

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Кибербезпеки
(повна назва)

Кафедра Інформаційно-мережної інженерії
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

«Розробка комп'ютерної мережі для підприємства «Valta»
(тема)

Виконав:

здобувач 4 року навчання,
групи ТРИМІ-22-1

Дмитро Валько
(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 172 Телекомунікації та
радіотехніка

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Інформаційно-мережна
інженерія

(повна назва освітньої програми)

Керівник Ст.викл. Олександр Малінін
(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

В.о. завідувач кафедри _____

(підпис)

Дарія ЧЕБОТАРЬОВА
(власне ім'я, прізвище)

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет

Кібербезпеки

(повна назва)

Кафедра

Інформаційно-мережної інженерії

(повна назва)

Рівень вищої
освіти

перший (бакалаврський)

Спеціальність

172 Телекомунікації та радіотехніка

(код і повна назва)

Тип програми

Освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма

Інформаційно-мережна інженерія

(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри ІМІ _____

“ 2 ” липня 2026 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Здобувачеві

Валько Дмитру Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи Розробка комп'ютерної мережі для підприємства «Valma»
затверджені наказом університету від “2” червня 2026 року № №466 Ст
- Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії “16” липня 2026 р.
- Вихідні дані до роботи
План адміністративно-офісної будівлі підприємства «Valma»: 2 поверхи, по 4 кімнати на кожному поверсі, площа однієї кімнати 50 м².
Побудова локальної комп'ютерної мережі підприємства на базі технології Ethernet з використанням комутаційної топології «зірка».
- Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити)
Вступ
1. Аналіз технологій та стандартів побудови локальних комп'ютерних мереж
2. Проектування кабельної інфраструктури та розрахунок параметрів кабельних каналів
3. Розробка комп'ютерної мережі підприємства «Valma» на базі технології Ethernet
Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) Слайди у форматі Power Point (назва, мета роботи, постановка задачі, актуальність роботи, завдання роботи, аналіз технологій локальних комп'ютерних мереж, технологія Ethernet, схема підприємства «Valma», структурна схема мережі, розрахунок довжини кабелю та січення кабельних каналів, висновки)
6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	Ст.викл. Малінін О.П		10.07.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів атестаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення із завданням. Уточнення ТЗ	02.06.26	виконано
2	Підбір літератури за темою роботи	05.06-10.06.26	виконано
3	Виконання розділу 1	11.06-19.06.26	виконано
4	Виконання розділу 2	20.06-27.06.26	виконано
5	Виконання розділу 3	28.06-1.07.26	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	02.07-04.07.26	виконано
7	Редагування та підготовка до перевірки на плагіат	05.07-08.07.26	виконано.
8	Подання роботи на перевірку на плагіат	09.07.26	виконано.
9	Підготовка до захисту у ЕК	10.07-15.07.26	виконано.

Дата видачі завдання 2 липня 2026 р.

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Ст.викл. Олександр Малінін
(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 97 с., 33 рис., 16 табл., 30 джерел, 4 додатки.

Об'єкт дослідження – локальна комп'ютерна мережа підприємства «Valma».

Мета роботи – розробити комп'ютерну мережу для підприємства «Valma» на базі технології Ethernet із застосуванням структурованої кабельної системи відповідно до стандарту EN 50173, визначити кількість робочих місць, абонентських точок, кабельних ліній, а також виконати розрахунок довжини кабелю та січення кабельних каналів.

У роботі розглянуто принципи побудови локальних комп'ютерних мереж підприємств, проаналізовано застосування технології Ethernet та стандарту EN 50173 для адміністративно-офісної будівлі, розроблено структурну схему мережі, плани поверхів, схему розміщення робочих місць, абонентських розеток RJ-45 та RJ-11, розподільчих приміщень і кабельних трас.

Результати – обґрунтовано вибір мідного симетричного кабелю U/UTP Cat.6, визначено структуру підключення двоповерхової будівлі підприємства, розраховано кількість абонентських точок, довжину кабельних ліній та параметри кабельних каналів для прокладання локальної комп'ютерної мережі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА, ЛОКАЛЬНА МЕРЕЖА, ETHERNET, EN 50173, СТРУКТУРОВАНА КАБЕЛЬНА СИСТЕМА, U/UTP CAT.6, RJ-45, RJ-11, РОБОЧЕ МІСЦЕ, КАБЕЛЬНИЙ КАНАЛ.

THE ABSTRACT

Explanatory note: 60 p., 8 fig., 7 tables, 15 sources, 1 appendix.

The object of the study is the local computer network of the Valma enterprise.

The purpose of the work is to develop a computer network for the Valma enterprise based on Ethernet technology using a structured cabling system in accordance with the EN 50173 standard, to determine the number of workplaces, telecommunications outlets and cable lines, and to calculate the cable length and cable channel cross-section.

The work considers the principles of designing local computer networks for enterprises, analyzes the use of Ethernet technology and the EN 50173 standard for an administrative and office building, and develops a network structure diagram, floor plans, a layout of workplaces, RJ-45 and RJ-11 outlets, telecommunications rooms and cable routes.

Deliverables: the choice of U/UTP Cat.6 balanced copper cable is substantiated, the connection structure of the two-storey enterprise building is defined, and the number of telecommunications outlets, cable line length and cable channel parameters for local computer network installation are calculated.

KEY WORDS: COMPUTER NETWORK, LOCAL AREA NETWORK, ETHERNET, EN 50173, STRUCTURED CABLING SYSTEM, U/UTP CAT.6, RJ-45, RJ-11, WORKPLACE, CABLE CHANNEL.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	9
1.АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТАНДАРТІВ ПОБУДОВИ ЛОКАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ.....	12
1.1 Основи локальних комп'ютерних мереж.....	12
1.2 Топології локальних комп'ютерних мереж	14
1.3 Технологія Ethernet та стандарти передавання даних у локальних мережах	17
1.4 Стандарти структурованих кабельних систем.....	20
1.5 Аналіз активного мережевого обладнання для локальних комп'ютерних мереж	23
1.6 Аналіз сучасних засобів мережевої безпеки локальних комп'ютерних мереж	27
2.ПРОЄКТУВАННЯ КАБЕЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ КАБЕЛЬНИХ КАНАЛІВ	30
2.1 Проектування структурованої кабельної системи підприємства «Valma» ...	30
2.2 Планування кабельних трас локальної мережі підприємства.....	32
2.3 Розрахунок довжини кабельних ліній структурованої кабельної системи ...	34
2.4 Розрахунок параметрів кабельних каналів та комутаційного обладнання ...	37
2.5 Організація телекомунікаційних приміщень та серверної інфраструктури .	41
2.6 Розрахунок кошторису локальної мережі підприємства «Valma»	44
3.РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА «VALMA» НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ETHERNET.....	49
3.1 Аналіз структури підприємства та планування робочих місць	49
3.2 Розробка логічної топології локальної мережі підприємства.....	52
3.3 Проектування VLAN та системи IP-адресації локальної мережі	54
3.4 Вибір активного мережевого обладнання локальної мережі підприємства..	57
3.5 Проектування бездротової мережі та організація Wi-Fi інфраструктури	60
3.6 Забезпечення інформаційної безпеки локальної мережі підприємства	64
3.7 Моделювання локальної мережі підприємства у середовищі Cisco Packet Tracer.....	67
3.8 Розробка програмного засобу моніторингу локальної мережі	70
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	78
ДОДАТКИ	81
ДОДАТОК А	81
ДОДАТОК Б	82
ДОДАТОК В.....	84
ДОДАТОК Г	88

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ACL — Access Control List, список контролю доступу

API — Application Programming Interface, програмний інтерфейс застосунку

Cat.6 — Category 6, кабель категорії 6

DHCP — Dynamic Host Configuration Protocol, протокол динамічної конфігурації вузлів

DNS — Domain Name System, система доменних імен

EN — European Norm, європейський стандарт

Ethernet — технологія локальних комп'ютерних мереж

Firewall — міжмережевий екран

HTTP — HyperText Transfer Protocol, протокол передавання гіпертексту

HTTPS — HyperText Transfer Protocol Secure, захищений протокол передавання гіпертексту

ICMP — Internet Control Message Protocol, протокол службових повідомлень мережі Internet

IEEE — Institute of Electrical and Electronics Engineers, Інститут інженерів з електротехніки та електроніки

IP — Internet Protocol, міжмережевий протокол

ISO — International Organization for Standardization, Міжнародна організація зі стандартизації

LAN — Local Area Network, локальна комп'ютерна мережа

MAC-адреса — Media Access Control Address, фізична адреса мережевого пристрою

NAT — Network Address Translation, трансляція мережевих адрес

Node.js — програмна платформа для виконання JavaScript/TypeScript на сервері

PoE — Power over Ethernet, технологія передавання живлення через Ethernet-кабель

QoS — Quality of Service, механізм забезпечення якості обслуговування мережевого трафіку

RJ-11 — стандартизований телекомунікаційний роз'єм телефонної мережі

RJ-45 — стандартизований роз'єм Ethernet-мережі

SNMP — Simple Network Management Protocol, протокол моніторингу та керування мережевими пристроями

SSID — Service Set Identifier, ідентифікатор бездротової мережі

TCP/IP — Transmission Control Protocol / Internet Protocol, стек мережевих протоколів

TR — Telecommunications Room, телекомунікаційне приміщення

TypeScript — типізована надбудова над JavaScript

UPS — Uninterruptible Power Supply, джерело безперебійного живлення

U/UTP — Unshielded Twisted Pair, неекранована вита пара

VLAN — Virtual Local Area Network, віртуальна локальна мережа

Wi-Fi — технологія бездротового доступу до локальної мережі

ВСТУП

У сучасних умовах цифрової трансформації підприємств локальна комп'ютерна мережа перестала бути допоміжним елементом офісної інфраструктури та фактично стала основою функціонування більшості бізнес-процесів. Робота інформаційних систем, корпоративних сервісів, IP-телефонії, систем електронного документообігу, хмарних платформ і засобів комунікації безпосередньо залежить від стабільності, швидкодії та масштабованості мережевої інфраструктури. Для адміністративно-офісних підприємств вимоги до локальних мереж останніми роками суттєво зросли, оскільки збільшились обсяги передаваних даних, кількість мережевих пристроїв та критичність безперервного доступу до інформаційних ресурсів.

Для підприємств офісного типу локальна мережа повинна забезпечувати не лише передачу даних між робочими місцями, а й підтримку додаткових сервісів: IP-телефонії, доступу до мережі Internet, централізованого адміністрування, безпечного підключення бездротових пристроїв та перспектив подальшої модернізації. Саме тому питання проєктування локальної мережі із застосуванням сучасних стандартів Ethernet і структурованої кабельної системи залишається актуальним як з практичної, так і з інженерної точки зору.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка комп'ютерної мережі для підприємства «Valma» із застосуванням технології Ethernet та структурованої кабельної системи, визначення структури мережі, параметрів кабельної інфраструктури, кількості абонентських точок і мережевого обладнання, а також виконання розрахунку довжини кабельних ліній та параметрів кабельних каналів.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі завдання:

1. проаналізувати сучасні технології та стандарти побудови локальних комп'ютерних мереж;

2. дослідити особливості застосування технології Ethernet для адміністративно-офісних підприємств;
3. виконати аналіз структури підприємства та планування робочих місць;
4. розробити логічну структуру локальної мережі підприємства;
5. спроектувати структуровану кабельну систему відповідно до стандарту EN 50173;
6. обґрунтувати вибір активного мережевого обладнання та кабельної системи;
7. визначити кількість робочих місць, абонентських точок та кабельних ліній;
8. виконати розрахунок довжини кабелю та параметрів кабельних каналів;
9. змодельовати структуру локальної мережі підприємства та оцінити можливість її подальшого масштабування.

Об'єктом дослідження у кваліфікаційній роботі є локальна комп'ютерна мережа підприємства «Valma», розташованого у двоповерховій адміністративно-офісній будівлі.

Предметом дослідження є методи та засоби проектування локальної комп'ютерної мережі на базі технології Ethernet із використанням структурованої кабельної системи відповідно до вимог сучасних міжнародних стандартів.

Під час виконання роботи були використані такі методи дослідження: методи структурного аналізу мережевої інфраструктури, методи проектування структурованих кабельних систем, розрахункові методи визначення параметрів кабельних трас та методи логічного моделювання локальних комп'ютерних мереж.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання розробленої структури локальної мережі для побудови або модернізації мережевої інфраструктури адміністративно-офісних підприємств аналогічного типу. Запропоновані рішення дозволяють забезпечити стабільну роботу локальної мережі, підтримку сучасних сервісів передачі даних та

перспективу подальшого розширення мережі без необхідності повної реконструкції кабельної системи.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТАНДАРТІВ ПОБУДОВИ ЛОКАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

1.1 Основи локальних комп'ютерних мереж

Локальні комп'ютерні мережі є базовим елементом сучасної інформаційної інфраструктури підприємств, установ та організацій. Їх основне призначення полягає у забезпеченні швидкого та надійного обміну даними між комп'ютерами, мережевими пристроями та сервісами в межах обмеженої території — офісу, будівлі або комплексу приміщень. Саме локальні мережі сьогодні забезпечують функціонування більшості корпоративних інформаційних систем, систем документообігу, IP-телефонії, серверних сервісів, засобів централізованого адміністрування та хмарних платформ [1].

Під локальною комп'ютерною мережею (LAN — Local Area Network) розуміють сукупність апаратних і програмних засобів, які забезпечують взаємодію мережеских вузлів за допомогою єдиного середовища передавання даних та узгоджених мережеских протоколів. На практиці сучасна локальна мережа являє собою складну систему, що поєднує активне мережеве обладнання, структуровану кабельну систему, серверну інфраструктуру та засоби захисту інформації.

Ключовими характеристиками локальної мережі є: швидкість передавання даних; масштабованість; надійність; рівень відмовостійкості; безпечність мережевої взаємодії; можливість централізованого адміністрування; підтримка сучасних мережеских сервісів.

Сучасні локальні мережі будуються переважно на базі технології Ethernet, яка фактично стала міжнародним стандартом для більшості офісних та корпоративних мереж. Популярність Ethernet пояснюється високою швидкістю передавання даних, простотою масштабування, стандартизованістю обладнання та відносно невисокою вартістю впровадження. У корпоративному середовищі найбільш поширеними є мережі Gigabit Ethernet із пропускнуою здатністю 1

Гбіт/с, тоді як магістральні сегменти дедалі частіше реалізуються із використанням 10 Gigabit Ethernet [2].

Функціонування локальної мережі базується на моделі взаємодії відкритих систем OSI (Open Systems Interconnection), яка поділяє процес передавання інформації на сім логічних рівнів. Практичне значення цієї моделі полягає у стандартизації мережевої взаємодії та розмежуванні функцій мережевого обладнання.

На фізичному рівні реалізується передавання електричних або оптичних сигналів через кабельне середовище. Канальний рівень відповідає за адресацію MAC та роботу комутаторів. Мережевий рівень забезпечує маршрутизацію пакетів між підмережами за допомогою IP-адресації. Транспортний рівень виконує контроль передавання даних, а верхні рівні забезпечують роботу прикладних сервісів.

Для офісних локальних мереж найбільше практичне значення мають: фізичний рівень; канальний рівень; мережевий рівень. Саме ці рівні безпосередньо пов'язані з проектуванням кабельної інфраструктури, вибором комутаційного обладнання та організацією IP-адресації. У сучасних локальних мережах використовуються два основні типи мережевого обладнання: активне та пасивне. До активного обладнання належать маршрутизатори, комутатори, точки бездротового доступу та мережеві шлюзи. Пасивне обладнання включає кабельні лінії, патч-панелі, розетки, кабельні канали та комутаційні шафи [3].

Під час проектування локальної мережі важливим є правильний вибір фізичного середовища передавання даних. Для сучасних офісних мереж найбільш поширеним рішенням є використання симетричного мідного кабелю типу U/UTP категорії Cat.5e або Cat.6. Кабель категорії Cat.6 забезпечує підтримку швидкостей до 10 Гбіт/с на коротких ділянках, характеризується нижчим рівнем електромагнітних завад та має кращі параметри передавання сигналу порівняно з Cat.5e. Саме тому для нових корпоративних мереж дедалі частіше використовується саме кабель Cat.6.

Важливою особливістю сучасних локальних мереж є поєднання дротової та бездротової інфраструктури. Навіть у мережах із переважно кабельною архітектурою використовуються Wi-Fi сегменти для мобільних пристроїв, ноутбуків та гостьового доступу до мережі Internet. При цьому дротова інфраструктура залишається основою корпоративної мережі через значно вищу стабільність, швидкодію та рівень інформаційної безпеки [4].

1.2 Топології локальних комп'ютерних мереж

Під час проєктування локальних комп'ютерних мереж розрізняють фізичну та логічну топології. Фізична топологія визначає спосіб фактичного з'єднання мережевого обладнання кабельною інфраструктурою, тоді як логічна топологія характеризує принцип передавання даних між вузлами незалежно від фізичного способу їх підключення [5]. У межах даного підрозділу розглядаються саме фізичні топології локальних мереж, оскільки вони безпосередньо впливають на проєктування структурованої кабельної системи підприємства.

Одним із ключових етапів проєктування локальної комп'ютерної мережі є вибір її топології. Саме топологія визначає спосіб фізичного та логічного з'єднання мережевих пристроїв, впливає на надійність мережі, швидкість передавання даних, складність адміністрування та можливість подальшого масштабування інфраструктури. Від правильного вибору топології безпосередньо залежить ефективність роботи всієї локальної мережі підприємства.

Під топологією локальної мережі розуміють структуру взаємоз'єднання мережевих вузлів та каналів передавання даних. У сучасних локальних мережах розрізняють фізичну та логічну топології. Фізична топологія визначає реальне підключення пристроїв кабельними лініями, тоді як логічна описує принцип передавання інформації між вузлами мережі. У процесі розвитку комп'ютерних мереж сформувалося декілька базових топологій, які використовуються як

окремо, так і у комбінованому вигляді. Найбільш поширеними є топології «шина», «кільце», «зірка» та «коміркова структура» (mesh) [6].

Для наочного порівняння основних топологій локальних мереж доцільно виконати узагальнення їх характеристик у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика фізичних топологій локальних комп'ютерних мереж

Топологія	Переваги	Недоліки	Сфера застосування
Шина	Простота побудови, мала кількість кабелю	Низька надійність, складна локалізація несправностей	Застарілі локальні мережі
Кільце	Відсутність колізій, впорядковане передавання даних	Складність модернізації, залежність від цілісності кільця	Спеціалізовані мережі
Зірка	Надійність, масштабованість, просте адміністрування	Залежність від центрального комутатора	Сучасні локальні мережі
Mesh	Висока відмовостійкість, резервування	Висока вартість та складність	Дата-центри, магістральні мережі

Слід зазначити, що фізична топологія не завжди збігається з логічною. Наприклад, у сучасних мережах Ethernet фізична топологія зазвичай реалізується за схемою «зірка», тоді як логічний обмін даними здійснюється відповідно до протоколів сімейства IEEE 802.3 через комутаційне обладнання. Саме фізична топологія визначає структуру кабельної системи, яка розробляється у практичній частині цієї кваліфікаційної роботи. Для наочного представлення основних топологій локальних мереж доцільно використати рисунок 1.1.

Основні фізичні топології локальних комп'ютерних мереж

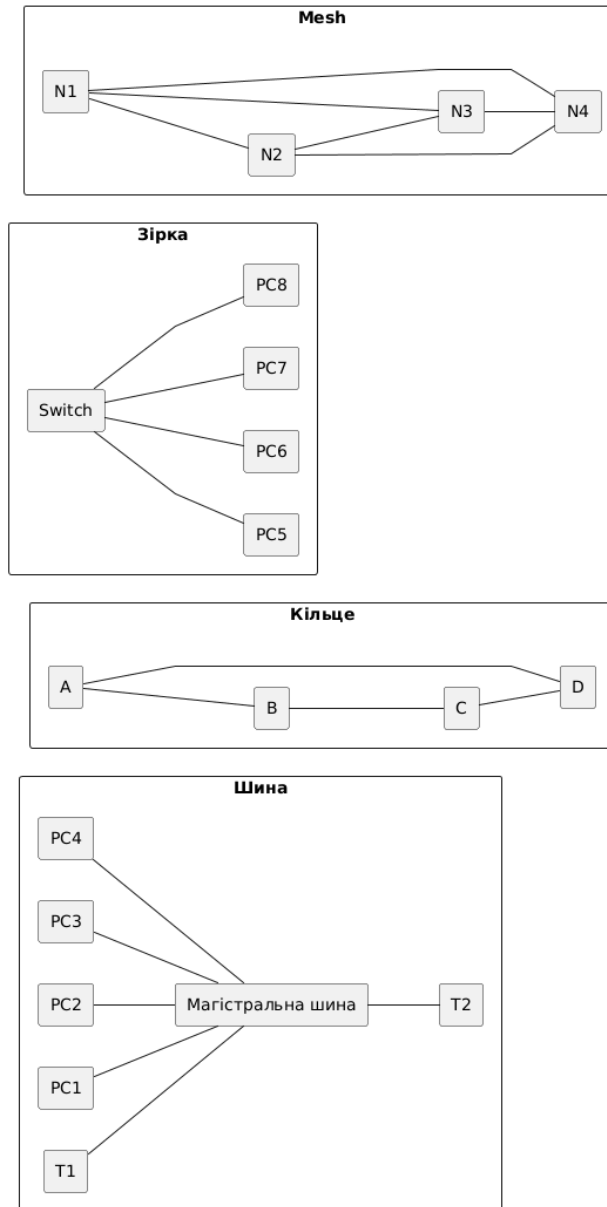


Рисунок 1.1 – Основні топології локальних комп'ютерних мереж

Отже, аналіз основних топологій локальних мереж показав, що для сучасних адміністративно-офісних підприємств найбільш доцільним рішенням є використання топології «зірка». Вона забезпечує оптимальне поєднання надійності, масштабованості, простоти адміністрування та підтримки сучасних мережевих технологій, що є критично важливим для ефективного функціонування локальної мережі підприємства «Valma».

1.3 Технологія Ethernet та стандарти передавання даних у локальних мережах

Технологія Ethernet є основою переважної більшості сучасних локальних комп'ютерних мереж і фактично стала міжнародним стандартом у сфері передавання даних у корпоративному середовищі. Саме Ethernet використовується при побудові офісних, промислових, серверних та кампусних мереж завдяки поєднанню високої швидкодії, масштабованості, стандартизованості обладнання та відносно невисокої вартості впровадження [8].

Перші версії Ethernet були розроблені компанією Xerox у 1970-х роках, а згодом технологія отримала стандартизацію в межах сімейства IEEE 802.3. Подальший розвиток Ethernet супроводжувався поступовим збільшенням швидкості передавання даних, переходом від коаксіального кабелю до витої пари та впровадженням комутаційних технологій. На сьогодні Ethernet підтримує широкий діапазон швидкостей — від 10 Мбіт/с до сотень Гбіт/с, однак для локальних мереж адміністративно-офісних підприємств найбільш поширеними залишаються Fast Ethernet, Gigabit Ethernet та 10 Gigabit Ethernet [9].

Основою роботи Ethernet є принцип пакетного передавання даних між мережевими вузлами. Інформація передається у вигляді Ethernet-кадрів, які містять службову інформацію, MAC-адреси відправника та отримувача, поле даних і контрольну суму. Така структура дозволяє забезпечити адресну передачу пакетів у межах локальної мережі та контроль цілісності інформації. У ранніх реалізаціях Ethernet використовувався механізм CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), який забезпечував виявлення колізій у спільному середовищі передавання даних. Однак із переходом до комутованих мереж та використанням топології «зірка» необхідність у CSMA/CD практично зникла, оскільки сучасні комутатори забезпечують окремий канал зв'язку для кожного пристрою [10].

У корпоративних локальних мережах сьогодні найбільш доцільним є застосування Gigabit Ethernet, який забезпечує швидкість передавання даних до

1 Гбіт/с. Такий стандарт забезпечує необхідний запас продуктивності та дозволяє підтримувати одночасну роботу великої кількості мережевих сервісів. Для порівняння основних стандартів Ethernet доцільно узагальнити їх характеристики у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні стандарти Ethernet

Стандарт Ethernet	Швидкість передавання	Тип кабелю	Максимальна довжина сегмента
Ethernet (10BASE-T)	10 Мбіт/с	UTP Cat.3	100 м
Fast Ethernet (100BASE-TX)	100 Мбіт/с	UTP Cat.5	100 м
Gigabit Ethernet (1000BASE-T)	1 Гбіт/с	UTP Cat.5e / Cat.6	100 м
10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T)	10 Гбіт/с	Cat.6a / Cat.7	до 100 м

Для магістральних сегментів мережі та серверних підключень дедалі частіше використовується 10 Gigabit Ethernet, особливо у випадках високого навантаження на мережеву інфраструктуру або використання централізованих файлових сховищ.

Під час побудови локальної мережі підприємства «Valma» доцільним є використання технології Gigabit Ethernet. Такий вибір пояснюється необхідністю забезпечення стабільної роботи офісних сервісів, можливістю масштабування мережі та підтримкою сучасного мережевого обладнання. Крім того, Gigabit Ethernet повністю сумісний із кабельною системою на базі U/UTP Cat.6, яка використовується у даному проєкті [12]. Окремо слід розглянути роль комутаторів у сучасних Ethernet-мережах. На відміну від концентраторів (hub), комутатори забезпечують адресне передавання кадрів лише до потрібного вузла мережі. Це дозволяє: зменшити кількість колізій; підвищити пропускну

здатність; забезпечити повнодуплексний режим роботи; реалізувати VLAN-сегментацію; покращити інформаційну безпеку мережі.

У сучасних корпоративних мережах Ethernet також тісно інтегрується з технологією PoE (Power over Ethernet), яка дозволяє передавати електроживлення разом із даними через кабель витой пари. Це особливо актуально для IP-телефонії, камер відеоспостереження та точок бездротового доступу. Використання PoE дозволяє зменшити кількість силових кабелів та спростити монтаж мережевої інфраструктури. Для наочного представлення структури Ethernet-мережі доцільно використати рисунок 1.2.

Структура локальної мережі Ethernet

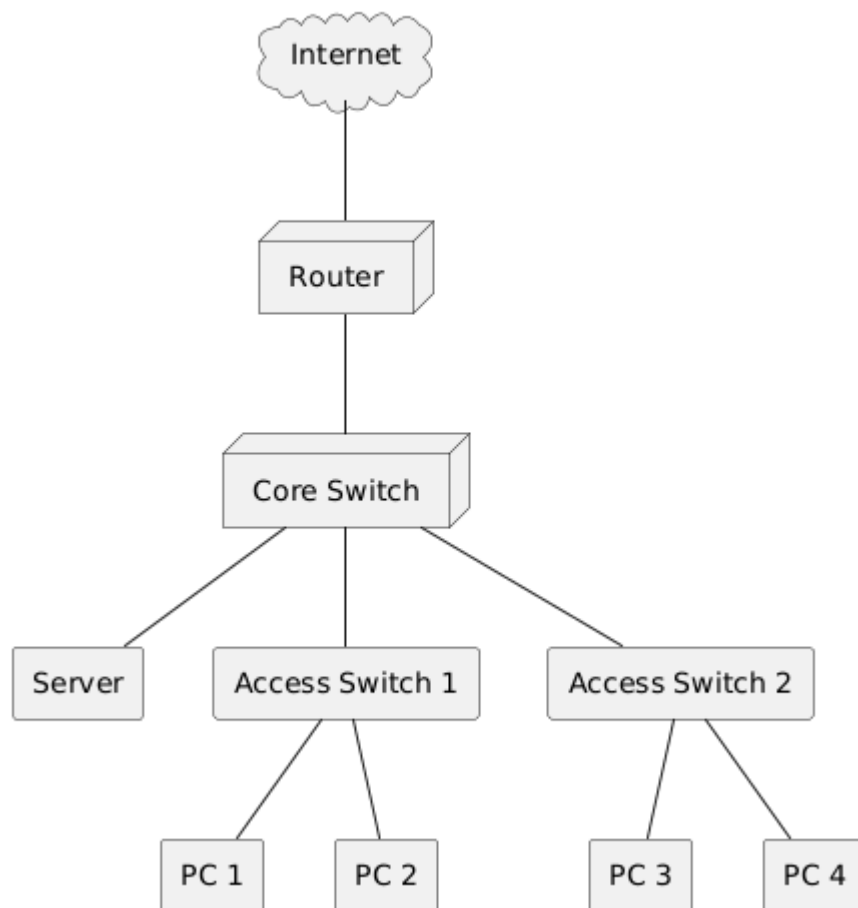


Рисунок 1.2 – Структура локальної мережі Ethernet

Під час проєктування локальної мережі підприємства «Valma» використання технології Ethernet дозволяє забезпечити високу швидкість

передавання даних, стандартизованість мережевої інфраструктури, підтримку сучасних мережевих сервісів та можливість подальшого розвитку системи без суттєвої реконструкції кабельної інфраструктури. Таким чином, технологія Ethernet є оптимальним рішенням для побудови локальної мережі адміністративно-офісного підприємства завдяки високій надійності, масштабованості, підтримці сучасних стандартів передавання даних та сумісності з технологіями структурованих кабельних систем.

1.4 Стандарти структурованих кабельних систем

Сучасна локальна комп'ютерна мережа підприємства є не лише сукупністю активного мережевого обладнання, а й комплексною кабельною інфраструктурою, яка повинна забезпечувати стабільне функціонування інформаційних сервісів упродовж тривалого часу. Саме тому під час проектування локальних мереж особливе значення мають стандарти структурованих кабельних систем (СКС), які регламентують принципи побудови кабельної інфраструктури будівель.

Структурована кабельна система являє собою стандартизовану універсальну кабельну інфраструктуру, призначену для передавання даних, телефонії, мультимедійних сервісів та інших інформаційних потоків у межах будівлі або комплексу споруд. На відміну від неструктурованих кабельних рішень, СКС забезпечує впорядкованість мережевої інфраструктури, спрощує адміністрування та дозволяє виконувати модернізацію мережі без повної заміни кабельної системи.

Основною особливістю структурованої кабельної системи є її незалежність від конкретного типу обладнання або мережевих сервісів. Одну й ту саму кабельну інфраструктуру можна використовувати для передачі комп'ютерного трафіку, IP-телефонії, систем відеоспостереження або бездротових точок доступу. Серед міжнародних стандартів СКС найбільш поширеними є:

1. ISO/IEC 11801;
2. EN 50173;

3. ANSI/TIA-568.

Стандарт ISO/IEC 11801 є міжнародним базовим стандартом структурованих кабельних систем та визначає загальні принципи побудови телекомунікаційної інфраструктури будівель. Він регламентує вимоги до компонентів СКС, параметрів кабельних ліній, категорій кабелю та методів організації мережевої інфраструктури.

Європейським аналогом ISO/IEC 11801 є стандарт EN 50173, який широко використовується під час проєктування локальних мереж у країнах Європи. Саме цей стандарт було обрано як основу для побудови структурованої кабельної системи підприємства «Valma». Стандарт EN 50173 визначає структуру кабельної системи, правила побудови горизонтальних і магістральних сегментів, вимоги до телекомунікаційних приміщень та допустимі параметри кабельних трас [2].

Американський стандарт ANSI/TIA-568 регламентує аналогічні вимоги для телекомунікаційної інфраструктури та використовується переважно у США. На практиці вимоги TIA-568 багато в чому співпадають із ISO/IEC 11801 та EN 50173.

Одним із головних принципів побудови СКС є ієрархічна структура кабельної системи. Відповідно до міжнародних стандартів структурована кабельна система поділяється на декілька функціональних підсистем: робоча область; горизонтальна підсистема; телекомунікаційне приміщення; магістральна підсистема; апаратна або серверна. Робоча область включає кінцеві абонентські точки — комп'ютери, IP-телефони, принтери та інші мережеві пристрої. Підключення обладнання до мережі виконується через телекомунікаційні розетки RJ-45 [5].

Під час проєктування локальної мережі підприємства «Valma» було обрано кабель категорії Cat.6. Такий вибір обумовлений підтримкою швидкостей до 1 Гбіт/с із перспективою переходу до 10 Gigabit Ethernet, нижчим рівнем перехресних завад та кращими характеристиками передавання сигналу порівняно з Cat.5e.

Для порівняння характеристик кабелів різних категорій доцільно використати таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Характеристики мідних кабелів витвої пари

Категорія кабелю	Максимальна швидкість	Робоча частота	Типове застосування
Cat.5e	1 Гбіт/с	100 МГц	Базові локальні мережі
Cat.6	1–10 Гбіт/с	250 МГц	Сучасні офісні мережі
Cat.6a	10 Гбіт/с	500 МГц	Магістральні сегменти
Cat.7	10 Гбіт/с і вище	600 МГц	Спеціалізовані мережі

Окрему увагу при побудові СКС приділяють організації кабельних трас. Відповідно до стандартів кабельні лінії повинні прокладатися у спеціальних кабельних каналах або лотках із дотриманням допустимого коефіцієнта заповнення. Надмірне ущільнення кабелів призводить до погіршення теплового режиму, збільшення електромагнітних завад та ускладнення монтажних робіт.

У сучасних корпоративних мережах також важливу роль відіграє правильна організація кабельного менеджменту. Використання патч-панелей, маркування кабельних ліній та організаторів кабелю значно спрощує експлуатацію мережі та дозволяє швидко виконувати модернізацію або ремонт окремих сегментів [11]. Для наочного представлення структури СКС доцільно використати рисунок 1.3.

Структура структурованої кабельної системи

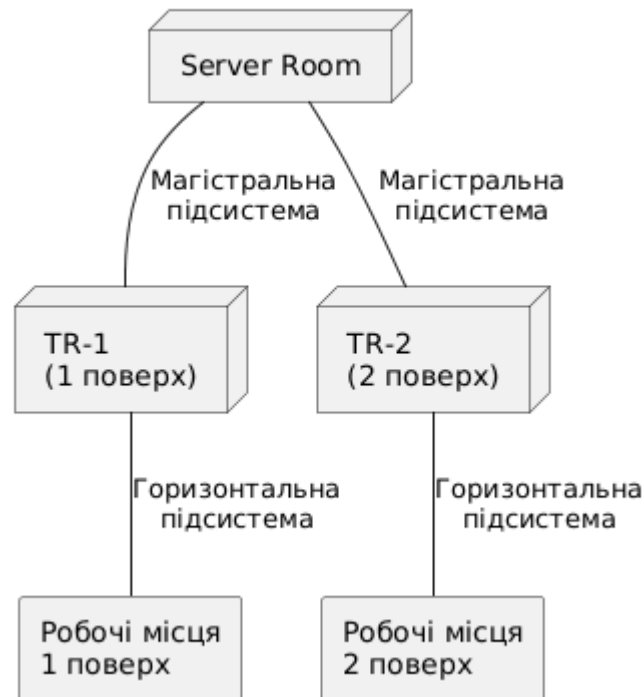


Рисунок 1.3 – Структура структурованої кабельної системи

Отже, стандарти структурованих кабельних систем є основою побудови сучасної локальної мережевої інфраструктури. Використання стандарту EN 50173 під час проєктування локальної мережі підприємства «Valma» дозволяє забезпечити стандартизованість кабельної системи, спростити подальшу модернізацію мережі, підвищити надійність роботи інфраструктури та забезпечити підтримку сучасних мережевих технологій.

1.5 Аналіз активного мережевого обладнання для локальних комп'ютерних мереж

Ефективність функціонування сучасної локальної комп'ютерної мережі значною мірою залежить не лише від якості кабельної інфраструктури, а й від правильного вибору активного мережевого обладнання. Саме активне обладнання забезпечує передавання, комутацію, маршрутизацію та обробку мережевого трафіку між вузлами локальної мережі та зовнішніми

інформаційними ресурсами. До основних елементів активного мережевого обладнання належать: маршрутизатори; комутатори; точки бездротового доступу; мережеві шлюзи; міжмережеві екрани; серверне обладнання [12].

У сучасних корпоративних мережах переважно використовуються керовані комутатори (managed switch), які підтримують: VLAN-сегментацію; QoS; моніторинг трафіку; керування портами; резервування; протоколи STP та RSTP; віддалене адміністрування. Некеровані комутатори сьогодні використовуються переважно у невеликих домашніх мережах або простих сегментах без вимог до адміністрування.

Залежно від функціонального призначення в мережі підприємства можуть використовуватись: комутатори доступу (Access Switch); магістральні комутатори (Core Switch); комутатори розподілу (Distribution Switch).

Комутатори доступу забезпечують підключення кінцевих пристроїв — робочих станцій, IP-телефонів та точок доступу Wi-Fi. Магістральні комутатори виконують централізовану комутацію трафіку між сегментами мережі та забезпечують взаємодію з маршрутизатором або серверною інфраструктурою. Для локальної мережі підприємства «Valma» найбільш доцільним є використання керованих гігабітних комутаторів із підтримкою VLAN та Gigabit Ethernet. Такий підхід дозволяє забезпечити достатню продуктивність мережі та можливість подальшого розширення інфраструктури [9].

Для офісних приміщень важливими характеристиками Wi-Fi обладнання є: площа покриття; кількість одночасних підключень; підтримка PoE; швидкість передавання даних; підтримка сучасних механізмів шифрування.

Для порівняння найбільш поширених виробників мережевого обладнання доцільно використати таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Порівняльна характеристика виробників мережевого обладнання

Виробник	Переваги	Недоліки	Типове застосування
Cisco	Висока надійність, широкий функціонал	Висока вартість	Корпоративні мережі
MikroTik	Функціональність, доступна ціна	Складніше адміністрування	Малі та середні мережі
Ubiquiti	Зручне керування, якісний Wi-Fi	Обмежений функціонал маршрутизації	Офісні Wi-Fi мережі
TP-Link Omada	Простота налаштування, невисока ціна	Менша гнучкість	Невеликі офісні мережі

Для мережі підприємства «Valma» доцільним є використання обладнання класу MikroTik та керованих гігабітних комутаторів із підтримкою VLAN і Gigabit Ethernet. Такий вибір забезпечує необхідний рівень продуктивності, підтримку сучасних мережевих технологій та можливість централізованого адміністрування локальної мережі [10].

Оскільки мережа підприємства включає 40 робочих місць, доцільним є використання окремого магістрального комутатора та комутаторів доступу для кожного поверху. Це дозволяє оптимізувати кабельну інфраструктуру та спростити організацію мережевих сегментів.

Для наочного представлення структури активного мережевого обладнання доцільно використати рисунок 1.4.

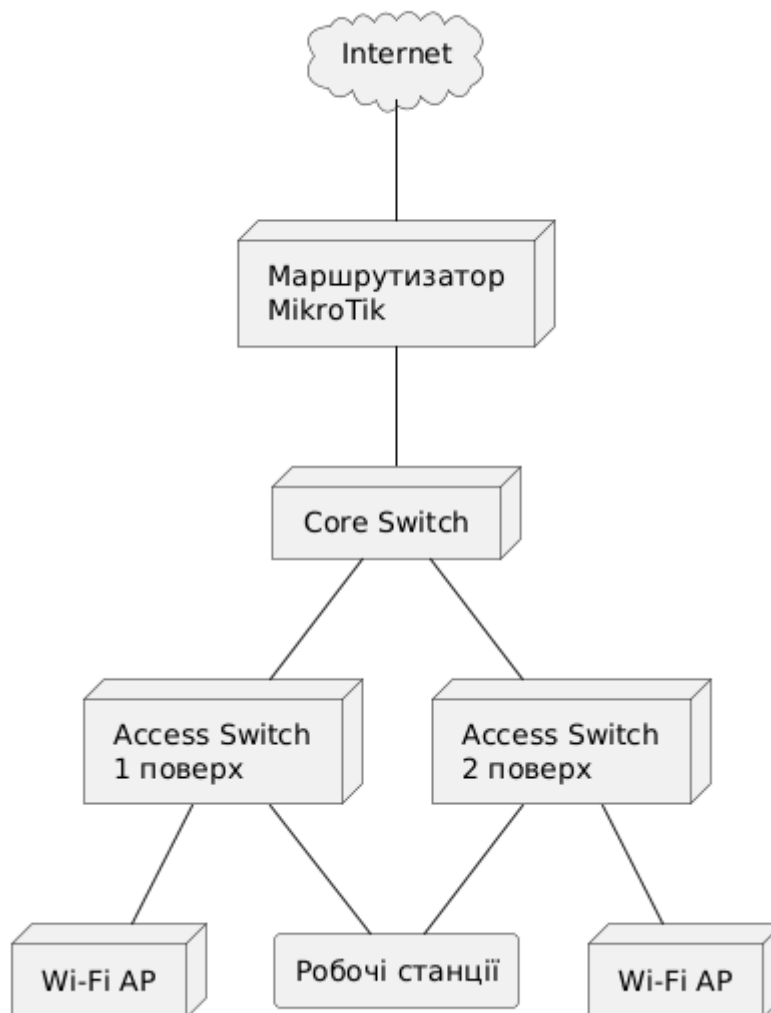
Структура активного мережевого обладнання

Рисунок 1.4 – Структура активного мережевого обладнання локальної мережі

Отже, правильний вибір активного мережевого обладнання є одним із ключових факторів побудови стабільної та масштабованої локальної мережі. Використання сучасних керованих комутаторів, маршрутизаторів із підтримкою VLAN та корпоративних точок бездротового доступу дозволяє забезпечити високу продуктивність, централізоване адміністрування та належний рівень інформаційної безпеки локальної мережі підприємства «Valma».

1.6 Аналіз сучасних засобів мережевої безпеки локальних комп'ютерних мереж

У сучасних умовах розвитку інформаційно-комунікаційних технологій питання мережевої безпеки є одним із ключових аспектів проєктування локальної комп'ютерної мережі підприємства. Навіть для невеликих офісних мереж ризики несанкціонованого доступу, втрати даних, вірусного зараження або порушення працездатності інформаційної інфраструктури можуть призвести до суттєвих фінансових та організаційних втрат.

Раніше локальні мережі підприємств здебільшого функціонували як ізольовані середовища з мінімальним виходом у глобальну мережу Internet. Сьогодні ситуація принципово змінилася: більшість корпоративних сервісів інтегруються із хмарними платформами, веб-застосунками, системами електронного документообігу та віддаленими сервісами [14]. Це значно підвищує кількість потенційних загроз для локальної мережі. Основними джерелами загроз для корпоративної мережі є: несанкціонований доступ до мережевих ресурсів; шкідливе програмне забезпечення; перехоплення мережевого трафіку; внутрішні помилки користувачів; DDoS-атаки; спроби отримання конфіденційної інформації; фізичне пошкодження обладнання або кабельної інфраструктури.

Для захисту бездротової мережі використовуються: WPA2/WPA3 шифрування; ізоляція клієнтів; окремі VLAN для гостьового доступу; приховування службових мереж; фільтрація пристроїв. На практиці найбільш доцільним є розділення корпоративного та гостьового Wi-Fi на окремі мережеві сегменти. Це дозволяє обмежити доступ сторонніх користувачів до внутрішніх ресурсів підприємства. Не менш важливим є питання фізичної безпеки мережевої інфраструктури [15]. Для забезпечення стабільної роботи локальної мережі необхідно: обмежити доступ до серверної та телекомунікаційних приміщень; використовувати комутаційні шафи; забезпечити резервне живлення

обладнання; організувати систему вентиляції; захистити кабельні траси від механічних пошкоджень. У таблиці 1.5 наведено основні засоби забезпечення мережевої безпеки локальної мережі.

Таблиця 1.5 – Основні засоби забезпечення мережевої безпеки

Засіб захисту	Призначення
Firewall	Фільтрація мережевого трафіку
VLAN	Сегментація мережі
ACL	Контроль доступу
WPA2/WPA3	Захист Wi-Fi мережі
UPS	Резервування живлення
Port Security	Обмеження підключення пристроїв
VPN	Захищений віддалений доступ

Для локальної мережі підприємства «Valma» доцільним є використання комплексного підходу до забезпечення мережевої безпеки. З огляду на структуру підприємства та кількість робочих місць, базовими засобами захисту повинні бути: сегментація мережі за допомогою VLAN; використання Firewall на маршрутизаторі; захист бездротової мережі WPA2/WPA3; централізоване адміністрування обладнання; резервне живлення активного обладнання; обмеження фізичного доступу до телекомунікаційних приміщень [12].

Такий підхід дозволяє забезпечити стабільне функціонування локальної мережі, зменшити ризик несанкціонованого доступу та підвищити загальний рівень інформаційної безпеки підприємства. Отже, сучасна мережева безпека є невід’ємною складовою проєктування локальної комп’ютерної мережі. Використання засобів сегментації, фільтрації трафіку, захисту бездротових мереж та резервування інфраструктури дозволяє забезпечити надійність

функціонування локальної мережі підприємства «Valma» та захистити інформаційні ресурси від внутрішніх і зовнішніх загроз.

2.ПРОЄКТУВАННЯ КАБЕЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ КАБЕЛЬНИХ КАНАЛІВ

2.1 Проєктування структурованої кабельної системи підприємства «Valma»

Структурована кабельна система є фізичною основою локальної комп'ютерної мережі та забезпечує взаємодію між усіма мережевими вузлами підприємства. Від правильності проєктування кабельної інфраструктури безпосередньо залежить стабільність роботи локальної мережі, якість передавання даних, можливість масштабування та зручність подальшого обслуговування системи.

Під час проєктування структурованої кабельної системи підприємства «Valma» основна увага приділялась забезпеченню: стандартизованої організації кабельної інфраструктури; відповідності вимогам EN 50173; підтримки Gigabit Ethernet; зручності обслуговування; перспективи подальшого розширення мережі; мінімізації довжини кабельних трас. У межах даного проєкту структурована кабельна система будується за ієрархічним принципом та включає: робочу область; горизонтальну підсистему; телекомунікаційні приміщення; магістральну підсистему; серверний сегмент. Робоча область включає кінцеві точки підключення користувачів — персональні комп'ютери, IP-телефони та інші мережеві пристрої. Для кожного робочого місця передбачається встановлення двох телекомунікаційних портів: RJ-45 для локальної мережі; RJ-11 для телефонії, який оснащується розетками за стандартами, проте окрему лінію було вирішено не проводити, через застарілість даної технології. Використання окремих портів дозволяє забезпечити універсальність структурованої кабельної системи та спростити подальшу модернізацію мережевої інфраструктури [16].

Горизонтальна підсистема є основною частиною СКС та забезпечує підключення робочих місць до телекомунікаційного приміщення поверху. У

межах проєкту горизонтальні кабельні лінії прокладаються від TR до абонентських розеток уздовж стін приміщень у кабельних каналах. Під час проєктування СКС було враховано обмеження максимальної довжини горизонтальної лінії відповідно до стандарту EN 50173. Максимальна довжина кабельного сегмента між телекомунікаційним приміщенням та робочим місцем не повинна перевищувати 90 м без урахування патч-кордів [17].

У межах локальної мережі підприємства «Valma» усі кабельні лінії мають значно меншу довжину, що забезпечує стабільність передавання даних та відповідність технічним вимогам Gigabit Ethernet. Для кожного поверху передбачається окреме телекомунікаційне приміщення TR, у якому розміщуються: комутатори доступу; патч-панелі; кабельні організатори; комутаційне обладнання. Використання окремих телекомунікаційних приміщень дозволяє суттєво спростити структуру кабельної інфраструктури та централізувати комутацію поверху. У межах телекомунікаційного приміщення кабелі горизонтальної підсистеми підключаються до патч-панелей. Далі за допомогою патч-кордів виконується підключення до комутаторів доступу.

Структурована кабельна система підприємства також передбачає резерв пропускної здатності та фізичний резерв кабельних каналів для можливого збільшення кількості робочих місць у майбутньому. Для узагальнення характеристик структурованої кабельної системи доцільно використати таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні параметри структурованої кабельної системи

Параметр	Значення
Тип СКС	Структурована кабельна система
Стандарт	EN 50173
Тип топології	Зірка
Тип кабелю	U/UTP Cat.6
Тип роз'ємів	RJ-45, RJ-11
Кількість робочих місць	40
Кількість кабельних ліній	80
Кількість TR	2

Для наочного представлення структури СКС доцільно використати рисунок 2.1.

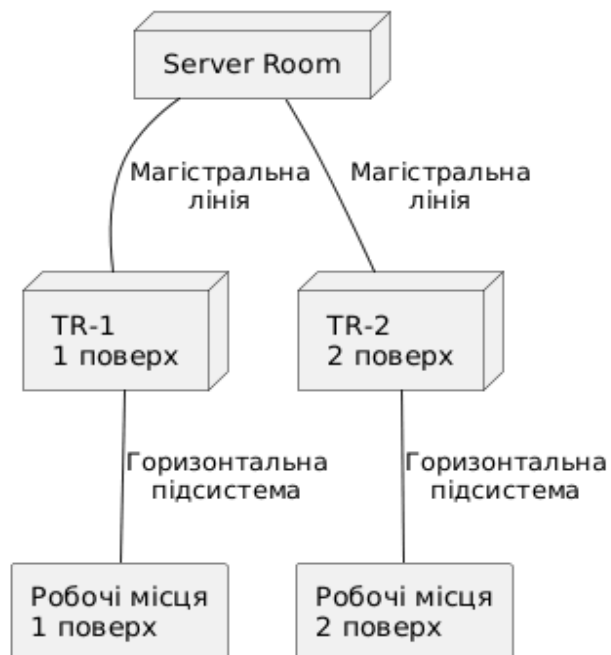
Структурована кабельна система "Valma"

Рисунок 2.1 – Структура структурованої кабельної системи підприємства «Valma»

2.2 Планування кабельних трас локальної мережі підприємства

Одним із найважливіших етапів побудови структурованої кабельної системи є планування кабельних трас. Саме правильна організація кабельної інфраструктури визначає зручність монтажу, подальшого обслуговування локальної мережі, рівень захищеності кабельних ліній та можливість модернізації мережевої інфраструктури у майбутньому [13]. Під час проєктування локальної мережі підприємства «Valma» основною вимогою до організації кабельних трас було забезпечення: мінімальної довжини кабельних ліній; зручності доступу до кабельної інфраструктури; захисту кабельних ліній від механічних пошкоджень; впорядкованості прокладання кабелів; відповідності стандарту EN 50173; резерву для подальшого масштабування мережі.

З огляду на особливості планування будівлі та розташування робочих приміщень було прийнято рішення про прокладання горизонтальних кабельних трас уздовж стін приміщень у пластикових кабельних каналах. Такий підхід дозволяє: спростити монтаж кабельної системи; забезпечити зручний доступ до кабелів; мінімізувати кількість перетинів кабельних ліній; захистити кабелі від зовнішніх пошкоджень; забезпечити естетичний вигляд офісних приміщень. Для кожного поверху кабельні траси організовуються від телекомунікаційного приміщення TR до відповідних робочих кімнат. Від магістрального кабельного каналу кабелі розподіляються безпосередньо до робочих місць уздовж стін приміщень [18].

Маркування кабельної інфраструктури значно спрощує: пошук потрібної кабельної лінії; адміністрування мережі; проведення ремонтних робіт; модернізацію СКС. Для локальної мережі підприємства «Valma» доцільно використовувати таку структуру маркування TR1-R2-W3, де:

TR1 — телекомунікаційне приміщення;

R2 — номер кімнати;

W3 — номер робочого місця.

У межах проєкту кабельні траси повинні забезпечувати не лише поточні потреби підприємства, а й перспективу інтеграції додаткових сервісів, зокрема: систем відеоспостереження; IP-телефонії; додаткових Wi-Fi точок доступу; систем контролю доступу. Саме тому при плануванні кабельної інфраструктури було передбачено резерв пропускної здатності та фізичного простору у кабельних каналах [17].

Для наочного представлення структури кабельних трас доцільно використати рисунок 2.2.



Рисунок 2.2 – Організація кабельних трас локальної мережі підприємства «Valma»

2.3 Розрахунок довжини кабельних ліній структурованої кабельної системи

Після визначення структури кабельних трас та організації телекомунікаційних приміщень наступним етапом проєктування є розрахунок довжини кабельних ліній локальної мережі. Таким чином, загальна кількість кабельних ліній становить 80. Для спрощення розрахунків було прийнято, що середня довжина кабельної лінії від телекомунікаційного приміщення до

робочого місця складає приблизно 18–22 м залежно від розташування кімнати та конфігурації кабельних трас.

Під час визначення довжини кабелю враховувався також технологічний запас, необхідний для: підключення кабелю до патч-панелей; організації кабельного менеджменту; монтажу телекомунікаційних розеток; можливого переміщення обладнання [19].

У практиці побудови структурованих кабельних систем технологічний запас зазвичай становить 5–10 % від розрахункової довжини кабельної лінії. Для розрахунку довжини горизонтальної кабельної системи використовується формула:

$$L = n \times l_s \times k,$$

де:

L — загальна довжина кабелю;

n — кількість кабельних ліній;

l_s — середня довжина однієї кабельної лінії;

k — коефіцієнт технологічного запасу.

Для локальної мережі підприємства «Valma»:

$$n = 80;$$

$$l_s = 20 \text{ м};$$

$$k = 1,1.$$

Підставивши значення у формулу, отримаємо:

$$L = 80 \times 20 \times 1,1 = 1760 \text{ м}.$$

Таким чином, загальна розрахункова довжина кабелю структурованої кабельної системи становить приблизно 1760 м. Окремо слід врахувати магістральні кабельні лінії між телекомунікаційними приміщеннями та центральним обладнанням мережі. Для магістрального сегмента передбачається використання додаткових кабельних ліній загальною довжиною приблизно 40–50 м. З урахуванням магістральної підсистеми повна довжина кабельної інфраструктури локальної мережі підприємства становитиме:

$$L_{\text{заг}} = 1760 + 50 = 1810 \text{ м.}$$

Для практичної реалізації проєкту доцільно передбачити резерв кабельної продукції [20]. Саме тому фактична закупівля кабелю повинна виконуватись із запасом приблизно 5–7 % від розрахункового значення. У межах даного проєкту доцільним є використання: 1900–2000 м кабелю U/UTP Cat.6; необхідної кількості патч-кордів; телекомунікаційних розеток; патч-панелей [19]. Під час розрахунку також було перевірено відповідність довжин кабельних сегментів вимогам стандарту EN 50173. Максимальна довжина горизонтального сегмента Ethernet не повинна перевищувати 90 м без урахування патч-кордів. Для узагальнення результатів розрахунку довжини кабельних ліній доцільно використати таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку довжини кабельних ліній

Параметр	Значення
Кількість кабельних ліній	80
Середня довжина лінії	20 м
Коефіцієнт запасу	1,1
Довжина горизонтальної підсистеми	1760 м
Довжина магістральних ліній	50 м
Загальна довжина кабелю	1810 м
Рекомендований запас	1900–2000 м

Для наочного представлення принципу розрахунку кабельних ліній доцільно використати рисунок 2.3.



Рисунок 2.3 – Принцип організації горизонтальних кабельних ліній

2.4 Розрахунок параметрів кабельних каналів та комутаційного обладнання

Під час проектування структурованої кабельної системи важливим етапом є визначення параметрів кабельних каналів та вибір елементів комутаційної інфраструктури. Правильний розрахунок кабельних каналів забезпечує впорядковане прокладання кабелів, спрощує монтаж та подальше обслуговування локальної мережі, а також дозволяє передбачити резерв для майбутнього розширення мережевої інфраструктури.

У межах локальної мережі підприємства «Valma» кабельна інфраструктура будується на основі горизонтальної структурованої кабельної системи із використанням кабелю U/UTP Cat.6. Загальна кількість кабельних ліній становить 80, що включає: 40 кабельних ліній локальної мережі RJ-45; 40 телефонних ліній RJ-11 [18]. Для організації кабельних трас використовуються пластикові кабельні канали прямокутного типу. Основними вимогами до кабельних каналів є: достатня місткість; можливість подальшого розширення; захист кабелів від механічних пошкоджень; зручність монтажу та обслуговування. Під час вибору параметрів кабельних каналів необхідно враховувати коефіцієнт заповнення. Відповідно до практики проектування структурованих кабельних систем рекомендується, щоб фактичне заповнення кабельного каналу не перевищувало 40–60 % його внутрішнього об'єму. Такий

підхід забезпечує: нормальний тепловий режим; можливість додавання нових кабелів; спрощення монтажу; зменшення ризику пошкодження кабелів.

Середній зовнішній діаметр кабелю U/UTP Cat.6 становить приблизно 6 мм. Для телефонного кабелю RJ-11, який оснащується розетками за стандартами, проте окрему лінію було вирішено не проводити, через застарілість даної технології, діаметр становить близько 4 мм. Під час розрахунку місткості кабельного каналу було враховано одночасне прокладання мережевих та телефонних кабелів у межах одного каналу [21]. Для оцінки необхідного внутрішнього перерізу кабельного каналу використовується формула:

$$S = (n \times s) / k,$$

де:

S — необхідна площа внутрішнього перерізу каналу;

n — кількість кабелів;

s — середня площа поперечного перерізу одного кабелю;

k — допустимий коефіцієнт заповнення.

Для локальної мережі підприємства «Valma» було прийнято:

– $n = 20$ кабелів у межах одного магістрального сегмента;

– $s \approx 30 \text{ мм}^2$;

– $k = 0,5$.

Після підстановки значень:

$$S = (20 \times 30) / 0,5 = 1200 \text{ мм}^2.$$

Таким чином, для магістральних кабельних трас доцільно використовувати кабельні канали з внутрішнім перерізом не менше 1200 мм^2 . На практиці для офісних приміщень підприємства «Valma» доцільним є використання кабельних коробів таких типорозмірів:

- $60 \times 40 \text{ мм}$ — для магістральних трас;
- $40 \times 25 \text{ мм}$ — для підведення до робочих місць.

Такі параметри забезпечують достатній резерв для подальшого розширення мережі. Окрему увагу під час проєктування було приділено

організації телекомунікаційних шаф та комутаційного обладнання. У межах кожного телекомунікаційного приміщення передбачається встановлення настінної або підлогової телекомунікаційної шафи стандарту 19" [22]. У межах телекомунікаційної шафи розміщуються: комутатор доступу; патч-панелі; кабельні організатори; джерело безперебійного живлення; допоміжне комутаційне обладнання. Для локальної мережі підприємства «Valma» доцільним є використання 24-портових патч-панелей категорії Cat.6. Патч-панелі забезпечують централізоване підключення горизонтальних кабельних ліній та спрощують адміністрування мережевої інфраструктури. Оскільки на кожному поверсі розташовано 20 робочих місць, кількість портів RJ-45 становить: $20 \times 1 = 20$ портів.

Таким чином, для кожного поверху достатньо однієї 24-портової патч-панелі із резервом вільних портів. Для телефонних ліній RJ-11 також передбачається використання окремих комутаційних елементів або інтегрованих модулів у межах телекомунікаційної шафи. Оснащується розетками за стандартами, проте окрему лінію було вирішено не проводити, через застарілість даної технології. Для узагальнення параметрів кабельних каналів та комутаційного обладнання доцільно використати таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні параметри кабельних каналів та комутаційного обладнання

Параметр	Значення
Тип кабельного каналу	Пластиковий короб
Магістральний канал	60×40 мм
Канал до робочих місць	40×25 мм
Тип патч-панелі	Cat.6
Кількість портів патч-панелі	24
Тип телекомунікаційної шафи	19"
Тип патч-кордів	Cat.6
Довжина патч-кордів	0,5–1 м

Для наочного представлення структури комутаційної шафи доцільно використати рисунок 2.4.

Телекомунікаційна шафа "Valma"

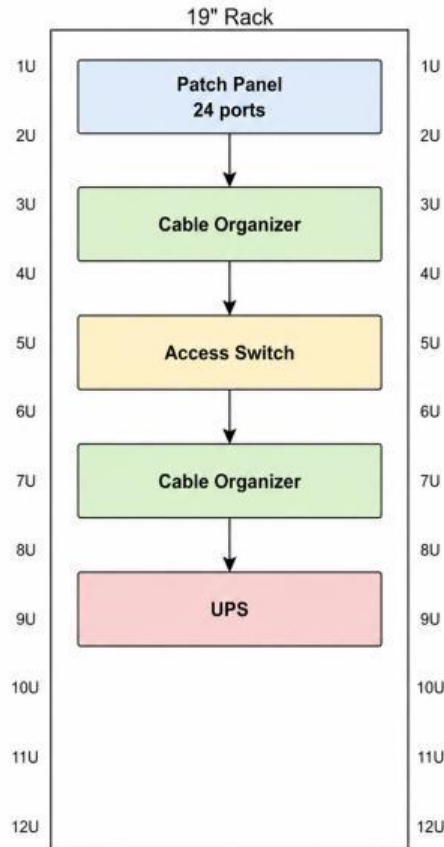


Рисунок 2.4 – Організація телекомунікаційної шафи локальної мережі

2.5 Організація телекомунікаційних приміщень та серверної інфраструктури

Важливою складовою структурованої кабельної системи сучасного підприємства є правильна організація телекомунікаційних приміщень та серверної інфраструктури. Саме у телекомунікаційних приміщеннях розміщується активне мережеве обладнання, елементи комутації, патч-панелі та допоміжні системи забезпечення працездатності локальної мережі. Під час проектування локальної мережі підприємства «Valma» було враховано, що централізоване розміщення мережевого обладнання дозволяє: спростити адміністрування мережі; підвищити надійність функціонування системи; забезпечити впорядкованість кабельної інфраструктури; полегшити модернізацію локальної мережі; забезпечити контроль фізичного доступу до обладнання. У межах проекту передбачається використання: серверного

приміщення; двох телекомунікаційних приміщень (TR) — по одному на кожному поверсі [23]. Серверне приміщення є центральним вузлом локальної мережі підприємства. У ньому розміщуються: маршрутизатор підприємства; магістральний комутатор; серверне обладнання; система резервного живлення; основні елементи магістральної комутації. Розташування центрального обладнання в окремому приміщенні дозволяє забезпечити належний рівень фізичної безпеки та стабільності роботи локальної мережі.

У межах локальної мережі підприємства «Valma» доцільним є використання настінних або підлогових телекомунікаційних шаф висотою 12–18U залежно від кількості обладнання. У телекомунікаційній шафі обладнання розташовується за таким принципом: у верхній частині — патч-панелі; нижче — кабельні організатори; центральна частина — комутатори; нижня частина — UPS. Такий підхід забезпечує: впорядкованість кабельної системи; ефективне охолодження обладнання; зручність монтажу та обслуговування. Для забезпечення стабільної роботи активного обладнання важливим є дотримання допустимого температурного режиму [14]. У серверному та телекомунікаційних приміщеннях необхідно підтримувати: температуру у межах 18–24 °C; допустимий рівень вологості; належну вентиляцію. Недотримання цих вимог може призвести до перегріву обладнання та зниження надійності функціонування локальної мережі. Для узагальнення параметрів телекомунікаційних приміщень доцільно використати таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Основні параметри телекомунікаційної інфраструктури

Параметр	Значення
Кількість TR	2
Наявність серверної	Так
Тип шаф	19" Rack
Висота шафи	12–18U
Тип комутаторів	Gigabit Managed Switch
Наявність UPS	Так
Тип патч-панелей	Cat.6
Система вентиляції	Пасивна / активна

Для наочного представлення структури телекомунікаційної інфраструктури доцільно використати рисунок 2.5.

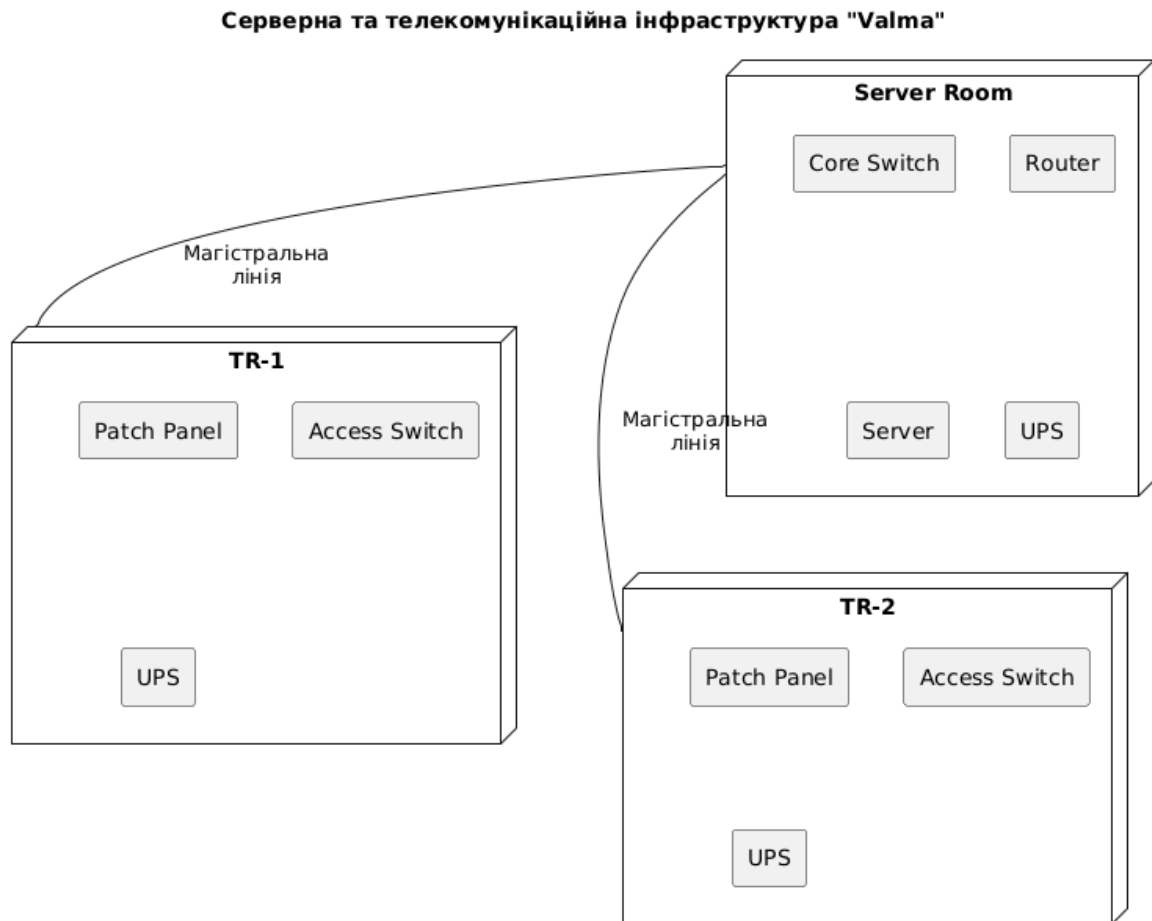


Рисунок 2.5 – Організація серверної та телекомунікаційних приміщень

2.6 Розрахунок кошторису локальної мережі підприємства «Valma»

Завершальним етапом проєктування локальної комп'ютерної мережі підприємства є визначення орієнтовної вартості реалізації мережевої інфраструктури. Розрахунок кошторису дозволяє оцінити економічну доцільність впровадження локальної мережі, визначити витрати на закупівлю обладнання та кабельної продукції, а також сформулювати загальне уявлення про вартість побудови структурованої кабельної системи [13]. Під час формування кошторису локальної мережі підприємства «Valma» було враховано: активне мережеве обладнання; кабельну продукцію; елементи структурованої кабельної системи; телекомунікаційні шафи; бездротову інфраструктуру; резервне живлення.

Розрахунок виконувався на основі середньоринкової вартості обладнання та матеріалів станом на момент проектування. Оскільки ціни на мережеве обладнання можуть змінюватися залежно від постачальника, курсу валют та конкретної моделі пристрою, наведений кошторис має орієнтовний характер. Основною статтею витрат у межах проєкту є активне мережеве обладнання, оскільки саме воно забезпечує функціонування локальної мережі, маршрутизацію трафіку та роботу мережевих сервісів. Для побудови локальної мережі підприємства «Valma» передбачається використання: маршрутизатора MikroTik; керованих гігабітних комутаторів; точок доступу Wi-Fi; джерел безперебійного живлення. Окрім активного обладнання значну частину витрат формує структурована кабельна система. У межах проєкту використовується кабель U/UTP Cat.6 загальною довжиною приблизно 1900–2000 м із урахуванням резерву для монтажу та подальшого масштабування мережі [25].

Також у кошторисі враховано: патч-панелі; телекомунікаційні розетки; патч-корди; кабельні канали; телекомунікаційні шафи; кабельні організатори. Для узагальнення витрат на реалізацію локальної мережі доцільно використати таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Орієнтовний кошторис локальної мережі підприємства «Valma»

Найменування	Кількість	Орієнтовна ціна за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
Маршрутизатор MikroTik RB4011	1	14500	14500
Core Switch Gigabit Managed	1	12000	12000
Access Switch 24-port Gigabit	2	8500	17000
Wi-Fi 6 Access Point	2	6000	12000
UPS 1500 VA	2	8500	17000
Кабель U/UTP Cat.6 (2000 м)	1 комплект	28000	28000
Patch Panel Cat.6 24-port	2	2500	5000
Телекомунікаційна шафа 19"	2	7000	14000
Кабельні канали та кріплення	1 комплект	9000	9000
RJ-45 / RJ-11 розетки	40	250	10000
Патч-корди Cat.6	50	180	9000
Кабельні організатори	4	700	2800

Загальна орієнтовна вартість локальної мережі становить:

$\Sigma = 150\,300$ грн. Отримане значення відображає орієнтовну вартість побудови локальної мережі без урахування монтажних робіт та можливих додаткових витрат, пов'язаних із модернізацією електроживлення або реконструкцією приміщень. Окремо слід зазначити, що використання структурованої кабельної

системи категорії Cat.6 та керованого мережевого обладнання дозволяє сформувати резерв для подальшого розвитку локальної мережі без необхідності повної заміни інфраструктури [22]. Саме тому більша початкова вартість реалізації проєкту є економічно обґрунтованою у довгостроковій перспективі. Таким чином, запропоноване рішення є не лише технічно ефективним, а й економічно доцільним для підприємства адміністративно-офісного типу. Для наочного представлення структури витрат доцільно використати рисунок 2.6.



Рисунок 2.6 – Основні складові вартості локальної мережі підприємства
«Valma»

Для централізованого розміщення активного мережевого обладнання в проєкті передбачено використання стандартної 19-дюймової телекомунікаційної шафи. Таке рішення забезпечує впорядковане розміщення мережевих пристроїв, зручність технічного обслуговування, ефективну організацію кабельної системи та можливість подальшого розширення мережевої інфраструктури, що показано нижче на рисунку 2.7.

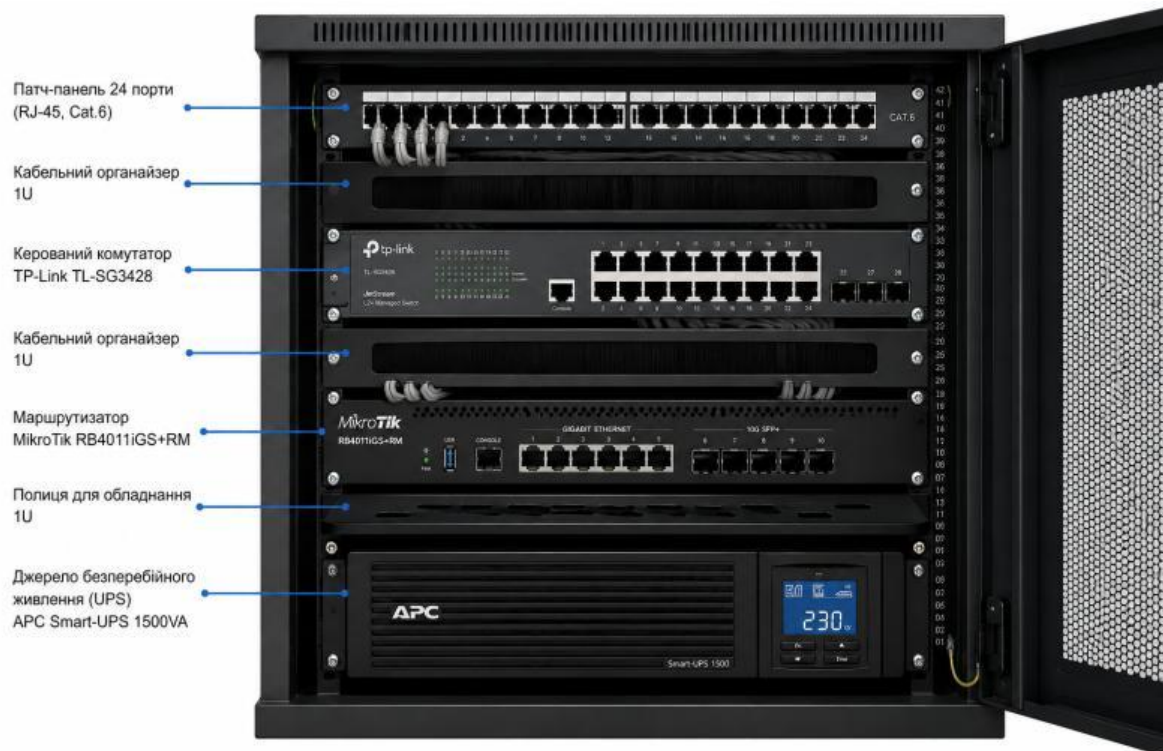


Рисунок 2.7 – Телекомунікаційна шафа із розміщенням активного мережевого обладнання підприємства «Valma»

3. РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА «VALMA» НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ETHERNET

3.1 Аналіз структури підприємства та планування робочих місць

Першим етапом проєктування локальної комп'ютерної мережі підприємства є аналіз структури об'єкта дослідження, особливостей планування приміщень та кількості робочих місць. Саме на основі цих даних визначаються вимоги до кабельної інфраструктури, активного мережевого обладнання, структури комутації та організації телекомунікаційних приміщень [26].

Об'єктом проєктування у межах даної кваліфікаційної роботи є адміністративно-офісна будівля підприємства «Valma», яка складається з двох поверхів. На кожному поверсі розташовано чотири робочі приміщення площею 50 м² кожне. Загальна кількість кімнат у будівлі становить вісім. Під час аналізу структури підприємства було прийнято, що кожне офісне приміщення містить п'ять повноцінних робочих місць. Таким чином, загальна кількість робочих місць у межах локальної мережі складає 40. Кожне робоче місце передбачає підключення: персонального комп'ютера до локальної мережі; IP-телефонії або телефонної лінії; доступу до мережевих ресурсів підприємства; доступу до мережі Internet.

Для забезпечення універсальності структурованої кабельної системи кожне робоче місце обладнується окремими абонентськими точками RJ-45 та RJ-11 [27]. Такий підхід дозволяє забезпечити одночасне підключення комп'ютерного обладнання та телефонії без необхідності подальшої модернізації кабельної інфраструктури. З урахуванням кількості робочих місць загальна кількість абонентських точок у межах локальної мережі підприємства становить: 40 портів RJ-45; 40 портів RJ-11, який оснащується розетками за стандартами, проте окрему лінію було вирішено не проводити, через застарілість даної технології.

Згідно з вимогами стандарту EN 50173 горизонтальні кабельні траси повинні прокладатися із дотриманням допустимих довжин сегментів та

мінімізацією кількості вигинів кабелю. Саме тому під час проєктування мережі підприємства «Valma» було обрано схему прокладання кабельних каналів уздовж стін приміщень. У межах кожного поверху кабельні траси організовані за принципом розподілу на ліве та праве крило будівлі. Від телекомунікаційного приміщення кабельні канали прокладаються до відповідних кімнат, після чого кабелі розподіляються до робочих місць уздовж стін приміщень [Додаток Б].

Для забезпечення стабільної роботи локальної мережі важливим є правильний розподіл навантаження між мережевими сегментами. З огляду на кількість робочих місць доцільним є використання окремих комутаторів доступу для кожного поверху із централізованим підключенням до магістрального комутатора мережі. У процесі аналізу також було враховано особливості сучасного офісного середовища. Окрім стаціонарних комп'ютерів локальна мережа повинна підтримувати: ноутбуки; мобільні пристрої; IP-телефонію; мережеві принтери; бездротовий доступ Wi-Fi.

Саме тому при проєктуванні мережі передбачається резерв пропускної здатності та можливість інтеграції бездротової інфраструктури без необхідності зміни структури кабельної системи. Для узагальнення параметрів об'єкта проєктування доцільно використати таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні параметри локальної мережі підприємства «Valma»

Параметр	Значення
Кількість поверхів	2
Кількість кімнат	8
Площа кімнати	50 м ²
Кількість робочих місць	40
Кількість RJ-45	40
Кількість RJ-11	40
Загальна кількість кабельних ліній	80
Тип топології	Зірка
Тип кабелю	U/UTP Cat.6

Для наочного представлення структури приміщень підприємства та організації робочих місць доцільно використати рисунок 3.1.



Рисунок 3.1 – Структура розміщення робочих приміщень підприємства «Valma»

Після визначення структури підприємства та кількості робочих місць наступним етапом проєктування є розробка логічної топології локальної комп'ютерної мережі. Саме логічна структура визначає принцип взаємодії мережевих вузлів, організацію комутації трафіку, сегментацію мережі та порядок підключення активного обладнання.

3.2 Розробка логічної топології локальної мережі підприємства

Під час розробки локальної мережі підприємства «Valma» основною вимогою було забезпечення стабільної роботи мережі, можливості централізованого адміністрування, підтримки сучасних сервісів та перспективи подальшого масштабування інфраструктури. З урахуванням цих вимог для мережі підприємства було обрано топологію «зірка» [28].

Використання топології «зірка» дозволяє організувати окреме підключення кожного робочого місця до комутаційного обладнання через індивідуальну кабельну лінію. Такий підхід значно спрощує адміністрування локальної мережі та забезпечує високу надійність функціонування мережевої інфраструктури. Логічна структура локальної мережі підприємства «Valma» складається з таких основних елементів:

1. маршрутизатор із функціями міжмережевого екрана;
2. магістральний комутатор мережі;
3. комутатори доступу поверхів;
4. серверний сегмент;
5. робочі станції користувачів;
6. точки бездротового доступу Wi-Fi.

У центрі локальної мережі розташований магістральний комутатор (Core Switch), який забезпечує взаємодію між усіма сегментами мережі та виконує функції централізованої комутації трафіку. До магістрального комутатора підключаються: маршрутизатор підприємства; комутатори доступу поверхів; серверне обладнання; мережеві сервіси підприємства [23].

Для кожного поверху передбачено окремий комутатор доступу, який розташовується у відповідному телекомунікаційному приміщенні TR. До комутаторів доступу підключаються робочі станції, IP-телефони та точки бездротового доступу. Для взаємодії локальної мережі з глобальною мережею

Internet використовується маршрутизатор, який виконує функції: маршрутизації мережевого трафіку; NAT; DHCP; Firewall; контролю доступу до мережі Internet.

Важливою складовою сучасної локальної мережі є сегментація трафіку за допомогою VLAN. Використання VLAN дозволяє логічно розділити мережу на окремі сегменти незалежно від фізичного розташування користувачів. Для мережі підприємства «Valma» доцільним є використання окремих VLAN для: адміністративного сегмента; бухгалтерії; загального офісного сегмента; гостьового Wi-Fi; IP-телефонії [29]. Це дозволяє забезпечити стабільну роботу корпоративних сервісів навіть у разі збільшення навантаження. Для узагальнення структури мережевих сегментів доцільно використати таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні сегменти локальної мережі підприємства «Valma»

Сегмент мережі	Призначення
Core Segment	Центральна комутація мережі
Access Segment	Підключення робочих місць
Server Segment	Робота серверних сервісів
Wi-Fi Segment	Бездротовий доступ
Guest Segment	Гостьовий доступ до Internet
VoIP Segment	IP-телефонія

Для наочного представлення логічної структури локальної мережі підприємства доцільно використати рисунок 3.2.

Логічна структура локальної мережі "Valma"

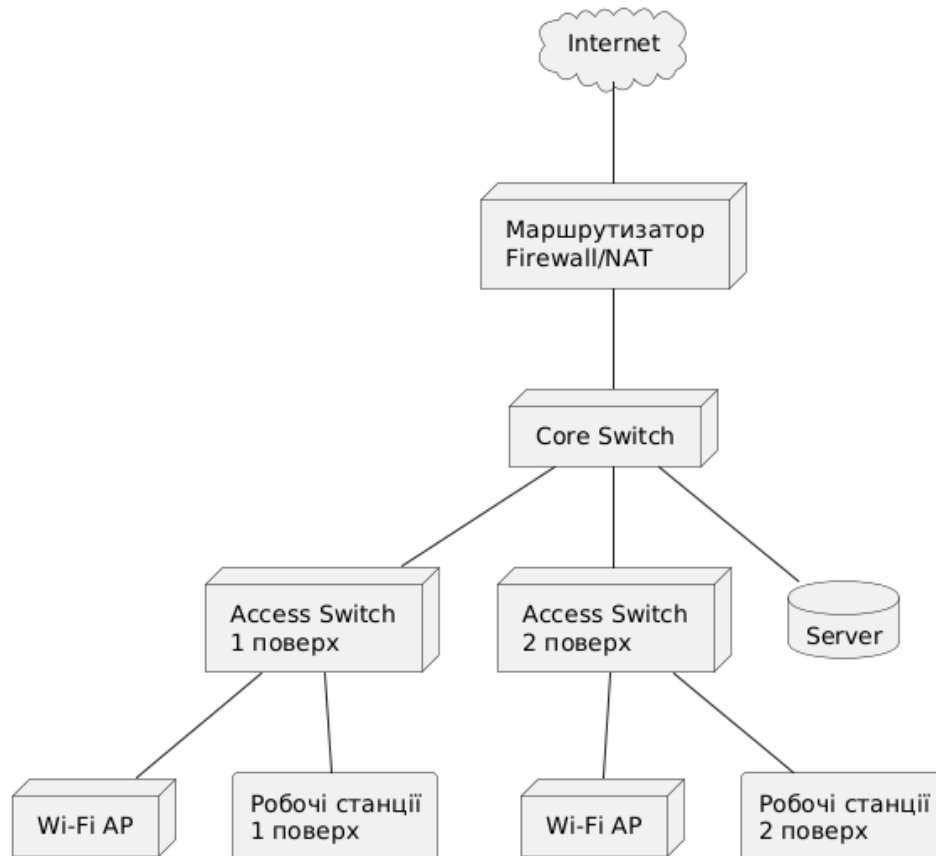


Рисунок 3.2 – Логічна структура локальної мережі підприємства «Valma»

3.3 Проектування VLAN та системи IP-адресації локальної мережі

Одним із ключових етапів побудови сучасної локальної комп'ютерної мережі є організація логічної сегментації мережевого трафіку та розробка системи IP-адресації. Для корпоративних мереж такий підхід дозволяє підвищити рівень інформаційної безпеки, оптимізувати навантаження на мережеву інфраструктуру та спростити адміністрування локальної мережі [12]. У сучасних локальних мережах логічна сегментація найчастіше реалізується за допомогою технології VLAN (Virtual Local Area Network). VLAN являє собою віртуальну локальну мережу, яка дозволяє логічно об'єднувати пристрої в окремі сегменти незалежно від їх фізичного розташування.

Використання VLAN дозволяє: розділяти мережевий трафік між підрозділами підприємства; ізолювати критичні сегменти мережі; підвищити

рівень інформаційної безпеки; зменшити широкомовний трафік; спростити централізоване адміністрування мережі. Для локальної мережі підприємства «Valma» використання VLAN є доцільним з огляду на кількість робочих місць, необхідність ізоляції окремих сервісів та перспективу подальшого розширення мережі [4].

Для локальної мережі підприємства «Valma» доцільним є використання приватного діапазону IP-адрес відповідно до RFC 1918. З огляду на кількість робочих місць та необхідність поділу мережі на декілька сегментів було обрано адресний простір 192.168.X.0/24. Кожен VLAN отримує окрему IP-підмережу, що забезпечує незалежність мережевих сегментів та спрощує маршрутизацію між ними. Структуру VLAN та IP-підмереж локальної мережі підприємства наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – VLAN та IP-адресація локальної мережі підприємства «Valma»

VLAN	Призначення	IP-підмережа	Кількість пристроїв
VLAN 10	Адміністрація	192.168.10.0/24	до 20
VLAN 20	Бухгалтерія	192.168.20.0/24	до 10
VLAN 30	Офісний сегмент	192.168.30.0/24	до 40
VLAN 40	Гостьовий Wi-Fi	192.168.40.0/24	до 30
VLAN 50	VoIP	192.168.50.0/24	до 40

Для маршрутизації між VLAN використовується маршрутизатор підприємства або комутатор третього рівня. У межах даного проєкту функції маршрутизації між VLAN доцільно покласти на маршрутизатор, який також виконує функції Firewall, NAT та DHCP-сервера. Для кожної VLAN передбачається окремий DHCP-пул адрес. Це дозволяє автоматизувати процес видачі IP-адрес користувачам та спростити адміністрування мережі. Окремо слід

зазначити, що для серверного обладнання, мережевих принтерів та активного мережевого обладнання доцільно використовувати статичні IP-адреси. Такий підхід забезпечує стабільність роботи сервісів та спрощує керування мережею [7]. Приклад розподілу статичних IP-адрес у мережі:

1. маршрутизатор — 192.168.10.1;
2. Core Switch — 192.168.10.2;
3. сервер — 192.168.10.10;
4. точки доступу Wi-Fi — 192.168.10.20–21.

Під час проєктування системи IP-адресації також було враховано резерв для подальшого розширення локальної мережі. Використання окремих /24 підмереж забезпечує достатню кількість адрес для підключення нових пристроїв без необхідності зміни структури адресного простору. Для наочного представлення структури VLAN локальної мережі доцільно використати рисунок 3.3 та на рисунку 3.4.

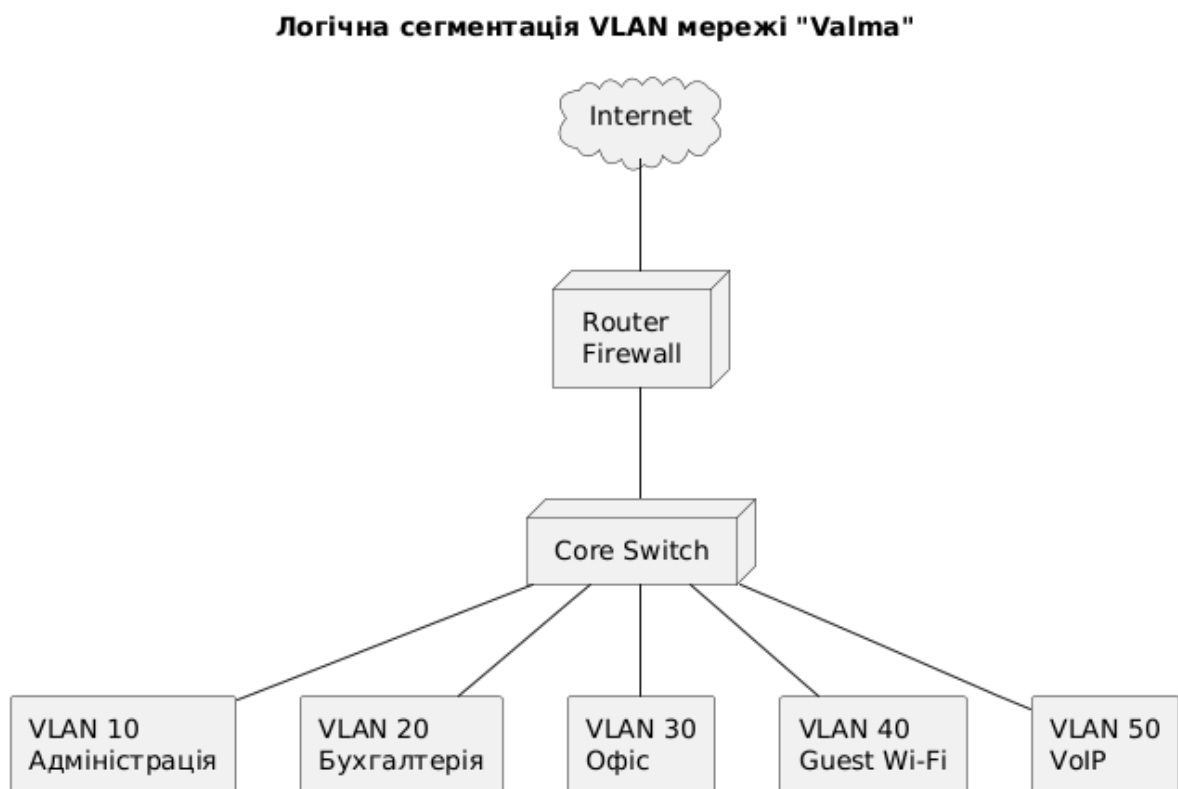


Рисунок 3.3 – Логічна сегментація локальної мережі за допомогою VLAN

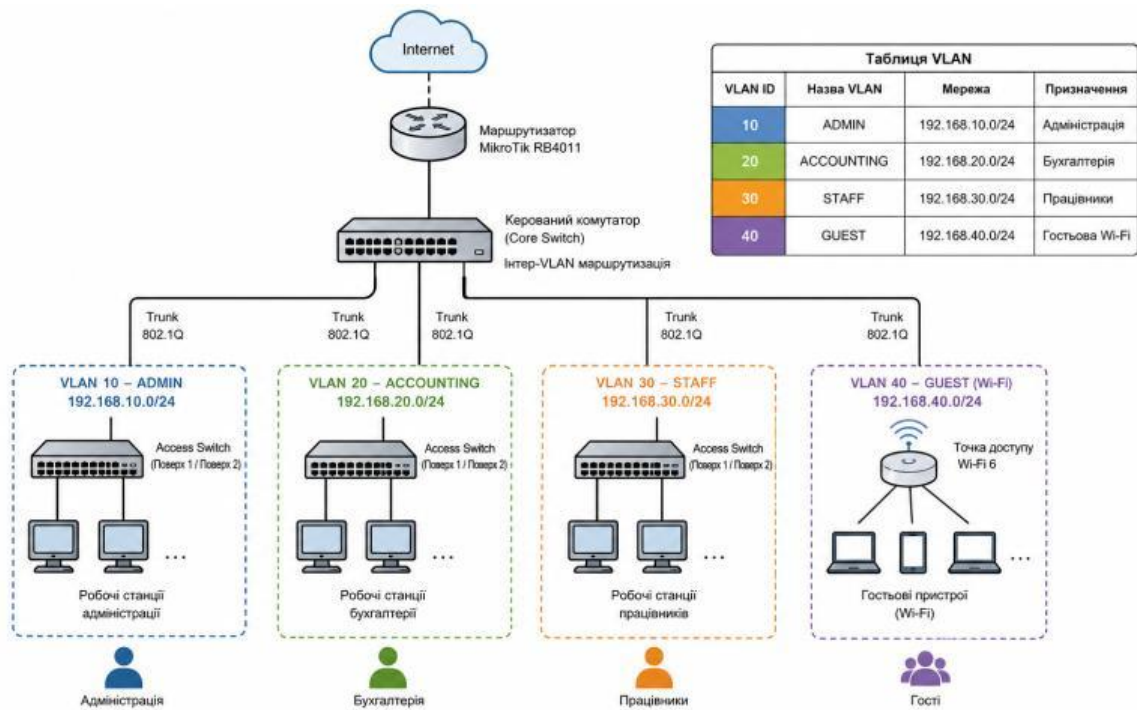


Рис. 3.4 Логічна схема сегментації локальної мережі підприємства «Valma» за допомогою VLAN

3.4 Вибір активного мережевого обладнання локальної мережі підприємства

Після формування логічної структури локальної мережі та системи VLAN наступним етапом проєктування є вибір активного мережевого обладнання. Саме активне обладнання забезпечує функціонування локальної мережі, комутацію трафіку, взаємодію між мережевими сегментами та доступ користувачів до інформаційних ресурсів підприємства. Під час вибору мережевого обладнання для підприємства «Valma» основна увага приділялась таким критеріям: продуктивність обладнання; підтримка Gigabit Ethernet; підтримка VLAN; можливість централізованого адміністрування; масштабованість; надійність роботи; відповідність бюджету проєкту [21].

Оскільки локальна мережа підприємства містить 40 робочих місць, а також передбачає використання бездротової інфраструктури та сегментації VLAN, використання некерованого обладнання є недоцільним. Саме тому у межах проєкту передбачається використання керованих гігабітних комутаторів та маршрутизатора корпоративного класу [22].

Центральним елементом мережі є маршрутизатор, який забезпечує взаємодію локальної мережі з мережею Internet та виконує функції маршрутизації між VLAN. Для реалізації цих функцій доцільним є використання маршрутизатора MikroTik RB4011. Для узагальнення обраного активного мережевого обладнання доцільно використати таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Активне мережеве обладнання локальної мережі підприємства «Valma»

Тип обладнання	Модель / клас	Призначення
Маршрутизатор	MikroTik RB4011	Маршрутизація, Firewall, DHCP
Core Switch	Gigabit Managed Switch	Центральна комутація
Access Switch	24-port Gigabit Managed Switch	Підключення робочих місць
Wi-Fi AP	Wi-Fi 6 Access Point	Бездротовий доступ
UPS	1000–1500 VA	Резервне живлення

Після вибору активного мережевого обладнання необхідно визначити місце його розміщення у межах будівлі підприємства. У даному проєкті основне мережеве обладнання розміщується у телекомунікаційному приміщенні TR-1 на першому поверсі, яке виконує функцію центрального вузла локальної мережі. Саме в цьому приміщенні передбачається встановлення маршрутизатора MikroTik RB4011, магістрального комутатора, патч-панелей, джерела безперебійного живлення та інших елементів комутаційної інфраструктури. Телекомунікаційне приміщення TR-2, розташоване на другому поверсі, використовується як поверховий розподільчий вузол. У ньому встановлюються комутатор доступу другого поверху, патч-панель та допоміжне комутаційне обладнання [28]. Такий підхід дозволяє зменшити довжину горизонтальних

кабельних ліній, забезпечити впорядковану організацію структурованої кабельної системи та спростити подальше технічне обслуговування мережі. Для реалізації проєкту було обрано сучасне мережеве обладнання, яке відповідає вимогам щодо продуктивності, надійності та можливості подальшого масштабування локальної мережі підприємства. Зовнішній вигляд основних мережевих пристроїв наведено на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Обране активне мережеве обладнання для побудови локальної мережі підприємства «Valma» (маршрутизатор MikroTik RB4011, керований гігабітний комутатор, точка доступу Wi-Fi 6 та джерело безперебійного живлення)

Представлене обладнання забезпечує реалізацію всіх функцій, передбачених проєктом локальної мережі, зокрема маршрутизацію мережевого трафіку, сегментацію VLAN, організацію бездротового доступу, централізовану комутацію та резервне живлення критично важливих елементів мережевої інфраструктури. Використання обладнання корпоративного класу також створює необхідний резерв для подальшого розвитку інформаційної інфраструктури підприємства [17]. Під час проєктування локальної мережі

важливим є також правильне розташування активного обладнання. Центральне обладнання мережі розміщується у серверному приміщенні, тоді як комутатори доступу встановлюються у телекомунікаційних приміщеннях поверхів. Для наочного представлення структури підключення активного обладнання доцільно використати рисунок 3.6.

Структура активного мережевого обладнання "Valma"

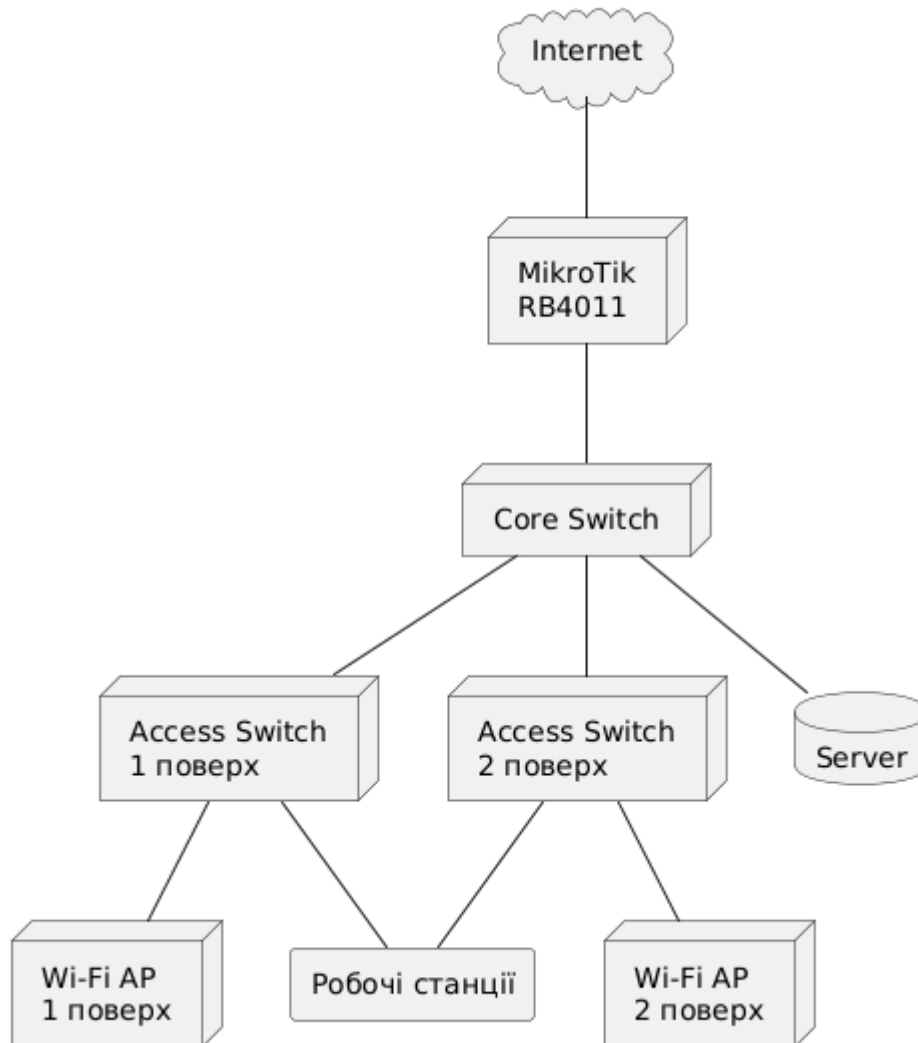


Рисунок 3.6 – Структура підключення активного мережевого обладнання

3.5 Проектування бездротової мережі та організація Wi-Fi інфраструктури

У сучасному офісному середовищі бездротовий доступ до мережі є невід’ємною складовою локальної комп’ютерної інфраструктури. Навіть за

наявності повноцінної кабельної системи більшість підприємств використовують Wi-Fi для підключення ноутбуків, мобільних пристроїв, гостей користувачів та допоміжного обладнання. Саме тому під час проектування локальної мережі підприємства «Valma» було передбачено інтеграцію бездротового сегмента у загальну структуру мережевої інфраструктури.

Основною вимогою до Wi-Fi мережі підприємства є забезпечення стабільного покриття офісних приміщень, підтримка одночасної роботи декількох десятків пристроїв та інтеграція із системою VLAN локальної мережі. Під час проектування бездротової інфраструктури було враховано: площу приміщень; кількість користувачів; особливості планування поверхів; можливі перешкоди для поширення сигналу; перспективу подальшого збільшення навантаження на мережу [29].

Загальна площа офісних приміщень підприємства складає приблизно 400 м². З урахуванням конструкції будівлі та кількості робочих кімнат доцільним є використання двох корпоративних точок доступу Wi-Fi — по одній на кожному поверсі. Такий підхід дозволяє: забезпечити стабільний рівень сигналу; зменшити навантаження на окрему точку доступу; спростити адміністрування бездротової мережі; мінімізувати «мертві зони» покриття. Для реалізації бездротової інфраструктури доцільним є використання точок доступу класу Wi-Fi 6. Порівняно з попередніми поколіннями Wi-Fi даний стандарт забезпечує: вищу швидкість передавання даних; кращу роботу при великій кількості підключених пристроїв; нижчі затримки; ефективніше використання радіоканалу; підвищену енергоефективність.

Важливою особливістю сучасної корпоративної Wi-Fi інфраструктури є підтримка двох частотних діапазонів: 2,4 ГГц; 5 ГГц. Діапазон 2,4 ГГц характеризується більшою дальністю поширення сигналу, однак має нижчу швидкість передавання даних та більш схильний до перешкод. Діапазон 5 ГГц забезпечує значно вищу швидкість роботи та менший рівень завад, проте має менший радіус покриття [30].

Під час вибору місць встановлення Wi-Fi обладнання було враховано необхідність рівномірного покриття приміщень. Точки доступу доцільно розміщувати ближче до центральної частини поверху та на достатній висоті для забезпечення оптимального поширення радіосигналу. У межах даного проєкту бездротова мережа інтегрується у загальну структуру локальної мережі через комутатори доступу [26]. Такий підхід дозволяє централізовано адмініструвати Wi-Fi інфраструктуру та реалізувати сегментацію трафіку за допомогою VLAN. Для узагальнення параметрів Wi-Fi інфраструктури доцільно використати таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Основні параметри Wi-Fi інфраструктури підприємства «Valma»

Параметр	Значення
Кількість точок доступу	2
Стандарт Wi-Fi	Wi-Fi 6
Частотні діапазони	2,4 ГГц / 5 ГГц
Тип захисту	WPA2/WPA3
Тип підключення	PoE
Наявність Guest Wi-Fi	Так
VLAN для Guest Wi-Fi	VLAN 40

Для наочного представлення структури бездротової інфраструктури доцільно використати рисунок 3.7.

Структура Wi-Fi інфраструктури "Valma"

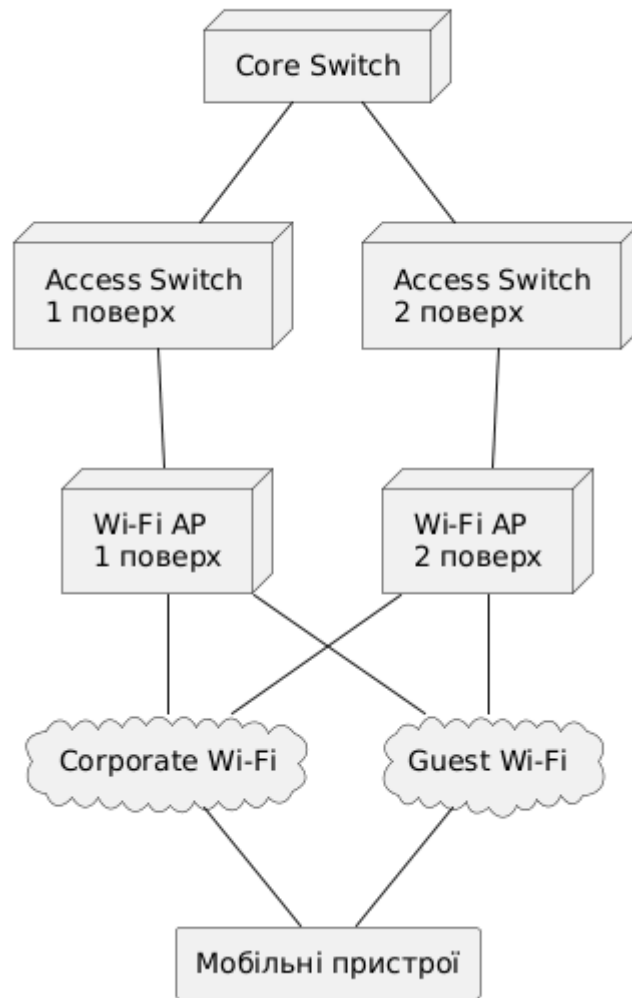


Рисунок 3.7 – Структура бездротової мережі підприємства «Valma»

Отже, розроблена Wi-Fi інфраструктура забезпечує стабільний бездротовий доступ до мережі в межах підприємства «Valma», підтримку сучасних стандартів бездротового зв'язку та інтеграцію із загальною структурою локальної мережі. Використання VLAN-сегментації, WPA2/WPA3 та окремого гостьового сегмента дозволяє забезпечити належний рівень інформаційної безпеки та централізованого адміністрування бездротової мережі. Для забезпечення стабільного бездротового доступу до локальної мережі підприємства передбачено встановлення двох точок доступу стандарту IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6). Їх розташування вибрано таким чином, щоб забезпечити повне покриття робочих приміщень першого та другого поверхів із мінімальним

перекриттям зон дії сигналу. Схему розміщення точок доступу та орієнтовні зони покриття наведено на рисунку 3.8.

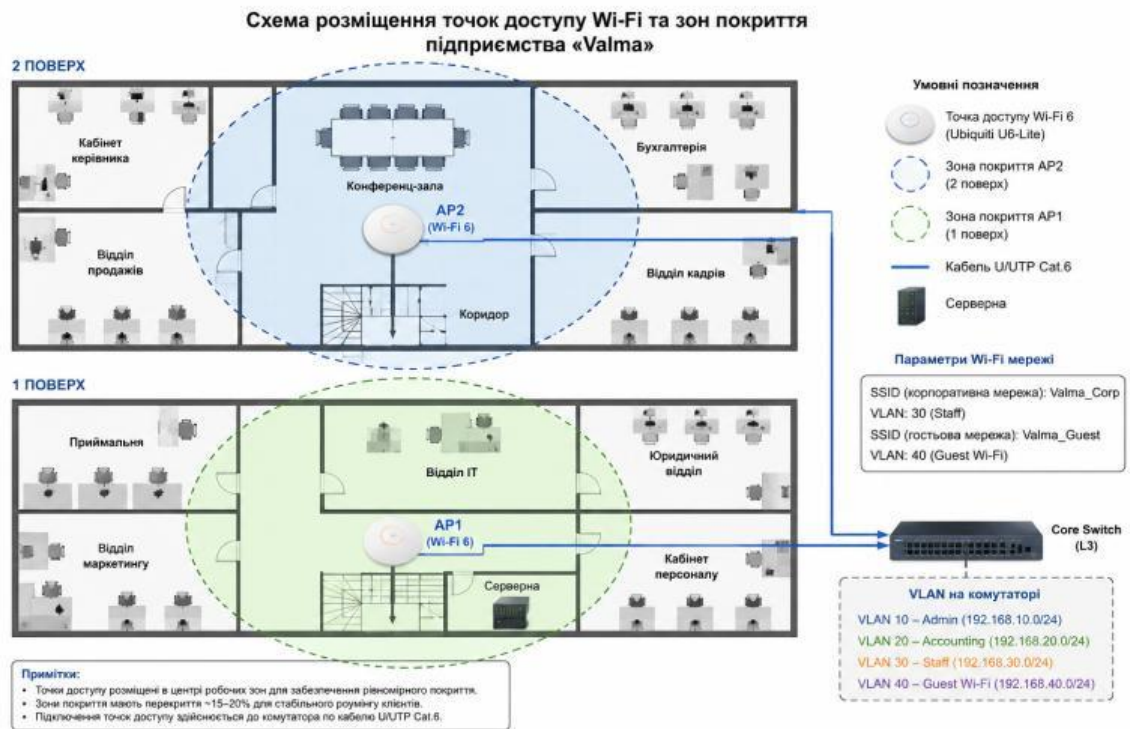


Рис. 3.8 Схема розміщення точок доступу Wi-Fi та зон покриття локальної мережі підприємства «Valma»

3.6 Забезпечення інформаційної безпеки локальної мережі підприємства

Під час проєктування сучасної локальної комп'ютерної мережі питання інформаційної безпеки є одним із ключових аспектів побудови мережевої інфраструктури. Навіть для невеликих адміністративно-офісних підприємств порушення працездатності мережі або несанкціонований доступ до корпоративних ресурсів можуть призвести до втрати важливої інформації, фінансових збитків та порушення роботи підприємства [20].

Важливим елементом захисту є сегментація локальної мережі за допомогою VLAN. У межах мережі підприємства «Valma» окремо ізолюються: адміністративний сегмент; бухгалтерський сегмент; гостьовий Wi-Fi; сегмент IP-телефонії. Такий підхід дозволяє мінімізувати ризик поширення загроз між різними групами користувачів та забезпечує додатковий рівень логічної ізоляції

мережі. Особливу увагу було приділено захисту бездротової мережі. Wi-Fi сегмент є одним із найбільш уразливих компонентів локальної інфраструктури, оскільки радіосигнал поширюється за межі приміщення підприємства.

Для забезпечення безпеки бездротової мережі передбачається: використання WPA2/WPA3; парольна автентифікація; окремий VLAN для Guest Wi-Fi; обмеження доступу гостей користувачів до внутрішніх ресурсів підприємства. Гостьова мережа використовується виключно для доступу до мережі Internet та не має взаємодії з корпоративним сегментом локальної мережі. Це дозволяє суттєво підвищити загальний рівень інформаційної безпеки [19]. Окрему роль у забезпеченні безпеки відіграє контроль доступу до активного мережевого обладнання. Для цього передбачається: використання складних паролів адміністрування; обмеження доступу до конфігурацій обладнання; централізоване адміністрування;
– резервне копіювання конфігурацій.

Для фізичного захисту мережевої інфраструктури передбачається обмеження доступу до серверного та телекомунікаційних приміщень. Активне обладнання розміщується у комутаційних шафах, що дозволяє: захистити обладнання від механічних пошкоджень; спростити організацію кабельної системи; забезпечити контроль фізичного доступу. Під час проєктування мережі також враховано необхідність моніторингу стану обладнання та навантаження мережі. Використання систем моніторингу дозволяє оперативно виявляти: перевантаження мережі; нестабільність каналів зв'язку; спроби несанкціонованого доступу; відмови мережевого обладнання [29]. Для узагальнення основних засобів захисту локальної мережі доцільно використати таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Основні засоби забезпечення інформаційної безпеки локальної мережі

Засіб захисту	Призначення
Firewall	Фільтрація та контроль мережевого трафіку
VLAN	Логічна сегментація мережі
WPA2/WPA3	Захист Wi-Fi мережі
Port Security	Контроль підключення пристроїв
UPS	Резервування електроживлення
ACL	Обмеження доступу до ресурсів
Васкуп конфігурацій	Відновлення мережевого обладнання

Для наочного представлення структури захисту локальної мережі доцільно використати рисунок 3.9.

Система захисту локальної мережі "Valma"

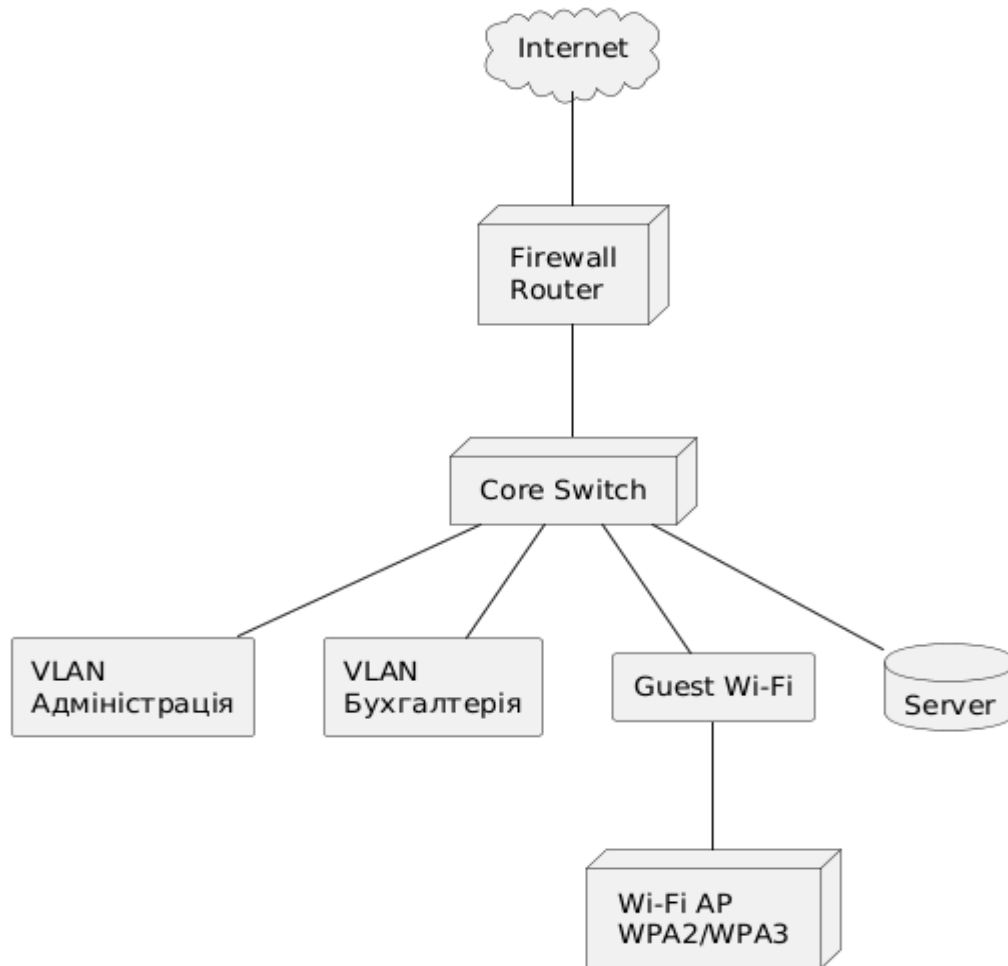


Рисунок 3.9 – Основні елементи системи захисту локальної мережі

3.7 Моделювання локальної мережі підприємства у середовищі Cisco Packet Tracer

Завершальним етапом проєктування локальної комп'ютерної мережі підприємства «Valma» є моделювання розробленої мережевої інфраструктури у спеціалізованому програмному середовищі. Використання систем мережевого моделювання дозволяє перевірити працездатність розробленої структури мережі, оцінити коректність логічної взаємодії між сегментами та підтвердити можливість реалізації проєктних рішень на практиці. Для моделювання локальної мережі у межах даної кваліфікаційної роботи було використано програмне середовище Cisco Packet Tracer. Даний програмний комплекс широко застосовується для проєктування, тестування та аналізу локальних

комп'ютерних мереж завдяки підтримці великої кількості мережевих пристроїв, VLAN, маршрутизації, DHCP, Wi-Fi та інших сучасних мережевих технологій [28].

Основною метою моделювання є: перевірка працездатності локальної мережі; тестування взаємодії між VLAN; перевірка доступу до мережі Internet; аналіз логічної структури мережі; оцінка можливості масштабування інфраструктури. Під час моделювання локальної мережі підприємства «Valma» у Cisco Packet Tracer було реалізовано такі елементи мережевої інфраструктури: маршрутизатор; магістральний комутатор; комутатори доступу; робочі станції; серверний сегмент; точки бездротового доступу; VLAN-сегментацію; DHCP-службу. У моделі мережі реалізовано логічний поділ трафіку відповідно до структури VLAN, розробленої у попередньому підрозділі. Для кожного логічного сегмента створено окрему VLAN та відповідну IP-підмережу.

Таким чином, модель локальної мережі підприємства «Valma» підтверджує масштабованість та гнучкість розробленої інфраструктури. Для узагальнення результатів тестування мережі доцільно використати таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати тестування локальної мережі у Cisco Packet Tracer

Тестування	Результат
Доступність між VLAN	Успішно
Робота DHCP	Успішно
Доступ до Internet	Успішно
Робота Wi-Fi	Успішно
Ізоляція Guest VLAN	Успішно
Передавання даних між ПК	Успішно

Для наочного представлення моделі локальної мережі доцільно використати рисунок 3.10.

Модель локальної мережі "Valma"

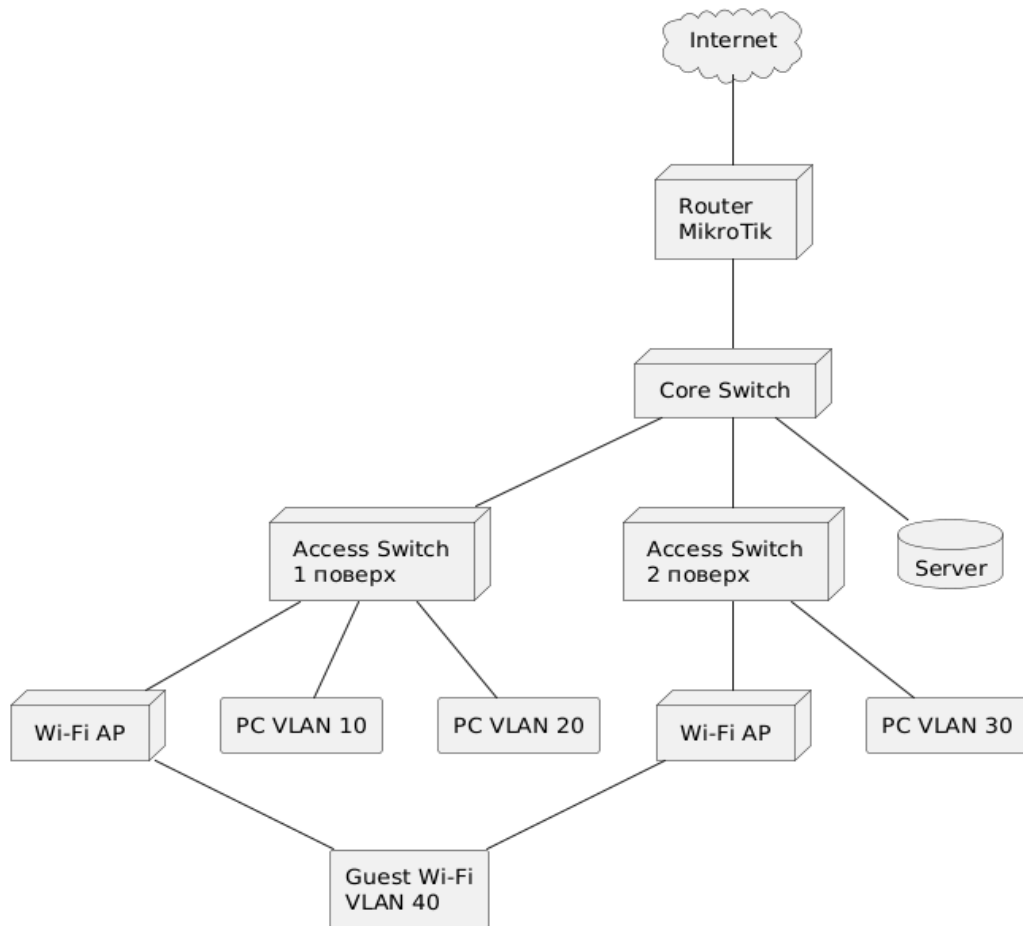


Рисунок 3.10 – Модель локальної мережі підприємства «Valma» у Cisco Packet Tracer

У результаті моделювання було підтверджено працездатність розробленої локальної мережі підприємства «Valma», коректність сегментації VLAN, стабільність маршрутизації та відповідність структури мережі поставленим вимогам. Використання Cisco Packet Tracer дозволило перевірити функціонування мережевої інфраструктури ще на етапі проєктування та підтвердити можливість практичної реалізації розроблених рішень [26].

Для перевірки працездатності запропонованої мережевої інфраструктури було виконано моделювання локальної мережі підприємства «Valma» у середовищі Cisco Packet Tracer. Модель включає маршрутизатор, магістральний та комутатори доступу, серверне обладнання, точки бездротового доступу та робочі станції. За допомогою моделювання було перевірено коректність логічної

топології, взаємодію мережевих пристроїв та можливість подальшого налаштування VLAN і служб мережі, що показано на рисунку 3.11 нижче:

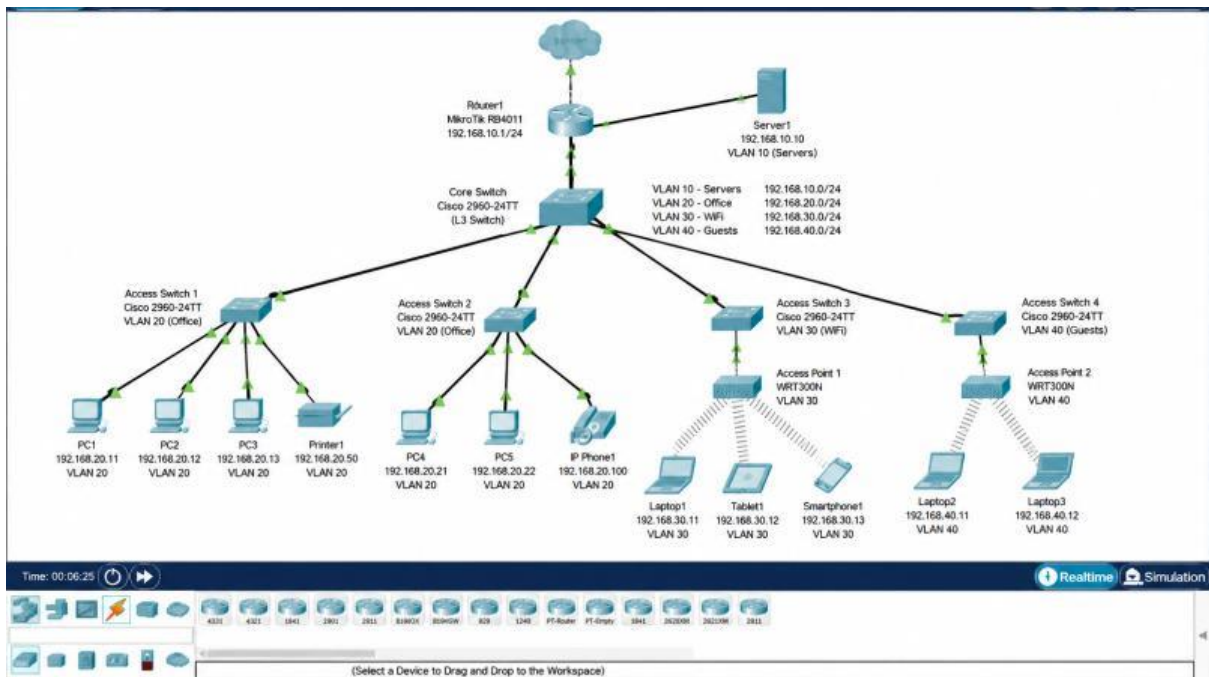


Рисунок 3.11 – Мережа Cisco Packet Tracer

3.8 Розробка програмного засобу моніторингу локальної мережі

У процесі експлуатації локальної комп'ютерної мережі важливу роль відіграє постійний контроль стану мережевої інфраструктури. Навіть у межах невеликої корпоративної мережі адміністратор повинен оперативно отримувати інформацію про доступність вузлів, стабільність мережевих сервісів та можливі проблеми із підключенням обладнання [30].

Саме тому у межах даної кваліфікаційної роботи було розроблено програмний засіб моніторингу локальної мережі підприємства «Valma». Основним призначенням системи є перевірка доступності мережевих вузлів та централізований контроль стану мережевої інфраструктури.

Під час розробки програмного засобу використовувались сучасні підходи до побудови модульних програмних систем. Архітектура розробки базується на топогеро-підході із використанням окремих модулів серверної логіки, маршрутизації та сервісів моніторингу. У межах програмної системи реалізовано:

1. серверний модуль моніторингу;
2. систему маршрутизації API-запитів;
3. окремі модулі перевірки мережевих вузлів;
4. механізм централізованого адміністрування;
5. підтримку масштабування системи.

Для реалізації програмного засобу було використано мову програмування TypeScript та платформу Node.js. Вибір даних технологій пояснюється їх високою продуктивністю, підтримкою асинхронної обробки запитів та широкими можливостями для побудови мережевих сервісів [20].

Окрему увагу під час розробки було приділено модульності архітектури. У межах проєкту програмна система організована у вигляді окремих функціональних компонентів, що спрощує подальше масштабування та модернізацію системи моніторингу. Структура розробки включає: серверний API-модуль; модулі мережевого моніторингу; систему маршрутизації; допоміжні сервіси; конфігураційні модулі, що яскраво видно на рисунку 3.12 нижче:

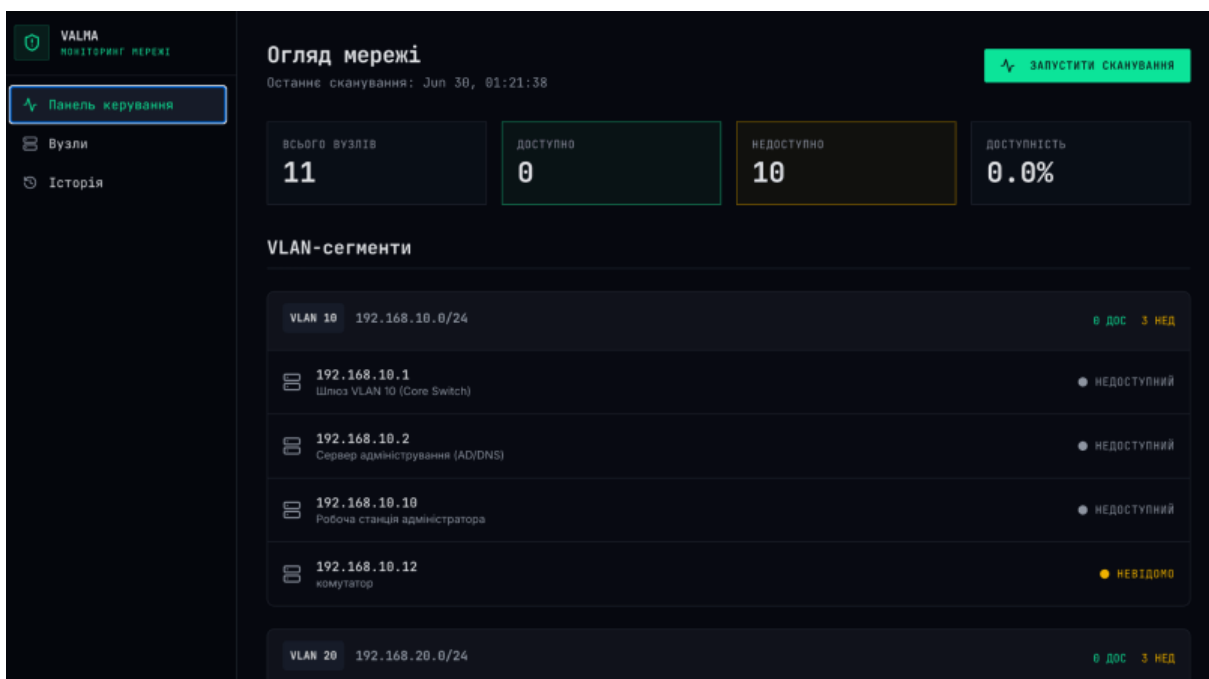
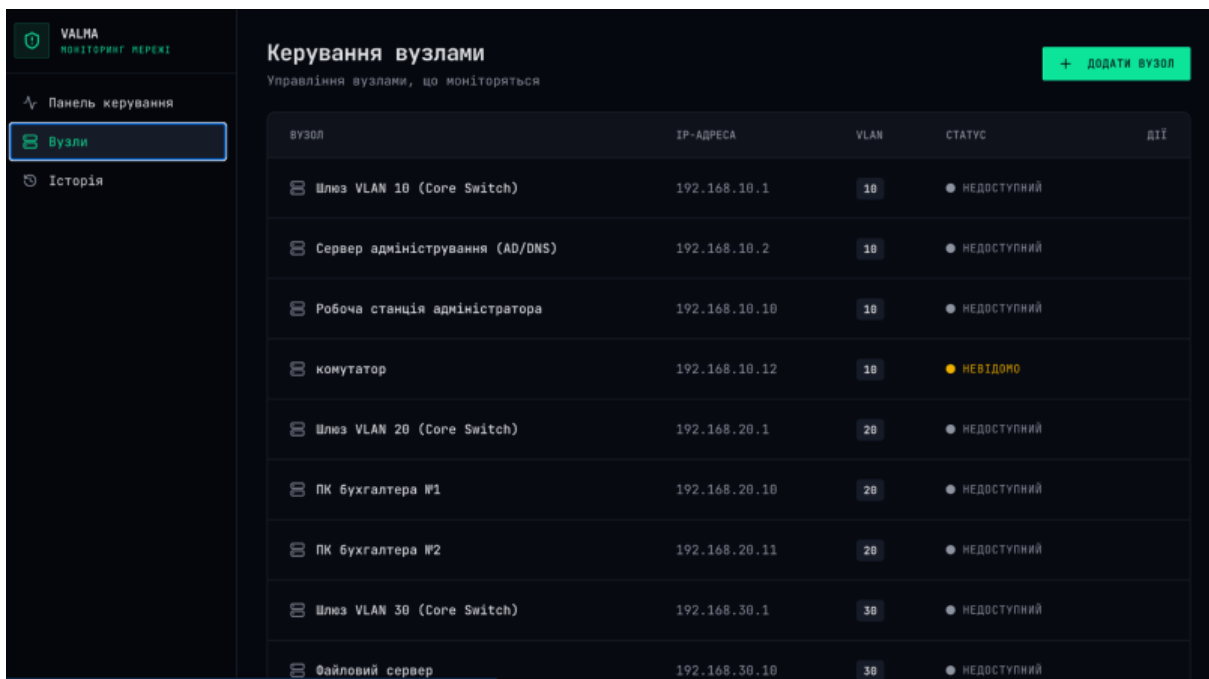


Рисунок 3.12 – Структура програмної розробки [скріншот системи моніторингу]

Для реалізації функцій моніторингу локальної мережі було створено окремий серверний маршрут `monitor.ts`, який відповідає за перевірку доступності мережевих вузлів підприємства. Основним принципом роботи системи є виконання ICMP-запитів (ping) до мережевих пристроїв локальної мережі. У разі отримання відповіді вузол вважається доступним, а у випадку відсутності відповіді система фіксує потенційну проблему з підключенням або працездатністю обладнання. Під час роботи програмний засіб виконує перевірку: маршрутизатора; комутаторів; серверного обладнання; робочих станцій; мережевих сервісів, що яскраво видно на рисунку 3.13 нижче:



The screenshot shows the 'Керування вузлами' (Node Management) section of the VALMA monitoring system. It features a sidebar with 'Вузли' (Nodes) selected and a main table listing monitored devices. The table columns are: ВУЗЛО (Node), IP-АДРЕСА (IP Address), VLAN, СТАТУС (Status), and ДІЇ (Actions). The status column uses colored dots: green for 'ДОСТУПНИЙ' (Available), red for 'НЕДОСТУПНИЙ' (Unavailable), and yellow for 'НЕВІДОМО' (Unknown).

ВУЗЛО	IP-АДРЕСА	VLAN	СТАТУС	ДІЇ
Шлюз VLAN 10 (Core Switch)	192.168.10.1	10	● НЕДОСТУПНИЙ	
Сервер адміністрування (AD/DNS)	192.168.10.2	10	● НЕДОСТУПНИЙ	
Робоча станція адміністратора	192.168.10.10	10	● НЕДОСТУПНИЙ	
комутатор	192.168.10.12	10	● НЕВІДОМО	
Шлюз VLAN 20 (Core Switch)	192.168.20.1	20	● НЕДОСТУПНИЙ	
ПК бухгалтера №1	192.168.20.10	20	● НЕДОСТУПНИЙ	
ПК бухгалтера №2	192.168.20.11	20	● НЕДОСТУПНИЙ	
Шлюз VLAN 30 (Core Switch)	192.168.30.1	30	● НЕДОСТУПНИЙ	
Файловий сервер	192.168.30.10	30	● НЕДОСТУПНИЙ	

Рисунок 3.13 – Фрагмент серверного модуля
[скріншот системи моніторингу]

Для реалізації перевірки доступності вузлів використовується модуль `child_process` платформи Node.js, який дозволяє виконувати системні команди операційної системи. Фрагмент програмного коду системи моніторингу наведено нижче (повний програмний код знаходиться у Додатку В).

```
import { exec } from "child_process";
const hosts = [
```

```

    { name: "Router", ip: "192.168.10.1" },
    { name: "Core Switch", ip: "192.168.10.2" },
    { name: "Server", ip: "192.168.30.10" }
];

function pingHost(host: { name: string; ip: string }) {
    exec(`ping -n 1 ${host.ip}`, (error, stdout) => {
        if (error) {
            console.log(`[OFFLINE]                ${host.name}
(${host.ip})`);
            return;
        }
        if (stdout.includes("TTL=")) {
            console.log(`[ONLINE]                ${host.name}
(${host.ip})`);
        } else {
            console.log(`[NO      RESPONSE]      ${host.name}
(${host.ip})`);
        }
    });
}

hosts.forEach(pingHost);

```

У наведеному коді реалізовано базову систему перевірки доступності мережевих вузлів локальної мережі. Масив `hosts` містить список IP-адрес основних пристроїв мережевої інфраструктури підприємства. Після запуску програма послідовно виконує `ping`-запити до кожного вузла. У разі успішного отримання відповіді система виводить повідомлення про доступність пристрою. Приклад результату роботи програми:

[ONLINE] Router (192.168.10.1)

[ONLINE] Core Switch (192.168.10.2)

[OFFLINE] Server (192.168.30.10)

Такий підхід дозволяє оперативно контролювати стан локальної мережі та швидко виявляти проблемні вузли. Окремою перевагою розробленої системи є можливість подальшого розширення функціоналу. У майбутньому система моніторингу може бути доповнена: веб-інтерфейсом адміністрування; системою логування подій; базою даних для збереження статистики; автоматичними сповіщеннями; графічною панеллю моніторингу; інтеграцією SNMP-протоколу, що яскраво видно на рисунку 3.14 нижче:

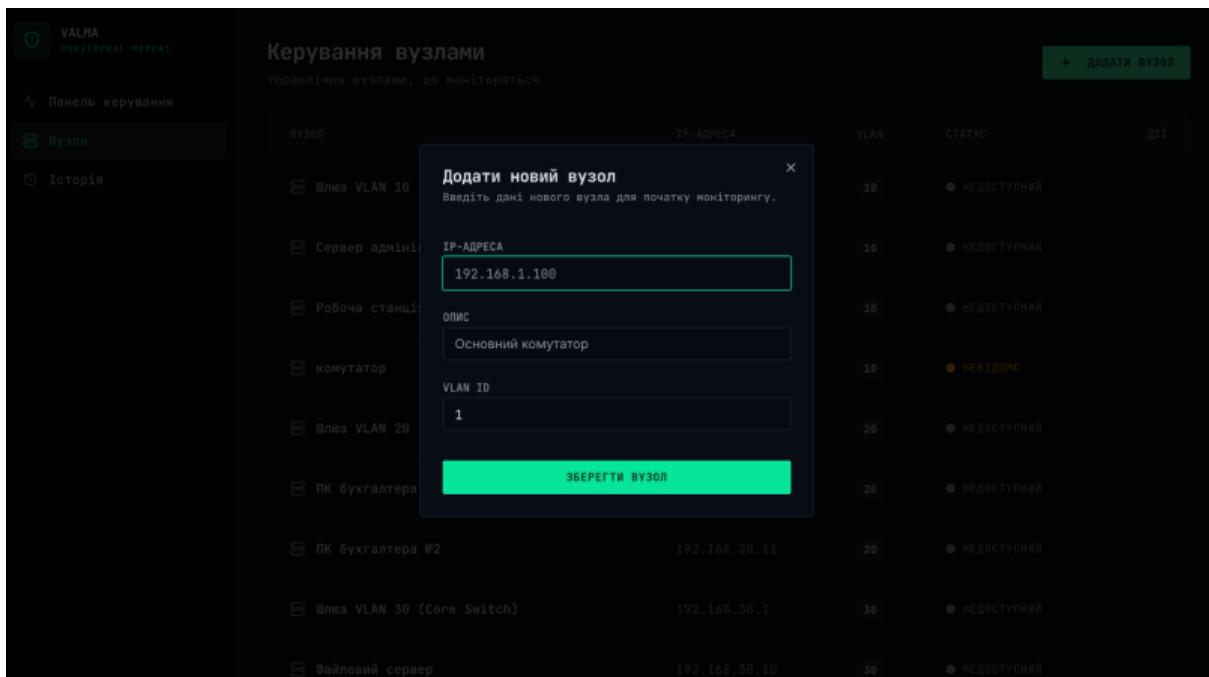


Рисунок 3.14 – Результат роботи програмного засобу моніторингу

[скріншот консольного виводу ONLINE/OFFLINE]

Завдяки модульній архітектурі програмна система може бути адаптована до мереж значно більшого масштабу без повної перебудови структури застосунку. Для наочного представлення структури програмного засобу моніторингу доцільно використати рисунок 3.15.

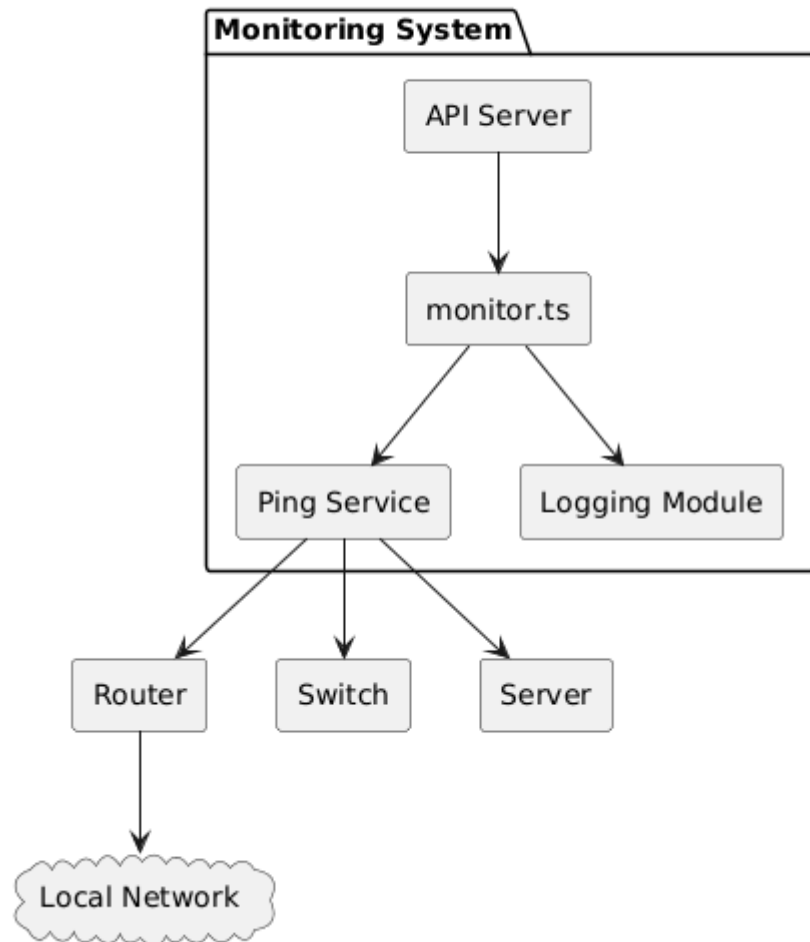
Архітектура системи моніторингу локальної мережі

Рисунок 3.15 – Архітектура програмного засобу моніторингу локальної мережі

Розроблений програмний засіб моніторингу локальної мережі дозволяє реалізувати базовий контроль доступності мережевих вузлів підприємства та підвищити ефективність адміністрування локальної мережі. Використання модульної архітектури, TypeScript та серверного API-підходу забезпечує перспективу подальшого розвитку системи та інтеграції додаткових засобів мережевого моніторингу.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено локальну комп'ютерну мережу підприємства «Valma» із використанням технології Ethernet та структурованої кабельної системи відповідно до вимог сучасних міжнародних стандартів.

У процесі виконання роботи було проведено аналіз сучасних технологій побудови локальних комп'ютерних мереж, досліджено особливості технології Ethernet, розглянуто основні топології локальних мереж та стандарти структурованих кабельних систем. Встановлено, що для адміністративно-офісних підприємств найбільш доцільним рішенням є використання топології «зірка», технології Gigabit Ethernet та структурованої кабельної системи категорії Cat.6.

Під час виконання практичної частини роботи було проаналізовано структуру підприємства «Valma» та особливості розташування робочих приміщень. Визначено, що локальна мережа повинна забезпечувати функціонування 40 робочих місць у межах двоповерхової адміністративно-офісної будівлі.

У межах роботи було розроблено логічну структуру локальної мережі підприємства, яка включає: маршрутизатор із функціями Firewall; магістральний комутатор; комутатори доступу поверхів; сегментацію VLAN; Wi-Fi інфраструктуру; серверний сегмент мережі.

Було виконано проектування системи VLAN та IP-адресації локальної мережі. Реалізована логічна сегментація мережі дозволяє ізолювати окремі групи користувачів, підвищити рівень інформаційної безпеки та оптимізувати мережевий трафік. У процесі виконання роботи було обґрунтовано вибір активного мережевого обладнання, зокрема використання керованих гігабітних комутаторів та маршрутизатора MikroTik із підтримкою сучасних мережевих технологій. Також було розроблено структуру бездротової мережі підприємства

із підтримкою стандарту Wi-Fi 6 та реалізовано ізоляцію гостьового сегмента Wi-Fi.

Особливу увагу у роботі приділено питанням інформаційної безпеки локальної мережі. У межах проєкту передбачено використання VLAN-сегментації, Firewall-захисту, WPA2/WPA3 для бездротової мережі, контролю доступу до активного обладнання та резервування електроживлення.

У третьому розділі роботи було виконано проєктування структурованої кабельної системи підприємства відповідно до стандарту EN 50173. Розроблено структуру кабельних трас, визначено параметри кабельних каналів та організацію телекомунікаційних приміщень.

У результаті розрахунків встановлено, що загальна довжина кабельної інфраструктури локальної мережі підприємства становить приблизно 1810 м, а для практичної реалізації проєкту доцільно передбачити резерв кабельної продукції до 1900–2000 м.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання розроблених рішень для побудови або модернізації локальних комп'ютерних мереж підприємств аналогічного типу. Запропонована структура мережі дозволяє забезпечити стабільну роботу корпоративних сервісів, підтримку сучасних інформаційних технологій та перспективу подальшого розвитку мережевої інфраструктури підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ EN 50173-1:2022. Інформаційні технології. Структуровані кабельні системи. Частина 1. Загальні вимоги. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 146 с.
2. ДСТУ ISO/IEC 11801-1:2022. Інформаційні технології. Загальні кабельні системи для приміщень замовника. Частина 1. Загальні вимоги. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 158 с.
3. IEEE Std 802.3-2022. IEEE Standard for Ethernet. – New York : IEEE, 2022. – 5600 p.
4. Stallings W. Data and Computer Communications. 12th ed. – New York : Pearson, 2023. – 896 p.
5. Odom W. CCNA 200-301 Official Cert Guide. Volume 1. – Indianapolis : Cisco Press, 2023. – 1184 p.
6. Odom W. CCNA 200-301 Official Cert Guide. Volume 2. – Indianapolis : Cisco Press, 2023. – 1136 p.
7. Seifert R., Edwards J. The All-New Switch Book. 3rd ed. – Hoboken : Wiley, 2022. – 384 p.
8. Lammle T. CCNA Certification Study Guide. Volume 1. – Hoboken : Sybex, 2023. – 912 p.
9. Lammle T. CCNA Certification Study Guide. Volume 2. – Hoboken : Sybex, 2023. – 864 p.
10. Olifer N., Olifer V. Computer Networks: Principles, Technologies and Protocols for Network Design. – Hoboken : Wiley, 2022. – 1000 p.
11. Kurose J., Ross K. Computer Networking: A Top-Down Approach. 9th ed. – Boston : Pearson, 2023. – 864 p.
12. Tanenbaum A., Wetherall D. Computer Networks. 6th ed. – Hoboken : Pearson, 2022. – 960 p.
13. Cisco Systems. Campus Network Design Fundamentals. – Cisco Documentation, 2023. – 214 p.

14. Cisco Systems. VLAN Configuration Guide. – Cisco Documentation, 2023. – 178 p.
15. MikroTik Documentation. RouterOS Configuration Manual. – Riga : MikroTik, 2024. – 520 p.
16. CompTIA Network+ Guide to Networks. 9th ed. – Boston : Cengage Learning, 2023. – 944 p.
17. Dean T. Network+ Guide to Networks. – Boston : Cengage, 2022. – 960 p.
18. Node.js Documentation. Child Process Module. – OpenJS Foundation, 2024. – Режим доступу: <https://nodejs.org/>
19. TypeScript Documentation. Handbook. – Microsoft, 2024. – Режим доступу: <https://www.typescriptlang.org/>
20. Python Software Foundation. Python Documentation Release 3.12. – Python.org, 2024. – Режим доступу: <https://docs.python.org/>
21. Cisco Packet Tracer User Guide. – Cisco Networking Academy, 2023. – 132 p.
22. Гавриленко В. О. Комп'ютерні мережі та телекомунікації : навчальний посібник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 412 с.
23. Мельник А. О. Проектування локальних комп'ютерних мереж : навчальний посібник. – Львів : Львівська політехніка, 2023. – 356 с.
24. Скопа О. В. Інформаційні мережі та системи : підручник. – Київ : Каравела, 2022. – 448 с.
25. Барановський О. Д. Захист інформації в комп'ютерних мережах : навчальний посібник. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – 318 с.
26. Конахович Г. Ф., Пузиренко О. Ю. Комп'ютерні мережі передачі даних : підручник. – Київ : Юніверс, 2022. – 514 с.
27. Литвиненко В. П. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник. – Дніпро : НТУ «ДП», 2023. – 372 с.
28. ISO/IEC 27001:2022. Information Security Management Systems — Requirements. – Geneva : ISO, 2022. – 34 p.
29. Cisco Systems. Enterprise Wireless LAN Design Guide. – Cisco Documentation, 2024. – 268 p.

30.Red Hat Documentation. Network Configuration and Management Guide. – Red Hat Enterprise Linux Documentation, 2023. – 420 p.