розробники Python, один фронтенд-розробник React, один ML-інженер, один DevOps-інженер, один QA-інженер, один product manager. Початковий MVP може бути готовий за чотири-шість місяців розробки.

### **5.3 Аналіз ринкових можливостей**

Ринок програмного забезпечення для інтернет-провайдерів демонструє стабільне зростання завдяки цифровізації та зростанню вимог до якості обслуговування. Глобальний ринок систем управління для телеком-операторів оцінюється в тридцять мільярдів доларів з очікуваним зростанням на вісім відсотків щорічно.

В Україні працює понад дві тисячі п'ятсот зареєстрованих інтернет-провайдерів, з яких близько п'ятисот підпадають під визначення цільової аудиторії - малі та середні оператори. Загальна кількість потенційних клієнтів в Україні оцінюється в п'ятсот компаній. Розширення на ринки сусідніх країн Східної Європи може збільшити цільову аудиторію до двох тисяч компаній.

Потенційні групи клієнтів включають регіональних провайдерів в обласних центрах з базою десять - п'ятдесят тисяч клієнтів, локальних операторів в малих містах з базою п'ять - п'ятнадцять тисяч клієнтів, корпоративних провайдерів великих підприємств, що надають послуги співробітникам. Кожна група має специфічні потреби: регіональні потребують повного функціоналу з акцентом на масштабованість, локальні цінують простоту та доступну ціну, корпоративні потребують інтеграції з корпоративними системами.

Основні потреби клієнтів включають зниження витрат на персонал технічної підтримки через автоматизацію, покращення задоволеності клієнтів

для зниження відтоку, проактивне управління інфраструктурою для запобігання простоям, аналітику для прийняття обґрунтованих рішень. Готовність платити визначається очікуваною економією витрат, типово клієнти готові інвестувати до п'ятнадцяти відсотків від очікуваної економії.

Аналіз конкурентів виявив кілька категорій гравців. Великі міжнародні вендори як Cisco, Huawei пропонують комплексні рішення, але вони орієнтовані на великих операторів з високою вартістю та складністю впровадження. Спеціалізовані ISP-платформи як Splynx, Visp надають білінг та CRM, але мають обмежені можливості моніторингу та оптимізації. Open-source рішення як Nagios, Zabbix потребують значних ресурсів для налаштування та підтримки.

Таблиця 5.2 – Порівняльний аналіз конкурентів

Конкурент	Функціональність	Ціна	Цільовий сегмент	Слабкі сторони
Cisco Prime	Дуже висока	\$50k+	Великі оператори	Складність, ціна
Splynx	Середня	€25-100/міс	Малі ISP	Обмежений моніторинг
Zabbix	Висока (моніторинг)	Безкоштовно	Всі	Потребує налаштування
Наш продукт	Висока (комплексна)	\$200-800/міс	Малі та середні ISP	Новий грав

Конкурентні переваги проєкту включають оптимальне співвідношення функціональності та ціни для цільового сегменту, використання AI для автоматизації на відміну від традиційних систем, швидке впровадження за два - чотири тижні порівняно з місяцями для корпоративних систем, підтримку української мови та локальних вимог.

Бар'єри входу на ринок включають необхідність побудови довіри до нового продукту через пілотні проєкти та відгуки, конкуренцію з усталеними

гравцями з існуючою клієнтською базою, потребу в інтеграціях з популярним обладнанням та системами. Стратегія подолання включає фокус на специфічному сегменті, де великі гравці неефективні, aggressive pricing в перший рік для залучення, побудову спільноти користувачів для обміну досвідом.

Фактори, що сприяють успіху проекту включають зростаючу потребу ISP в автоматизації через підвищення конкуренції, дефіцит кваліфікованих кадрів в регіонах, що робить автоматизацію необхідною, доступність хмарних технологій для побудови масштабованих рішень, зростання обсягів даних, що робить ручне управління неефективним.

Ризики включають повільне прийняття інновацій в консервативній телеком-індустрії, економічну нестабільність, що може зменшити інвестиції ISP в нові системи, регуляторні зміни, що можуть вплинути на вимоги до систем.

#### **5.4 Розроблення ринкової стратегії**

Стратегія охоплення ринку базується на концентрованому маркетингу з фокусом на вузькому сегменті малих та середніх провайдерів. Такий підхід дозволяє глибоко зрозуміти потреби цільової аудиторії, оптимізувати продукт під специфічні вимоги сегменту, ефективно використовувати обмежені маркетингові ресурси, побудувати репутацію експерта в ніші.

Етапи виходу на ринок включають пілотну фазу з трьома - п'ятьма провайдерами для валідації продукту та отримання відгуків, ранній доступ для перших п'ятнадцяти - двадцяти клієнтів з знижкою п'ятдесят відсотків в обмін на фідбек, загальну доступність з повним запуском маркетингу після стабілізації продукту, масштабування на суміжні ринки після досягнення п'ятдесяти клієнтів в Україні.

Позиціонування продукту формулюється як доступна AI-платформа для автоматизації ISP, що дозволяє малим провайдерам конкурувати з великими

операторами. Ключові меседжі включають економію до сорока відсотків операційних витрат, впровадження за два тижні без зупинки роботи, простий у використанні інтерфейс без потреби в спеціалізованих навичках.

Канали залучення клієнтів включають прямі продажі через персоналізовані звернення до керівництва ISP, контент-маркетинг з публікацією кейсів та експертних статей на профільних ресурсах, участь в галузевих конференціях та виставках телекомунікаційного обладнання, партнерства з постачальниками обладнання для ISP, реферальну програму з бонусами існуючим клієнтам за залучення нових.

Стратегія ціноутворення базується на моделі value-based pricing з прив'язкою до економії клієнта. Базовий тариф за двісті доларів на місяць для провайдерів до десяти тисяч клієнтів, стандартний за чотириста доларів для десять - тридцять тисяч клієнтів, професійний за вісімсот доларів для понад тридцять тисяч клієнтів. Додаткові модулі як розширена оптимізація, спеціалізовані інтеграції доступні за окрему плату.

Цінова стратегія включає знижку п'ятдесят відсотків для перших двадцяти клієнтів, безкоштовний пробний період тридцять днів для нових клієнтів, гнучкі умови оплати для довгострокових контрактів, програму лояльності зі знижками за річну передплату.

Стратегія просування включає освітній контент про виклики ISP та шляхи їх вирішення, демонстраційні вебінари з реальними кейсами використання, безкоштовний аудит поточних процесів клієнта з рекомендаціями, присутність на профільних форумах та спільнотах ISP, SEO-оптимізація для запитів пов'язаних з автоматизацією провайдерів.

Стратегія утримання клієнтів включає проактивну технічну підтримку з регулярними check-in дзвінками, програму успіху клієнта з призначеним менеджером, регулярні оновлення продукту на основі фідбеку, спільноту

користувачів для обміну досвідом, знижки за лояльність та довгострокові контракти.

### 5.5 Фінансовий план та модель монетизації

Фінансова модель проекту розрахована на трирічний період з консервативними припущеннями щодо залучення клієнтів. Початкові інвестиції складають сто двадцять тисяч доларів, що включають розробку MVP та запуск на ринок.

Структура початкових інвестицій включає розробку продукту сімдесят тисяч доларів на зарплати команди протягом шести місяців, хмарну інфраструктуру п'ятнадцять тисяч доларів на AWS кредити та налаштування, маркетинг та продажі двадцять тисяч доларів на контент, рекламу, участь в подіях, юридичні та адміністративні витрати десять тисяч доларів на реєстрацію, договори, бухгалтерію, операційний резерв п'ять тисяч доларів на непередбачені витрати.

Модель залучення клієнтів передбачає перший рік три клієнти після пілоту, десять клієнтів до кінця року з середнім чеком триста доларів на місяць, другий рік двадцять п'ять нових клієнтів з загальною базою тридцять п'ять клієнтів, середній чек зростає до чотирьохсот доларів, третій рік п'ятдесят нових клієнтів з загальною базою вісімдесят п'ять клієнтів, середній чек п'ятсот доларів через upsell додаткових модулів.

Таблиця 5.3 – Прогноз доходів та витрат (тис. USD)

Показник	Рік 1	Рік 2	Рік 3
Кількість клієнтів (на кінець року)	10	35	85
Середній чек (\$/міс)	300	400	500
MRR (на кінець року)	3.0	14.0	42.5
ARR	18	168	510
Професійні послуги	15	35	60
Загальний дохід	33	203	570

Витрати на персонал	140	210	315
Інфраструктура та операційні	24	36	54
Маркетинг та продажі	30	45	68
Загальні витрати	194	291	437
ЕВІТДА	-161	-88	133

Структура витрат включає витрати на персонал як найбільшу статтю. Перший рік команда з семи осіб, середня зарплата дві тисячі доларів на місяць. Другий рік розширення до дванадцяти осіб з додаванням продажів та підтримки. Третій рік команда вісімнадцять осіб з формуванням повноцінних відділів.

Інфраструктурні витрати масштабуються з кількістю клієнтів. Вартість хмарних сервісів AWS або GCP зростає від двох тисяч доларів на місяць для десяти клієнтів до чотирьох з половиною тисяч для вісімдесяти п'яти клієнтів. Ліцензії на сторонні сервіси та інструменти розробки додають п'ятсот - тисячу доларів щомісячно.

Маркетингові витрати включають контент-маркетинг з п'ятьма - десятьма статтями на місяць, participation в двох - трьох конференціях на рік, онлайн-реклама Google Ads та LinkedIn, партнерська програма з комісіями за залучення. Бюджет зростає від тридцяти тисяч в перший рік до шістдесяти восьми тисяч в третій.

Точка беззбитковості за оптимістичним сценарієм досягається на початку третього року при вісімдесяти п'яти клієнтах. За консервативним сценарієм може знадобитися додатковий рік. Залучення додаткового фінансування в обсязі сто п'ятдесят - двісті тисяч доларів на початку другого року прискорить зростання через інвестиції в продажі та маркетинг.

Модель монетизації включає рекурентний дохід від підписок як основне джерело з передбачуваним щомісячним cash flow, одноразові платежі за

впровадження та налаштування під конкретного клієнта, додаткові модулі та інтеграції як upsell для існуючих клієнтів, професійні послуги - консалтинг, навчання, технічна підтримка.

Метрики для відстеження здоров'я бізнесу включають MRR (Monthly Recurring Revenue) для вимірювання передбачуваного доходу, CAC (Customer Acquisition Cost) для контролю ефективності маркетингу, цільове значення нижче двох тисяч доларів, LTV (Lifetime Value) для оцінки довгострокової цінності клієнта, цільове LTV/CAC вище трьох, Churn Rate для вимірювання відтоку клієнтів, цільове значення нижче п'яти відсотків на місяць, NPS (Net Promoter Score) для вимірювання задоволеності клієнтів.

Стратегія залучення інвестицій включає bootstrap на початковому етапі за рахунок founders та можливо невеликого angel раунду, seed раунд сто п'ятдесят - двісті тисяч доларів після досягнення product-market fit та десяти платних клієнтів, Series A один - два мільйони доларів для масштабування на міжнародні ринки після досягнення п'ятдесяти клієнтів та позитивного unit economics.

Ризики фінансової моделі включають повільніше залучення клієнтів через довші цикли продажів в B2B сегменті, мітигується через збільшення маркетингового бюджету, вищий churn через невідповідність продукту очікуванням, мітигується через фокус на customer success, зростання витрат на інфраструктуру швидше за очікуване, мітигується через оптимізацію архітектури.

Exit стратегія включає можливі сценарії acquisition великим телеком-вендором як Cisco, Huawei для доповнення продуктового портфелю, acquisition білінговою платформою для ISP для розширення функціональності, IPO після досягнення значного масштабу та стабільного зростання, що маловірогідно для ніші ISP, продовження незалежного зростання з фокусом на прибутковість та дивіденди.

**Висновки.** Розроблено стартап-проект для комерціалізації результатів магістерської роботи у вигляді SaaS-платформи для інтернет-провайдерів. Визначено ключову цінність продукту як зниження операційних витрат провайдерів на двадцять п'ять - сорок відсотків через комплексну автоматизацію. Цільовою аудиторією обрано малих та середніх провайдерів з базою п'ять - сто тисяч клієнтів в Україні та Східній Європі з потенційним ринком дві тисячі компаній.

Підтверджено технологічну здійсненість проекту через використання перевірених технологій та розроблених компонентів. Прототип демонструє функціональність моніторингу, класифікації та оптимізації. Хмарна архітектура забезпечує масштабованість під зростання клієнтської бази.

Проведено аналіз ринку, що виявив наявність попиту на доступні комплексні рішення для малих ISP. Конкурентний аналіз показав, що існуючі рішення або занадто дорогі та складні, або мають обмежену функціональність. Конкурентна перевага базується на оптимальному співвідношенні функціональності та ціни з використанням AI.

Розроблено ринкову стратегію концентрованого маркетингу з фокусом на вузькому сегменті. Стратегія ціноутворення базується на value-based підході з тарифами двісті - вісімсот доларів залежно від розміру провайдера. Канали залучення включають прямі продажі, контент-маркетинг та партнерства.

Створено фінансову модель на три роки з прогнозом виходу на беззбитковість на початку третього року при вісімдесяти п'яти клієнтах. Початкові інвестиції сто двадцять тисяч доларів покривають розробку MVP та запуск. Модель монетизації базується на рекурентних підписках з додатковими доходами від професійних послуг. Прогнозований дохід третього року п'ятсот сімдесят тисяч доларів з позитивною EBITDA сто тридцять три тисячі доларів підтверджує комерційну привабливість проекту.

## ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання розроблення системи оптимізації інфраструктури та автоматизації обслуговування клієнтів для інтернет-провайдерів, що дозволяє суттєво підвищити ефективність їх діяльності та якість надання послуг.

За результатами виконаної роботи отримано наступні результати:

1. Проведено комплексний аналіз сучасного стану ринку інтернет-провайдерів в Україні, який виявив, що понад дві тисячі п'ятсот провайдерів обслуговують сім цілих вісім десятих мільйона абонентів широкосмугового доступу. Визначено основні проблеми діяльності ISP: високі операційні витрати через необхідність підтримки складної інфраструктури, середній час виявлення проблем обладнання складає двадцять п'ять - сорок хвилин, неефективне використання мережевих ресурсів знижує загальну ефективність на двадцять - тридцять п'ять відсотків, низький показник вирішення проблеми при першому зверненні на рівні 45 – 55 %.

2. Здійснено детальний аналіз бізнес-процесів типового інтернет-провайдера та виділено чотири основні процеси для автоматизації: підключення нових клієнтів, технічна підтримка існуючих абонентів, моніторинг та обслуговування мережевої інфраструктури, управління та оптимізація мережі. Визначено дев'ять ключових об'єктів предметної області та зв'язки між ними, що сформувало основу для проектування інформаційного забезпечення системи.

3. Спроектовано інформаційне забезпечення системи на основі трирівневої архітектури з використанням мікросервісного підходу. Розроблено структуру бази даних, що включає дев'ять основних таблиць для зберігання структурованих даних у PostgreSQL та часову базу даних InfluxDB для ефективного збереження метрик моніторингу. Визначено сім основних модулів системи: моніторинг інфраструктури, автоматизація технічної підтримки,

управління базою знань, оптимізація мережі, аналітика та звітність, управління клієнтами, інтеграції з зовнішніми системами.

4. Розроблено математичне забезпечення системи, яке включає методи оптимізації мережевої інфраструктури з використанням жадібних алгоритмів та локального пошуку для балансування навантаження, моделей ARIMA та LSTM для прогнозування трафіку, алгоритмів автоматизації обслуговування клієнтів на основі методів машинного навчання для класифікації звернень з точністю вісімдесят п'ять відсотків, байєсівських мереж для автоматичної діагностики проблем, колаборативної фільтрації для генерації рекомендацій щодо вирішення, методів виявлення аномалій через поєднання статистичних підходів та алгоритмів ізоляційного лісу, автокодувальників, моделей прогнозування відмов обладнання на основі пропорційних ризиків Кокса.

5. Створено програмне забезпечення системи з використанням сучасного технологічного стеку: Python з фреймворком FastAPI для бекенд-розробки, React для фронтенд-інтерфейсу, PostgreSQL для реляційних даних та InfluxDB для часових рядів, Redis для кешування та RabbitMQ для асинхронної комунікації між мікросервісами, Docker та Kubernetes для контейнеризації та оркестрації. Реалізовано модулі оптимізації інфраструктури з компонентами балансування навантаження, прогнозування трафіку, планування розширення мережі та енергетичної оптимізації, автоматизації обслуговування з класифікацією звернень, автоматичною діагностикою, рекомендаційною системою та чат-ботом на основі штучного інтелекту, аналітики та звітності з обчисленням ключових показників ефективності, генерацією звітів та прогнозною аналітикою.

6. Розроблено математичну модель оцінки ефективності системи з метриками для технічної підтримки, включаючи First Call Resolution, середній час вирішення, показник автоматизації, надійності інфраструктури з показниками доступності обладнання, MTBF та MTTR, економічних показників з розрахунком операційних витрат на клієнта та рентабельності інвестицій.

Прогнозовані покращення включають зниження операційних витрат на двадцять п'ять - сорок відсотків, скорочення середнього часу вирішення звернень на 40 – 50% відсотків, автоматизацію до 70% типових звернень, зменшення часу простою обладнання на п'ятдесят - сімдесят відсотків.

7. Створено стартап-проект для комерціалізації результатів роботи у вигляді SaaS-платформи. Визначено цільовий ринок малих та середніх інтернет-провайдерів з базою від п 50000 до 100000 клієнтів, загальним обсягом близько 2000 потенційних клієнтів в Україні та Східній Європі. Розроблено бізнес-модель з абонентською платою від 200 до 800 доларів на місяць залежно від розміру провайдера та додатковими доходами від професійних послуг. Створено фінансовий план на три роки з прогнозом виходу на беззбитковість на початку третього року при 85 клієнтах та прогнозованим доходом 570000 доларів з позитивною EBITDA 133000 доларів.

8. Проведено порівняльний аналіз з існуючими рішеннями, який підтвердив конкурентні переваги розробленої системи: комплексний підхід, що об'єднує моніторинг, підтримку та оптимізацію в одній платформі, використання штучного інтелекту для автоматизації діагностики та прогнозування, оптимальне співвідношення функціональності та ціни для цільового сегменту, простота впровадження за два - чотири тижні без зупинки роботи провайдера.

Практична цінність отриманих результатів полягає в можливості їх безпосереднього використання інтернет-провайдерами для підвищення ефективності діяльності. Розроблена система дозволяє знизити операційні витрати, покращити якість обслуговування клієнтів, підвищити надійність інфраструктури та оптимізувати використання ресурсів.

Наукова новизна роботи полягає у розробці комплексного підходу до оптимізації інфраструктури ISP, що поєднує методи автоматизованого моніторингу, прогнозування аналітики на основі машинного навчання та інтелектуальної маршрутизації запитів клієнтів. Запропоновано алгоритм

автоматичного виявлення та усунення типових інцидентів, що базується на аналізі історичних даних та байєсівських мережах.

Результати роботи впроваджено у вигляді функціонального прототипу системи, який демонструє можливості автоматизації та оптимізації. Подальші напрямки досліджень включають розширення функціональності системи для підтримки додаткових типів обладнання та протоколів, впровадження більш складних моделей машинного навчання для підвищення точності прогнозування, розробку мобільного додатку для інженерів та операторів технічної підтримки, інтеграцію з додатковими зовнішніми системами провайдерів, масштабування системи для підтримки великих операторів зв'язку.

Отримані результати підтверджують ефективність запропонованих рішень та доцільність їх практичного застосування для підвищення конкурентоспроможності інтернет-провайдерів на сучасному телекомунікаційному ринку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ващук П. Р., Карпій О. П. Сучасний стан ринку фіксованого інтернет-доступу в Україні. Організаційний комітет. 2023. С. 53. URL: [http://lim.lviv.ua/files/news\\_2023/zbirnyk2023.pdf#page=53](http://lim.lviv.ua/files/news_2023/zbirnyk2023.pdf#page=53) (дата звернення: 14.12.2025).

2. Мельнікова Л. І., Лінник О. В., Пастушенко І. Ю. Оцінка Інтернет-провайдерів України: модель багатокритеріального прийняття рішень. Інформаційно-комунікаційні технології та кібербезпека. 2024. С. 111–114. URL: [https://ice.nure.ua/wp-content/uploads/2024/12/22\\_Melnikova-L.I.-Linnyk-O.V.-Pastushenko-I.Iu.\\_Str.111-114.pdf](https://ice.nure.ua/wp-content/uploads/2024/12/22_Melnikova-L.I.-Linnyk-O.V.-Pastushenko-I.Iu._Str.111-114.pdf) (дата звернення: 14.12.2025).

3. Буга Н. Ю., Янчук Т. В. Дослідження ринку інтернет-послуг Вінницького регіону. Економічний простір. 2021. № 169. С. 47–51. URL: <https://prostir.pdaba.dp.ua/index.php/journal/article/view/882/854> (дата звернення: 14.12.2025).

4. Нечитайло Б. С. Перспективи розвитку телекомунікаційної галузі в Україні після війни. Integration of science and practice as a mechanism of effective development : proceedings of the 2nd International scientific and practical conference (Copenhagen, Denmark, September 10–13, 2024). Copenhagen : International Science Group, 2024. 255 p. URL: <https://books.google.com.ua/books?id=OgAIEQAAQBAJ> (дата звернення: 14.12.2025).

5. Ляховецький О. О. Щодо інтернет-провайдерів як суб'єктів господарювання. Актуальні дослідження правової та історичної науки. 2024. Вип. 59. С. 73. URL: [https://www.lex-line.com.ua/data/downloads/file\\_1712735451.pdf#page=73](https://www.lex-line.com.ua/data/downloads/file_1712735451.pdf#page=73) (дата звернення: 14.12.2025).

6. Лисак Г. Г. Сучасний стан та перспективи розвитку мобільних платіжних систем. 2024. URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/>

bitstreams/96401afc-8337-402a-b8ab-f1f6a5381161/content (дата звернення: 14.12.2025).

7. Мігров Г. Розвиток ринку інтернет-телебачення в умовах пандемії COVID-19. Молодий вчений. 2020. № 10 (86). С. 43–48. URL: <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/266/256> (дата звернення: 14.12.2025).

8. Kolodynskyi S. et al. Internet marketing and structural changes E-commerce in Ukraine. ЕКОНОМІЧНИЙ вісник Донбасу. 2022. URL: <https://nasplib.isoftware.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/33f382d2-ab18-48fb-ab24-f069ae67a584/content> (дата звернення: 14.12.2025).

9. Cherniaieva O., Orlenko O., Ashcheulova O. The infrastructure of the Internet services market of the future: analysis of formation problems. *Futurity Economics & Law*. 2023. Vol. 3, No. 1. P. 4–27. URL: <https://futurity-econlaw.com/index.php/FEL/article/view/74/74> (дата звернення: 14.12.2025).

10. Богиня Т. В. Постачальники послуг програмних додатків. Збірник MTESA 2025. С. 73. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/746911/1/Збірник%20MTESA%202025.pdf#page=73> (дата звернення: 14.12.2025).

11. Sutanto C., Abadi F. The effect of customer satisfaction, switching barriers mediated by customer loyalty to customer retention in ISP industry. 5th International Conference on Global Innovation and Trends in Economy 2024 (INCOGITE 2024). Atlantis Press, 2024. URL: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/incogite-24/126006085> (дата звернення: 14.12.2025).

12. Christinal D. N. A. Exploring the impact of internet service provider characteristics on customer satisfaction: a comparative study. *E-commerce Theory and Practice* / ed. M. Agarwal. P. 16. URL: <https://alexispress.us/wp-content/uploads/2022/07/E-commerce-Theory-and-Practice.pdf#page=23> (дата звернення: 14.12.2025).

13. Rief F. W. J., Wiedner F. ISP networks-Differences and Challenges. School of Computation, Information, and Technology. Munich, 2024. URL: [https://www.net.in.tum.de/fileadmin/TUM/NET/NET-2024-09-1/NET-2024-09-1\\_04.pdf](https://www.net.in.tum.de/fileadmin/TUM/NET/NET-2024-09-1/NET-2024-09-1_04.pdf) (дата звернення: 14.12.2025).

14. Bhattacharjee D. et al. cISP: A Speed-of-Light Internet Service Provider. 19th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI 22). 2022. URL: <https://www.usenix.org/system/files/nsdi22-paper-bhattacharjee.pdf> (дата звернення: 14.12.2025).

15. Abecassis D. et al. The impact of tech companies' network investment on the economics of broadband ISPs. 2022. URL: <https://incompas.org/wp-content/uploads/2024/10/FINAL-Analysys-Mason-Report-Impact-of-tech-companies-network-investment-on-the-economics-of-broadband-ISPs-compressed.pdf> (дата звернення: 14.12.2025).

16. Хоменко Є. Сучасні методи, моделі та програмні засоби реалізації та оптимізації систем IoT (Internet of Things). Journal of Information Technologies in Education (ITE). 2024. № 55. С. 72–84. URL: <https://www.ite.kspu.edu/index.php/ite/article/view/869/832> (дата звернення: 14.12.2025).

17. Hagebring F. et al. On optimization of automation systems: Integrating modular learning and optimization. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. 2022. Vol. 19, No. 3. P. 1662–1674. DOI: 10.1109/TASE.2022.3154467

18. Sorlei I.-S. et al. Fuel cell electric vehicles—A brief review of current topologies and energy management strategies. Energies. 2021. Vol. 14, No. 1. P. 252. DOI: 10.3390/en14010252.

19. Straubinger A. et al. An overview of current research and developments in urban air mobility—Setting the scene for UAM introduction. Journal of Air Transport Management. 2020. Vol. 87. P. 101852. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2020.101852.

20. Tian H. et al. Computer vision technology in agricultural automation—A review. *Information Processing in Agriculture*. 2020. Vol. 7, No. 1. P. 1–19. DOI: 10.1016/j.inpra.2019.09.006.

21. Братушка С. М. та ін. Показники оцінки ефективності бізнес-процесу технічної підтримки клієнтів інтернет-провайдера. Збірник матеріалів конференції. 2023. С. 38. URL: <https://op.edu.ua/sites/default/files/publicFiles/studolympconf/zbirka-2023-04-27.pdf#page=38> (дата звернення: 14.12.2025).

22. Кошук Т. В., Пасічний М. Д. Ринок фіксованого доступу до мережі Інтернет: від сірого до білого. 2024. URL: [https://www.growford.org.ua/wp-content/uploads/Growford\\_Internet\\_2024-2.pdf](https://www.growford.org.ua/wp-content/uploads/Growford_Internet_2024-2.pdf) (дата звернення: 14.12.2025).

23. Hanafizadeh P. et al. Business model innovation driven by the internet of things technology, in internet service providers' business context. *Information Systems and e-Business Management*. 2021. Vol. 19, No. 4. P. 1175–1243. DOI: 10.1007/s10257-021-00519-4.

24. Janiesch C. et al. The internet of things meets business process management: a manifesto. *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine*. 2020. Vol. 6, No. 4. P. 34–44. DOI: 10.1109/MSMC.2020.3003135

25. Kang J., Diao Z., Zanini M. T. Business-to-business marketing responses to COVID-19 crisis: a business process perspective. *Marketing Intelligence & Planning*. 2021. Vol. 39, No. 3. P. 454–468. DOI: 10.1108/MIP-07-2020-0299.

26. Загородня Д. та ін. Методи та засоби ідентифікації та класифікації об'єктів за характерними точками їх контурів. 2020. URL: [https://library.wunu.edu.ua/images/stories/praci\\_vukladachiv/Факультет%20КІТ/КЕ КТІ/Ліп'яніна%20Христина/book/MONOGRAPHY\\_v.04.pdf](https://library.wunu.edu.ua/images/stories/praci_vukladachiv/Факультет%20КІТ/КЕ КТІ/Ліп'яніна%20Христина/book/MONOGRAPHY_v.04.pdf) (дата звернення: 14.12.2025).

27. Назаркевич М., Литвин В., Висоцька В. Метод розпізнавання рухомих об'єктів на основі класифікації каскадів Хаара. Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2024. № 2 (26). С. 361–373. URL: <https://www.csecurity.kubg.edu.ua/index.php/journal/article/view/698/570> (дата звернення: 14.12.2025).

28. Tuchkova N. Author's Identification within the Subject Area in the Semantic Library. 2020. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2784/rpaper02.pdf> (дата звернення: 14.12.2025).

29. Wang Z. et al. Identification and analysis of urban functional area in Hangzhou based on OSM and POI data. PLOS ONE. 2021. Vol. 16, No. 5. e0251988. DOI: 10.1371/journal.pone.0251988.

30. Merkulova K., Zhabska Y., Ivanenko I. Software for UAV Images Processing for Object Identification. DSMSI. 2023. URL: [https://ceur-ws.org/Vol-3687/Paper\\_3.pdf](https://ceur-ws.org/Vol-3687/Paper_3.pdf) (дата звернення: 14.12.2025).

31. Haibeh L. A., Yagoub M. CE., Jarray A. A survey on mobile edge computing infrastructure: Design, resource management, and optimization approaches. IEEE Access. 2022. Vol. 10. P. 27591–27610. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3156552.

32. Liu Q. et al. Intelligent reflective surface based 6G communications for sustainable energy infrastructure. IEEE Wireless Communications. 2022. Vol. 28, No. 6. P. 49–55. DOI: 10.1109/MWC.021.2000293.

33. Семусев О., Воротнікова З. Бот-консультант в телекомунікаційній компанії. Наука та виробництво. 2020. № 23. С. 239–246. URL: <http://sap.pstu.edu/article/view/241106> (дата звернення: 14.12.2025).

34. Kalusivalingam A. K. et al. Enhancing Customer Service Automation with Natural Language Processing and Reinforcement Learning Algorithms. International Journal of AI and ML. 2020. Vol. 1, No. 2. URL: <https://cognitivecomputingjournal.com/index.php/IJAIML-V1/article/view/61/39> (дата звернення: 14.12.2025).

35. Desmal A. J. et al. The automated future: How AI and automation are revolutionizing online services. 2023 IEEE 8th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS). IEEE, 2023. DOI: 10.1109/ICETAS60879.2023.10346472.

36. Al-Mekhlal M., Al-Buraik M., Al-Lubli M. Digital transformation: AI-powered bot solutions and automation for customer services. 2023 International Conference on Digital Applications, Transformation & Economy (ICDATE). IEEE, 2023. DOI: 10.1109/ICDATE58146.2023.10248458.

37. Gaddam A. et al. Detecting sensor faults, anomalies and outliers in the internet of things: A survey on the challenges and solutions. *Electronics*. 2020. Vol. 9, No. 3. P. 511. DOI: 10.3390/electronics9030511.

38. Feng A. H. et al. Practical Anomaly Detection in Internet Services: An ISP centric approach. NOMS 2024-2024 IEEE Network Operations and Management Symposium. IEEE, 2024. DOI: 10.1109/NOMS59830.2024.10575071.

39. Feng L. et al. Anomaly detection for electricity consumption in cloud computing: framework, methods, applications, and challenges. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*. 2020. Vol. 2020, No. 1. P. 194. DOI: 10.1186/s13638-020-01807-0.

40. Zoure M., Ahmed T., Réveillère L. Network services anomalies in NFV: Survey, taxonomy, and verification methods. *IEEE Transactions on Network and Service Management*. 2022. Vol. 19, No. 2. P. 1567–1584. DOI: 10.1109/TNSM.2022.3145374.

41. Islam M. S. et al. Anomaly detection in a large-scale cloud platform. 2021 IEEE/ACM 43rd International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice (ICSE-SEIP). IEEE, 2021. DOI: 10.1109/ICSE-SEIP52600.2021.00043.

42. Jasperneite J., Sauter T., Wollschlaeger M. Why we need automation models: handling complexity in industry 4.0 and the internet of things. *IEEE*

Industrial Electronics Magazine. 2020. Vol. 14, No. 1. P. 29–40. DOI: 10.1109/MIE.2019.2953225.

43. Labayen M. et al. Online student authentication and proctoring system based on multimodal biometrics technology. IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 72398–72411. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3079375.

44. Mohamed S. A. et al. Improving efficiency and effectiveness of robotic process automation in human resource management. Sustainability. 2022. Vol. 14, No. 7. P. 3920. DOI: 10.3390/su14073920.

## ДОДАТКИ

### Додаток А

#### docker.compose.yml

```
# docker-compose.yml
version: "3.9"

services:

  gateway:
    image: nginx:alpine
    volumes:
      - ./gateway/nginx.conf:/etc/nginx/nginx.conf:ro
    ports:
      - "8080:80"
    depends_on:
      - auth
      - tickets
      - monitoring

  postgres:
    image: postgres:16
    environment:
      POSTGRES_USER: isp
      POSTGRES_PASSWORD: isp
      POSTGRES_DB: ispdb
    ports:
      - "5432:5432"

  redis:
    image: redis:7
    ports:
      - "6379:6379"
```

rabbitmq:

image: rabbitmq:3-management

ports:

- "5672:5672"

- "15672:15672"

auth:

build: ./services/auth

environment:

JWT\_SECRET: "change-me"

REDIS\_URL: "redis://redis:6379/0"

depends\_on:

- redis

tickets:

build: ./services/tickets

environment:

DB\_URL: "postgresql+psycopg://isp:isp@postgres:5432/ispdb"

JWT\_SECRET: "change-me"

depends\_on:

- postgres

monitoring:

build: ./services/monitoring

environment:

RABBIT\_URL: "amqp://guest:guest@rabbitmq:5672/"

JWT\_SECRET: "change-me"

depends\_on:

- rabbitmq

notifications:

build: ./services/notifications

environment:

```
RABBIT_URL: "amqp://guest:guest@rabbitmq:5672/"
```

```
depends_on:
```

```
- rabbitmq
```

### gateway/nginx.conf:

```
events {}
```

```
http {
```

```
server {
```

```
listen 80;
```

```
location /auth/ {
```

```
proxy_pass http://auth:8000/;
```

```
}
```

```
location /tickets/ {
```

```
proxy_pass http://tickets:8000/;
```

```
}
```

```
location /monitoring/ {
```

```
proxy_pass http://monitoring:8000/;
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

## Додаток Б

### Auth/app.py

```
import os, time
import bcrypt, jwt
import redis

from fastapi import FastAPI, HTTPException
from pydantic import BaseModel

JWT_SECRET = os.getenv("JWT_SECRET", "dev-secret")
REDIS_URL = os.getenv("REDIS_URL", "redis://localhost:6379/0")
r = redis.from_url(REDIS_URL, decode_responses=True)

app = FastAPI()

USERS = {
    "operator1": {
        "password_hash": bcrypt.hashpw(b"pass123", bcrypt.gensalt()).decode(),
        "role": "operator"
    }
}

class LoginIn(BaseModel):
    username: str
    password: str

@app.post("/login")
def login(data: LoginIn):
    user = USERS.get(data.username)
    if not user:
        raise HTTPException(401)

    if not bcrypt.checkpw(data.password.encode(), user["password_hash"].encode()):
        raise HTTPException(401)
```

```
now = int(time.time())
payload = {"sub": data.username, "role": user["role"], "iat": now, "exp": now + 3600}
token = jwt.encode(payload, JWT_SECRET, algorithm="HS256")

r.setex(f"session:{data.username}", 3600, token)
return {"access_token": token}
```

## Додаток В

### tickets/app.py

```
import os, jwt

from fastapi import FastAPI, Depends, HTTPException, Header
from pydantic import BaseModel
from sqlalchemy import create_engine, Integer, String, Text, DateTime, func
from sqlalchemy.orm import DeclarativeBase, Mapped, mapped_column, sessionmaker, Session

DB_URL = os.getenv("DB_URL")
JWT_SECRET = os.getenv("JWT_SECRET", "dev-secret")

engine = create_engine(DB_URL)
SessionLocal = sessionmaker(bind=engine)

class Base(DeclarativeBase): pass

class Ticket(Base):
    __tablename__ = "tickets"
    id: Mapped[int] = mapped_column(Integer, primary_key=True)
    customer_id: Mapped[str] = mapped_column(String)
    subject: Mapped[str] = mapped_column(String)
    description: Mapped[str] = mapped_column(Text)
    priority: Mapped[str] = mapped_column(String, default="medium")
    status: Mapped[str] = mapped_column(String, default="new")
    created_at: Mapped[DateTime] = mapped_column(DateTime, server_default=func.now())

Base.metadata.create_all(engine)

class TicketIn(BaseModel):
    customer_id: str
    subject: str
    description: str
```

```
priority: str = "medium"

app = FastAPI()

def require_jwt(authorization: str = Header()):
    token = authorization.split(" ", 1)[1]
    return jwt.decode(token, JWT_SECRET, algorithms=["HS256"])

@app.post("/tickets")
def create_ticket(data: TicketIn, user=Depends(require_jwt)):
    s = SessionLocal()
    t = Ticket(**data.model_dump())
    s.add(t)
    s.commit()
    return {"id": t.id}
```

## Додаток Г

### monitoring/app.py

```
import os, json, time
import jwt, pika
from fastapi import FastAPI, Header, HTTPException
from pydantic import BaseModel

JWT_SECRET = os.getenv("JWT_SECRET")
RABBIT_URL = os.getenv("RABBIT_URL")

THRESHOLDS = {"cpu": 90.0}

class MetricIn(BaseModel):
    device_id: str
    metric: str
    value: float

app = FastAPI()

@app.post("/monitoring/metric")
def metric(m: MetricIn, authorization: str = Header()):
    token = authorization.split(" ", 1)[1]
    jwt.decode(token, JWT_SECRET, algorithms=["HS256"])

    if m.value >= THRESHOLDS.get(m.metric, 999):
        conn = pika.BlockingConnection(pika.URLParameters(RABBIT_URL))
        ch = conn.channel()
        ch.queue_declare(queue="alerts", durable=True)
        ch.basic_publish(
            exchange="",
            routing_key="alerts",
            body=json.dumps(m.model_dump()).encode()
        )
```

```
conn.close()
```

```
return {"accepted": True}
```

## Додаток Д

### notifications/worker.py

```
import os, json
import pika

RABBIT_URL = os.getenv("RABBIT_URL")

conn = pika.BlockingConnection(pika.URLParameters(RABBIT_URL))
ch = conn.channel()
ch.queue_declare(queue="alerts", durable=True)

def handle(ch, method, properties, body):
    msg = json.loads(body.decode())
    print(f"[NOTIFY] {msg}")
    ch.basic_ack(delivery_tag=method.delivery_tag)

ch.basic_consume(queue="alerts", on_message_callback=handle)
ch.start_consuming()
```