МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ФАХОВИЙ БІЗНЕС-КОЛЕДЖ
Циклова комісія комп’ютерної інженерії та інформаційних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

КОМП’ЮТЕРНА МЕРЕЖА ПРИВАТНОГО ПІДПРИЄМСТВА «МАЛАНКА ТРЕЙД»

Виконав: студент групи 2К-22
Спеціальності
123 Комп’ютерна інженерія
Арсеній КОВТУНЕНКО
Керівник:
Майя ЛЮТА

Черкаси 2026

ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ФАХОВИЙ БІЗНЕС-КОЛЕДЖ

Циклова комісія комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка циклової комісії КІ та ІТ

_____ Наталя ФАЛЬЧЕНКО

(підпис)

«_____» _____2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ковтуненку Арсенію Іллічу

1. Тема кваліфікаційної роботи Комп'ютерна мережа приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД»

Керівник роботи Люта Майя В'ячеславівна, викладач вищої категорії

затверджені наказом закладу фахової передвищої освіти від «06» жовтня 2025 року № 84/1-у.

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 02.06.2026

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

– кількість робочих станцій - 14, кількість серверів - 1;
– розробити локальну мережу на базі технологій Gigabit Ethernet 1000BASE-T;
– забезпечити доступ мережі до Internet;
– забезпечити захист мережі від несанкціонованого доступу.

4. Зміст кваліфікаційної роботи: Вступ. 1 Основні поняття та характеристики мережі. 2 Проєктування комп'ютерної мережі приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД». 3 Захист інформації в мережі. Висновки.

5. Дата видачі завдання 15.09.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	14.10.2025	
2	Розділ 1 Основні поняття та характеристики мережі	09.12.2025	
3	Розділ 2 Проєктування комп'ютерної мережі приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД»	10.03.2026	
4	Розділ 3 Захист інформації в мережі	28.04.2026	
5	Висновки	12.05.2026	
6	Оформлення кваліфікаційної роботи (чистовий варіант)	26.05.2026	
7	Перевірка кваліфікаційної роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	02.06.2026	
8	Подання кваліфікаційної роботи на затвердження завідувачці циклової комісії (за 7 днів до захисту)	10.06.2026	

Студент _____ Арсеній КОВТУНЕНКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Майя ЛЮТА
(підпис)

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі виконано проєктування локальної комп’ютерної мережі приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД». Проведено аналіз організаційної структури підприємства, функціональних потреб його підрозділів та особливостей розміщення комп’ютерної техніки. На основі отриманих даних розроблено топологію мережі типу «зірка» з використанням технології Gigabit Ethernet [30] та сучасних засобів централізованого адміністрування.

У роботі обґрунтовано вибір мережевого обладнання, зокрема сервера Dell PowerEdge T150, маршрутизатора TP-Link TL-ER7206, комутаторів TP-Link TL-SG1024D та структурованої кабельної системи на базі кабелю UTP категорії 5e. Для забезпечення централізованого управління мережею обрано операційну систему Windows Server 2022 та платформу TP-Link Omada SDN. Розроблено схему IP-адресації з використанням приватного адресного простору та засобів автоматичного розподілу адрес за допомогою DHCP.

Для перевірки працездатності спроєктованої мережі виконано її моделювання в програмному середовищі GNS3. Проведено розрахунок основних параметрів мережі на основі теорії систем масового обслуговування, що дозволило оцінити ефективність функціонування мережевої інфраструктури та підтвердити достатній запас продуктивності для забезпечення стабільної роботи підприємства.

Результати роботи можуть бути використані під час створення та модернізації локальних комп’ютерних мереж підприємств малого та середнього бізнесу.

Ключові слова: КОМП’ЮТЕРНА МЕРЕЖА, ЛОКАЛЬНА МЕРЕЖА, GIGABIT ETHERNET, WINDOWS SERVER 2022, DHCP, GNS3, МАРШРУТИЗАТОР, КОМУТАТОР, СЕРВЕР, МЕРЕЖЕВА ІНФРАСТРУКТУРА.

ABSTRACT

The qualification thesis is devoted to the design of a local computer network for the private enterprise “MALANKA TRADE”. The organizational structure of the enterprise, the functional requirements of its departments, and the layout of computer equipment were analyzed. Based on the obtained data, a star-topology network was designed using Gigabit Ethernet technology and modern centralized network management tools.

The thesis substantiates the selection of network equipment, including a Dell PowerEdge T150 server, a TP-Link TL-ER7206 router, TP-Link TL-SG1024D switches, and a structured cabling system based on Category 5e UTP cable. To ensure centralized network administration, Windows Server 2022 and the TP-Link Omada SDN platform were selected. An IP addressing scheme was developed using a private address space and Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) services for automatic address assignment.

To verify the functionality of the designed network, a simulation was performed in the GNS3 environment. The main network performance parameters were calculated using queuing theory methods, which made it possible to evaluate the efficiency of the network infrastructure and confirm sufficient performance reserves for the stable operation of the enterprise.

The results of this work can be used in the design and modernization of local computer networks for small and medium-sized businesses.

Keywords: COMPUTER NETWORK, LOCAL AREA NETWORK, GIGABIT ETHERNET, WINDOWS SERVER 2022, DHCP, GNS3, ROUTER, SWITCH, SERVER, NETWORK INFRASTRUCTURE.

ЗМІСТ

ВСТУП

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується стрімким зростанням обсягів інформації та підвищенням вимог до швидкості її обробки й передачі. Ефективне функціонування підприємств безпосередньо залежить від надійності та продуктивності комп'ютерних мереж, які забезпечують обмін даними між користувачами, доступ до інформаційних ресурсів, централізоване зберігання даних і підтримку корпоративних сервісів.

Особливого значення набуває проєктування локальних комп'ютерних мереж із використанням сучасних технологій Gigabit Ethernet, бездротових мереж Wi-Fi 6, серверних операційних систем та засобів централізованого управління мережевою інфраструктурою. Правильно спроєктована мережа дозволяє забезпечити високу продуктивність роботи підприємства, підвищити рівень інформаційної безпеки та створити умови для подальшого розвитку інформаційної системи.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності створення сучасної та надійної локальної комп'ютерної мережі для приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД», яка забезпечуватиме ефективну взаємодію між підрозділами підприємства, централізоване управління мережевими ресурсами, безпечний доступ до корпоративних даних та можливість подальшого масштабування.

Об'єктом дослідження є локальна комп'ютерна мережа підприємства.

Предметом дослідження є технології, методи та засоби проєктування й адміністрування локальних комп'ютерних мереж на базі сучасного мережевого обладнання та програмного забезпечення.

Метою кваліфікаційної роботи є проєктування локальної комп'ютерної мережі приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД» з використанням сучасних мережевих технологій, що забезпечують надійну передачу даних, централізоване адміністрування та ефективне використання інформаційних ресурсів підприємства.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

– проаналізувати структуру та функції приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД»;

– дослідити сучасні технології побудови комп’ютерних мереж та архітектурні підходи до їх організації;

– розробити топологію локальної комп’ютерної мережі підприємства;

– здійснити вибір мережевого обладнання та програмного забезпечення;

– розробити схему IP-адресації мережі та організувати розподіл мережевих ресурсів;

– виконати моделювання спроєктованої мережі в середовищі GNS3;

– провести розрахунок основних параметрів функціонування мережі на основі теорії систем масового обслуговування;

– оцінити ефективність і працездатність запропонованого рішення.

У процесі виконання роботи використовувалися методи аналізу та синтезу комп’ютерних мереж, методи структурного проєктування мережевої інфраструктури, засоби комп’ютерного моделювання GNS3, а також математичні методи оцінювання продуктивності мереж на основі теорії систем масового обслуговування.

Практичне значення роботи полягає у розробці проєкту локальної комп’ютерної мережі для ПП «МАЛАНКА ТРЕЙД», що включає 14 робочих станцій, сервер Dell PowerEdge T150, маршрутизатор TP-Link TL-ER7206, два комутатори TP-Link TL-SG1024D, систему IP-адресації та засоби централізованого управління на базі Windows Server 2022 і TP-Link Omada SDN. Запропоноване рішення може бути використане для впровадження або модернізації мережевої інфраструктури підприємств малого та середнього бізнесу.

РОЗДІЛ 1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕРЕЖІ

1.1 Поняття комунікаційної та інформаційної мереж

Комунікаційна мережа – це система, що складається з вузлів (пунктів) і ліній передачі (зв'язків, з'єднань, комунікацій), в якій вузли відіграють функції генерації, перетворення, збереження і споживання продукту, а лінії передачі забезпечують передачу продукту між пунктами. Як продукт можуть виступати інформація, енергія, речовина та інше. Відповідно розрізняють інформаційні, енергетичні, речовинні та інші мережі. У складі комунікаційної мережі, що схематично зображена на рисунку 1.1, розрізняють: а) кінцеві, або термінальні вузли (смартфони, комп'ютери, IoT-пристрої, принтери тощо); б) комунікаційні вузли (маршрутизатори, комутатори, точки доступу, міжмережеві екрани та інше) [11].

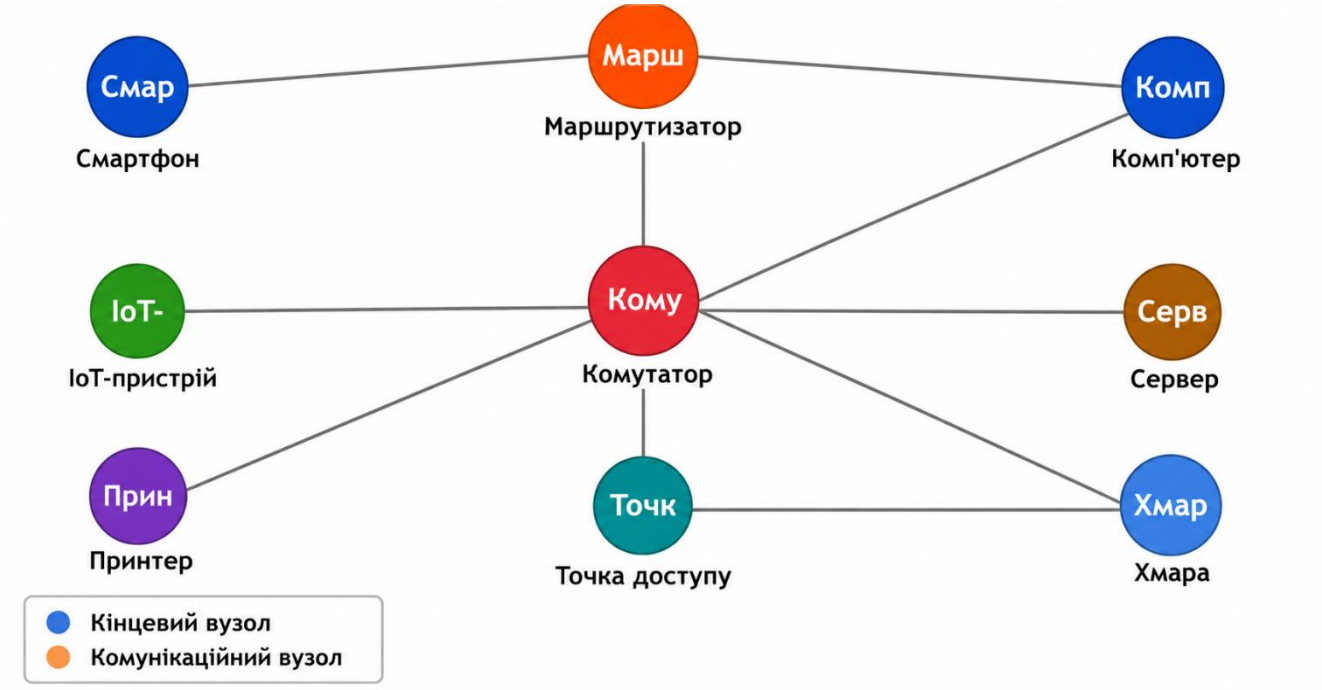

Рисунок 1.1 – Схема комунікаційної мережі

Комунікаційні вузли здійснюють: прийом, проміжне збереження і передачу даних; управління напрямком передачі шляхом маршрутизації; контроль перевантаженості вузлів і правильності передачі; забезпечення якості обслуговування (QoS – Quality of Service).

Інформаційно-обчислювальна мережа (ІОМ) – комунікаційна мережа, в якій продуктом генерування, переробки, збереження і споживання є інформація в електронному вигляді. Як кінцеві вузли ІОМ можуть виступати комп'ютери та їх периферійне обладнання, мобільні пристрої, сервери, а також пристрої Інтернету речей (IoT – Internet of Things). Останні набули широкого поширення у промисловості, розумних будинках та системах моніторингу. Як комунікаційні вузли ІОМ можуть виступати маршрутизатори, комутатори, точки бездротового доступу, SD-WAN-контролери [11].

Сучасні інформаційно-обчислювальні мережі характеризуються конвергентністю – об'єднанням передачі голосу, відео та даних в єдиній інфраструктурі. Це стало можливим завдяки широкому впровадженню протоколу IP як універсального транспорту та розвитку широкосмугових технологій передачі даних [11]. Структуру комунікаційної підмережі зображено на рисунку 1.2.

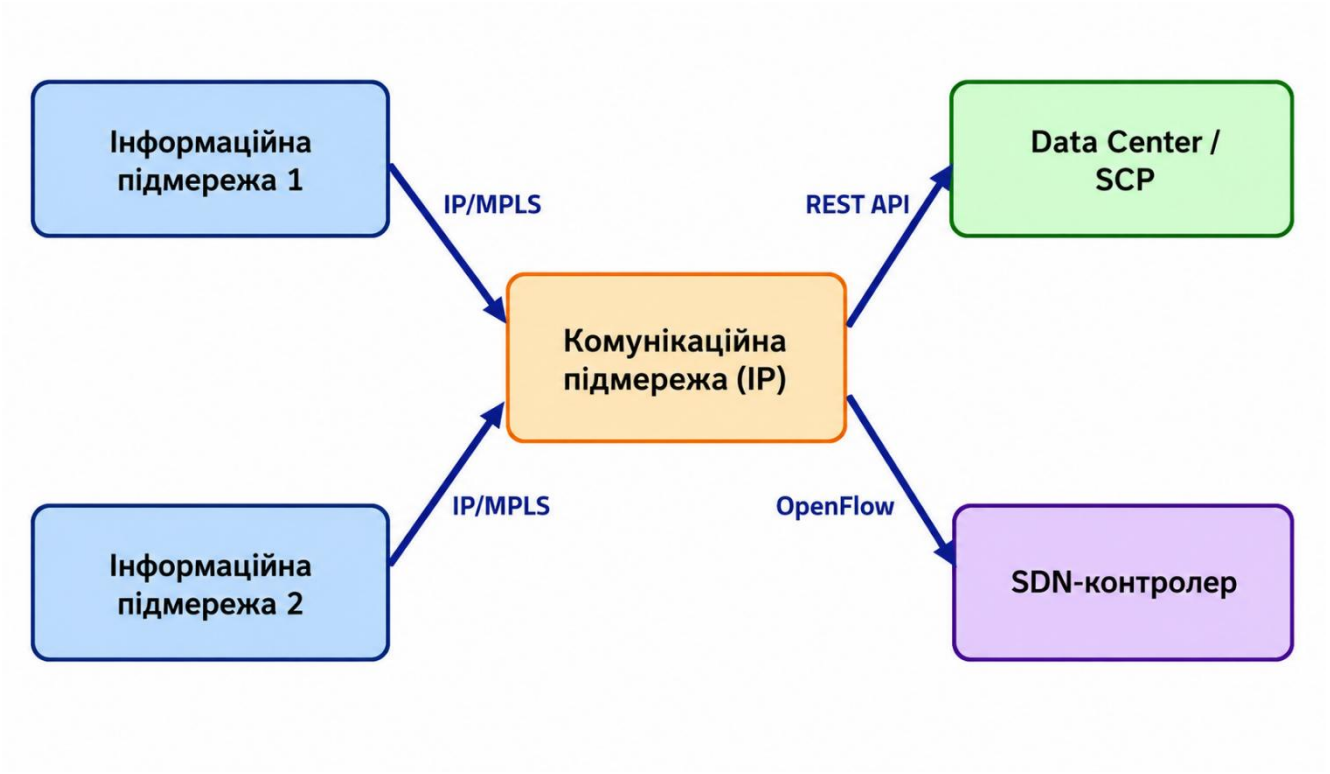

Рисунок 1.2 – Структура комунікаційної підмережі

1.2 Основні поняття мережевих технологій

Комп'ютерна мережа – це інформаційно-обчислювальна мережа, що призначена для обміну і розподіленої обробки інформації; вона складається з

взаємодіючих абонентських систем (АС), об'єднаних за допомогою комунікаційної підмережі. Схематичне зображення комп'ютерної мережі показано на рис. 1.3. Абонентська система – це сукупність обчислювальних пристроїв, програмного забезпечення, периферійного обладнання та засобів зв'язку, якими забезпечується виконання прикладних процесів [13].

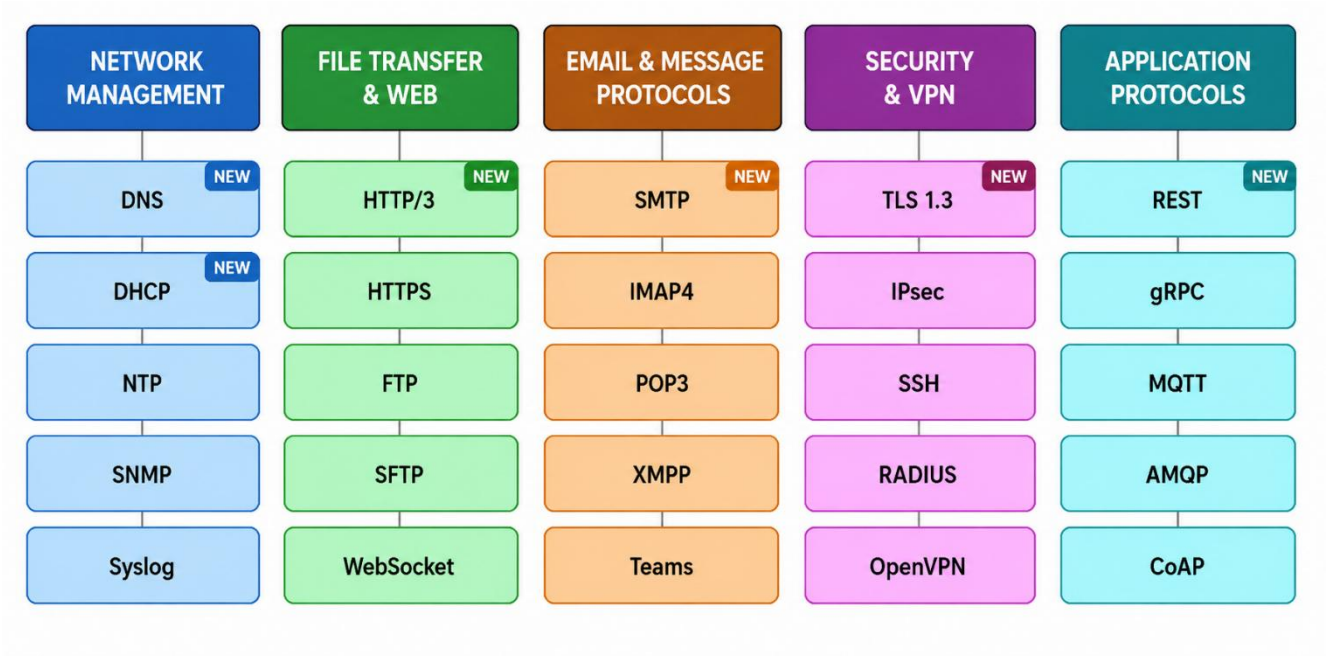

Рисунок 1.3 – Класифікація прикладних процесів у мережі

Базовою моделлю взаємодії в комп'ютерних мережах є стек протоколів TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), що складається з чотирьох рівнів: прикладного, транспортного, мережевого та канального [20]. На прикладному рівні функціонують протоколи HTTP/3, DNS [22], DHCP, SMTP, FTP. Транспортний рівень базується на протоколах TCP [21] та UDP. Протокол HTTP/3 використовує QUIC (Quick UDP Internet Connections), що забезпечує суттєво меншу затримку порівняно з попередніми версіями [13]. DNS (Domain Name System) забезпечує перетворення доменних імен на IP-адреси, а DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) – автоматичне призначення IP-адрес вузлам мережі.

Важливою складовою сучасних мереж є підтримка протоколу IPv6, що прийшов на заміну IPv4 у зв'язку з вичерпанням адресного простору. IPv6 забезпечує адресний простір 128-біт (близько $3{,}4\times10^{38}$ адрес), підтримку

автоконфігурації, вбудований механізм IPsec для захисту трафіку та покращену маршрутизацію. Схему класифікації прикладних процесів у комп'ютерній мережі зображено на рисунку 1.4.

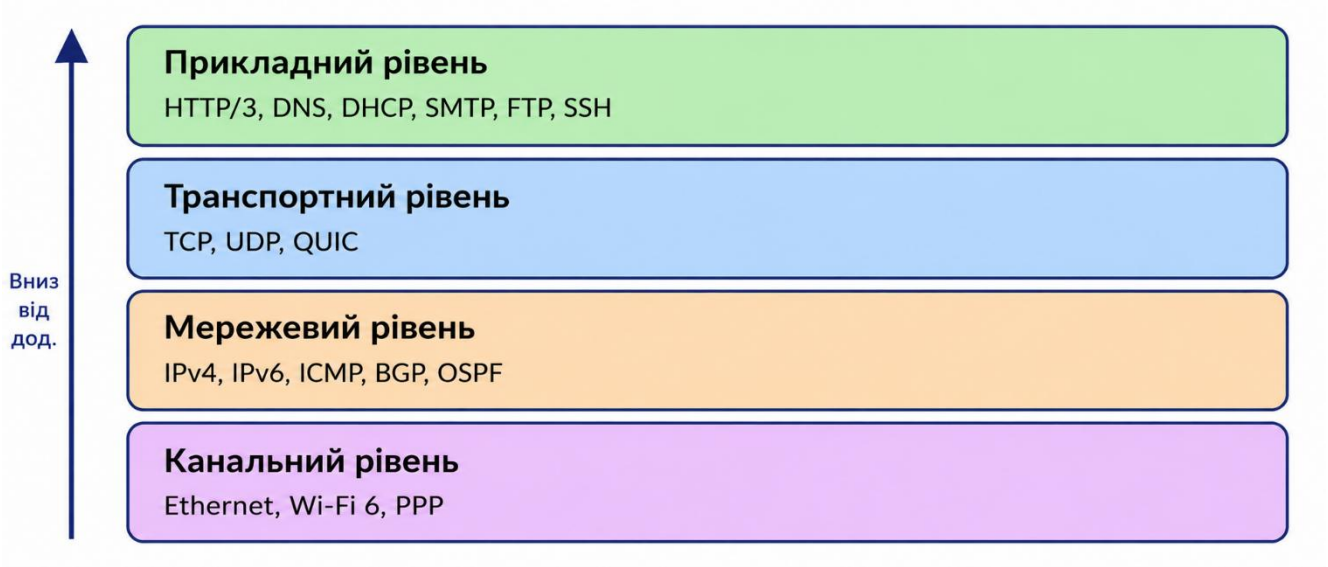

Рисунок 1.4 – Стек протоколів TCP/IP та класифікація прикладних процесів

Мережева технологія – це узгоджений набір стандартних протоколів і апаратних засобів, що описують правила побудови мережі. Серед провідних технологій сучасних локальних мереж домінує Ethernet у варіантах Fast Ethernet (100 Мбіт/с), Gigabit Ethernet (1 Гбіт/с), 10 Gigabit Ethernet (10 Гбіт/с) та 25/40/100 Gigabit Ethernet для магістральних з'єднань. У бездротовому сегменті провідне місце займають стандарти Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) та Wi-Fi 6E, що забезпечують швидкість до 9,6 Гбіт/с і роботу в діапазоні 6 ГГц [16].

1.3 Основні характеристики комп'ютерних мереж

Опишемо основні характеристики комп'ютерної мережі та надамо їм стислий опис:

1. мережева топологія – відображає просторове розташування мережевих вузлів та каналів зв'язку, яким визначається здатність мережевих компонентів приймати і передавати дані;

2. мережеві протоколи – виражають формальний опис формату повідомлень і правил, за якими здійснюється обмін даними між вузлами мережі;

3. пропускна здатність (bandwidth) – максимальний обсяг даних, що може бути переданий мережею за одиницю часу; у сучасних LAN становить від 1 до 100 Гбіт/с;

4. затримка (latency) – час від відправлення пакета до його отримання адресатом; критична характеристика для систем реального часу та хмарних додатків;

5. надійність і відмовостійкість – здатність мережі зберігати працездатність при відмові окремих вузлів або каналів, що забезпечується резервуванням обладнання і маршрутів (протоколи STP, RSTP, LACP) [15];

6. масштабованість – можливість нарощування мережевої інфраструктури без суттєвих змін в існуючій архітектурі;

7. безпека – сукупність механізмів захисту від несанкціонованого доступу, включаючи міжмережеві екрани (Firewall), системи виявлення вторгнень (IDS/IPS), шифрування трафіку (TLS 1.3, IPsec) та моделі Zero Trust Security [6];

8. мережеве програмне забезпечення – програмне забезпечення, що призначене для управління роботою комп’ютерної мережі і забезпечення інтерфейсу користувача.

Якість обслуговування (QoS) є ключовою комплексною характеристикою сучасної мережі, що охоплює пропускну здатність, затримку, джитер (нерівномірність затримок) та відсоток втрат пакетів. Механізми QoS дозволяють пріоритизувати критичний трафік (VoIP, відеоконференції) над менш важливим [12].

1.4 Класифікація комп’ютерних мереж

Класифікацію комп’ютерних мереж за низкою ознак зображено на рисунку 1.5. Найпоширенішою є класифікація комп’ютерних мереж за територіальною ознакою:

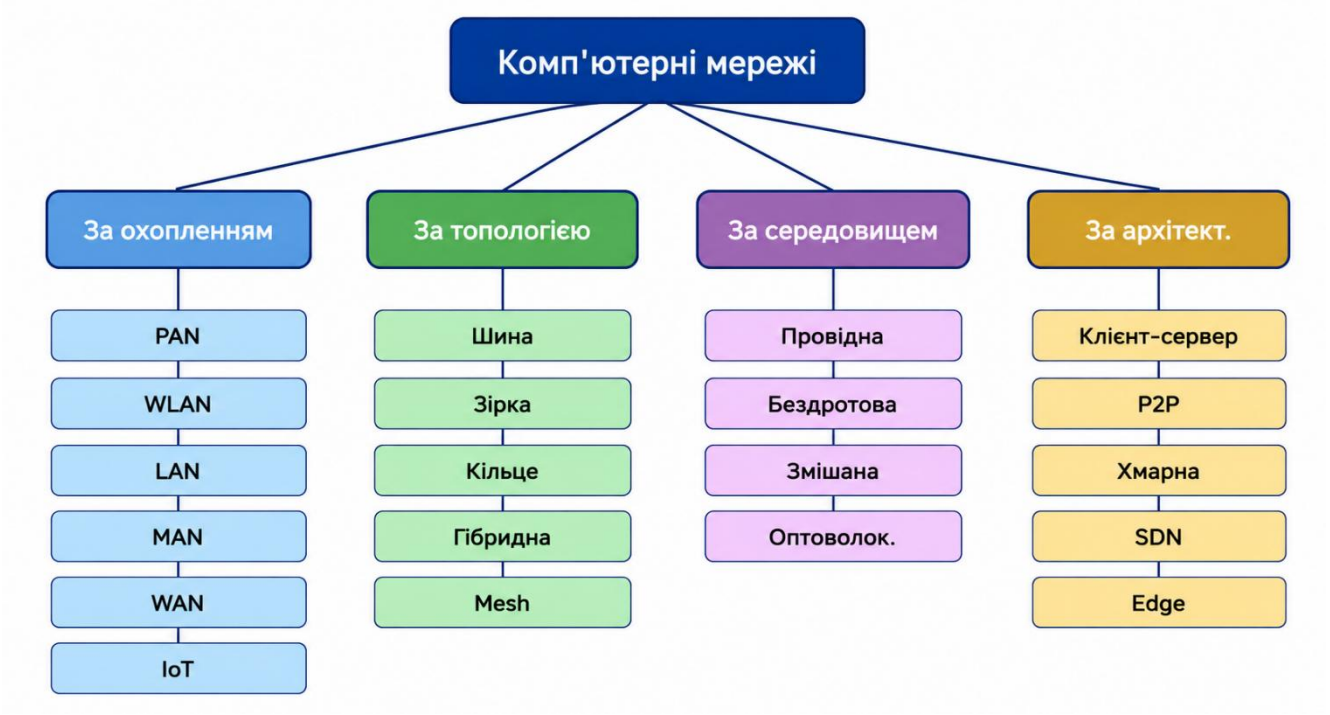

Рисунок 1.5 – Класифікація комп’ютерних мереж

Персональні мережі (PAN – Personal Area Network) – мережі з радіусом дії до 10 метрів, що об’єднують персональні пристрої одного користувача. Реалізуються на основі технологій Bluetooth 5.x, Zigbee, NFC та UWB (Ultra-Wideband). Широко застосовуються у носимій електроніці та пристроях IoT.

Локальні мережі (LAN – Local Area Network) – мережі з просторовою протяжністю до 1–2 км, в яких використовуються високоякісні лінії зв’язку зі швидкостями від 100 Мбіт/с до 10 Гбіт/с і вище. Сучасні LAN будуються на технологіях Gigabit та 10 Gigabit Ethernet для провідного сегменту та Wi-Fi 6/6E для бездротового [15].

Бездротові локальні мережі (WLAN – Wireless LAN) – різновид LAN, побудований на базі стандартів IEEE 802.11. Стандарт Wi-Fi 6 (802.11ax) забезпечує швидкість до 9,6 Гбіт/с, підтримує технологію OFDMA для одночасного обслуговування багатьох пристроїв та механізм BSS Coloring для зменшення взаємних завад [16].

Міські мережі (MAN – Metropolitan Area Network) – мережі, що охоплюють місто або регіон, побудовані на оптоволоконних магістралях зі швидкостями від 1

Гбіт/с до 100 Гбіт/с. Сучасні MAN використовують технології DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) для передачі кількох каналів по одному волокну.

Глобальні мережі (WAN – Wide Area Network) – територіально розподілені мережі, що використовують оптоволоконні магістралі, супутникові канали та мережі мобільного зв'язку 4G LTE / 5G NR. Технологія 5G забезпечує швидкість до 20 Гбіт/с та затримку менше 1 мс, що відкриває нові можливості для промислової автоматизації та систем реального часу [12].

Мережі Інтернету речей (IoT-мережі) – специфічний клас мереж для підключення вбудованих пристроїв та давачів. Використовують маломіщні протоколи MQTT, CoAP, LoRaWAN, NB-IoT (Narrowband IoT), що оптимізовані для пристроїв з обмеженим енергоспоживанням і невеликим обсягом даних. Сучасною тенденцією є зближення LAN і WAN завдяки покращенню якості передачі даних, розвитку SD-WAN та зростанню захищеності інформації [11].

1.5 Поняття архітектури мережі і основні види архітектур

Архітектура комп'ютерної мережі – це концепція її побудови, яка визначає: основні елементи мережі; топологію мережі і функції кожного її елементу; фізичну і логічну організацію взаємодії елементів мережі. За формою представлення комп'ютерних мереж розрізняють фізичну та логічну архітектуру. Фізична архітектура – форма представлення комп'ютерної мережі у вигляді взаємодіючих апаратних засобів, приклад якої зображено на рисунку 1.6.

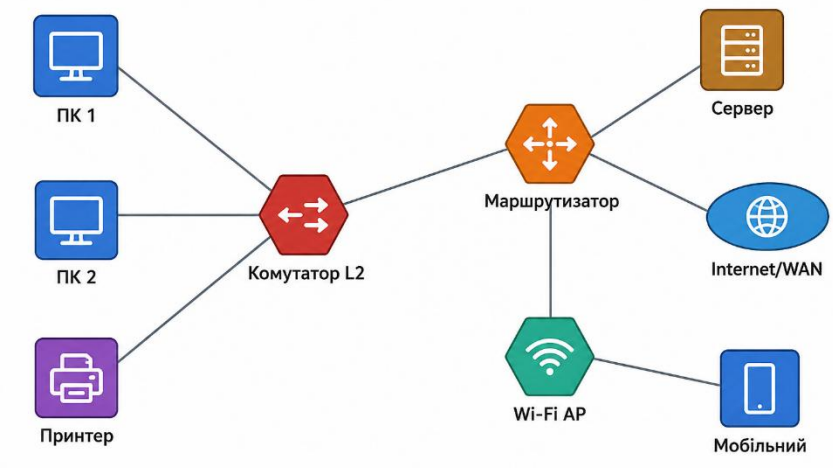

Рисунок 1.6 – Фізична архітектура комп'ютерної мережі

Логічна архітектура – форма представлення комп’ютерної мережі у вигляді взаємопов’язаних функцій, що зображено на рисунку 1.7.

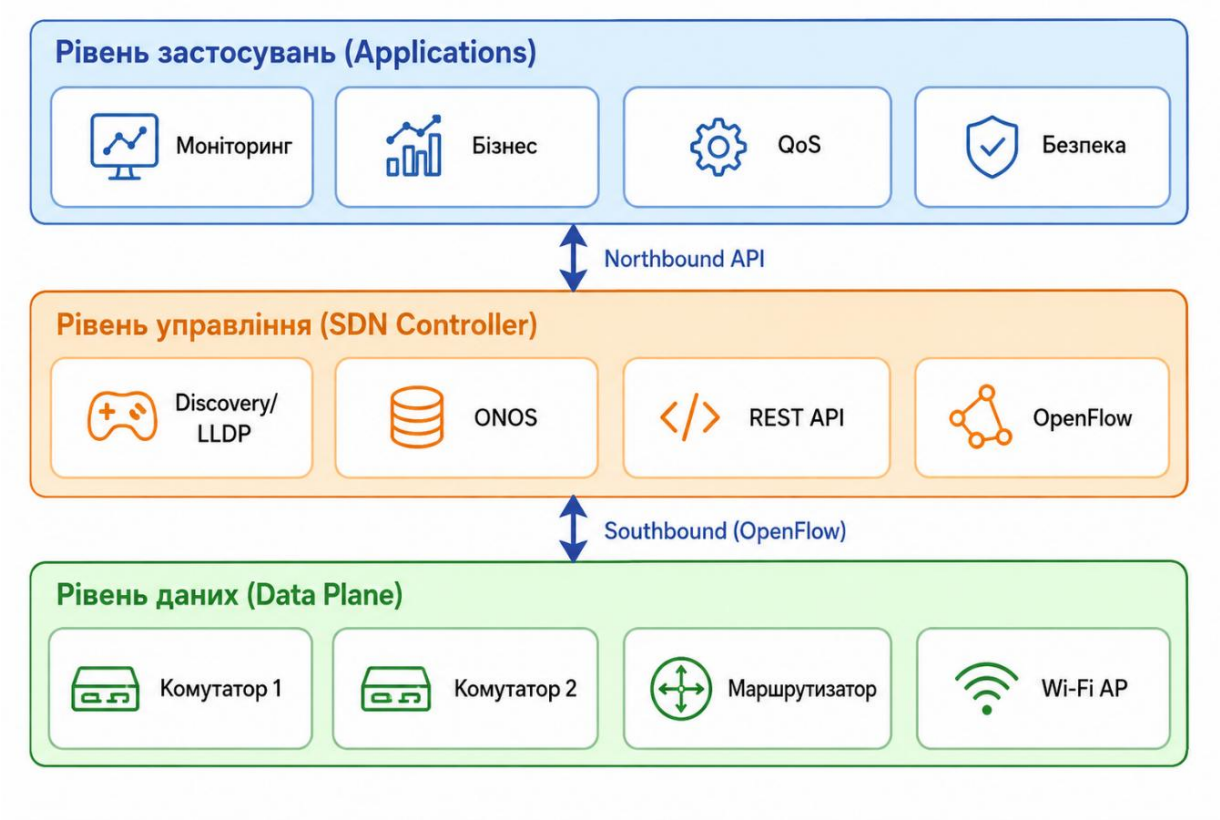

Рисунок 1.7 – Логічна архітектура SDN-мережі

У сучасних комп’ютерних мережах розрізняють такі основні архітектурні підходи:

Архітектура «клієнт-сервер» (client-server architecture) – концепція, в якій основна частина ресурсів зосереджена на серверах, що обслуговують своїх клієнтів. Шаблон архітектури зображено на рисунку 1.8.

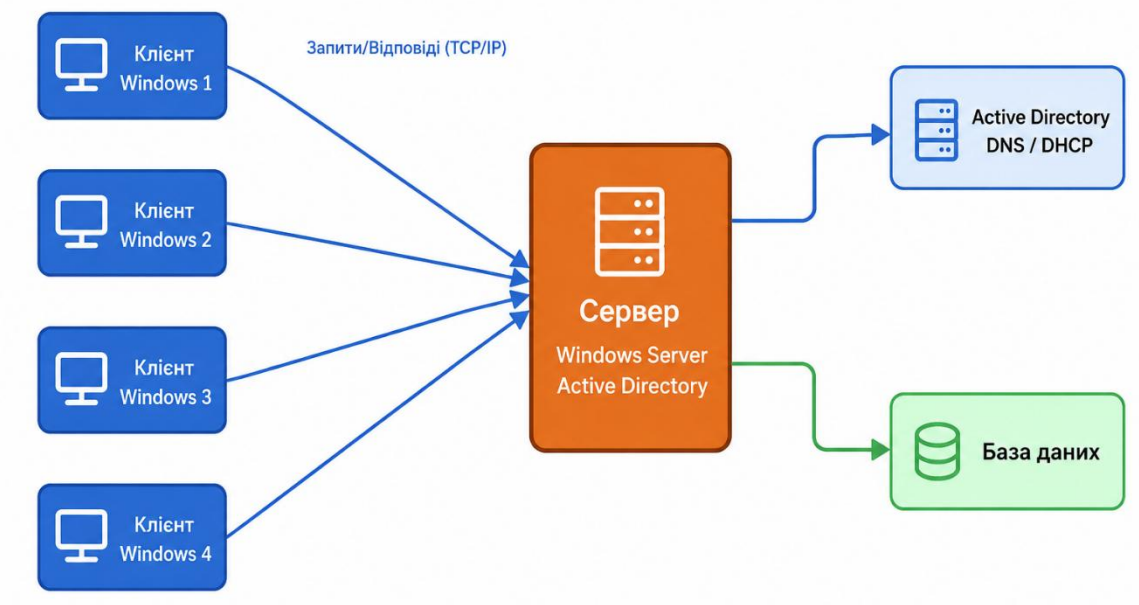

Рисунок 1.8 – Архітектура «клієнт-сервер»

Сервер – спеціалізований комп'ютер, що надає сервіс іншим вузлам мережі за їх запитами [13]. За функціональним призначенням розрізняють (рисунок 1.9): файлові сервери, сервери друкування, сервери додатків, поштові сервери, сервери баз даних та web-сервери. В сучасних реалізаціях архітектура «клієнт-сервер» доповнюється механізмами Active Directory (Windows Server 2022) для централізованого управління обліковими записами та груповими політиками [17].

Рисунок 1.9 – Функціональне призначення серверів

Переваги архітектури «клієнт-сервер»: дозволяє організовувати мережі з великою кількістю робочих станцій; спрощує адміністрування через централізоване управління; забезпечує ефективний і безпечний доступ до ресурсів. Недоліки: критична залежність від працездатності сервера; необхідність кваліфікованого персоналу; підвищена вартість серверного обладнання.

Одноранговa архітектура (peer-to-peer) – архітектурний шаблон, що базується на рівнозначності вузлів мережі, де кожен вузол виступає одночасно клієнтом і сервером. Приклад одноранговоі мережі з використанням Wi-Fi зображено на рисунку 1.10. Застосовується у невеликих мережах (до 10 вузлів) та в технологіях розподіленого обміну файлами (BitTorrent), блокчейн-мережах та mesh-мережах на базі Wi-Fi [13].

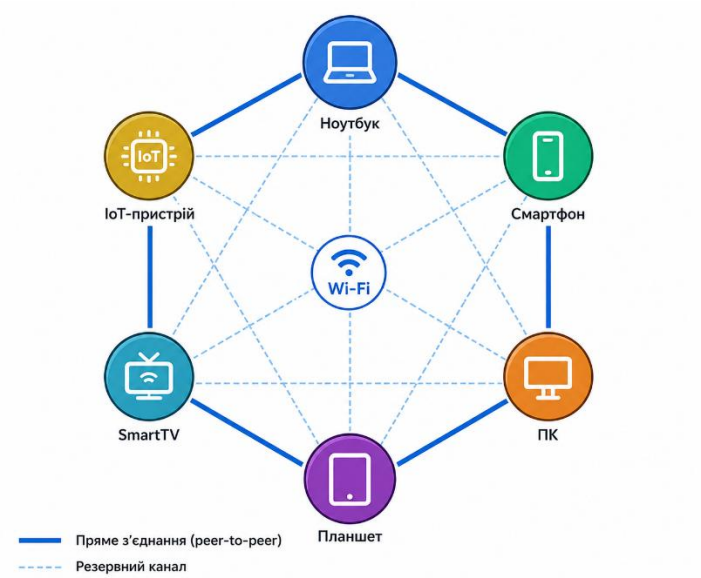

Рисунок 1.10 – Одноранговa mesh-мережа Wi-Fi

Хмарна архітектура (Cloud Computing) – концепція, в якій обчислювальні ресурси (сервери, сховища, мережі) надаються як послуга через Інтернет. Розрізняють три моделі: IaaS (Infrastructure as a Service) – надання віртуальних серверів та мережевої інфраструктури (AWS EC2, Microsoft Azure VM); PaaS (Platform as a Service) – надання платформи для розробки та розгортання додатків (Google App Engine, Azure App Service); SaaS (Software as a Service) – надання готових програмних додатків через браузер (Microsoft 365, Google Workspace) [13]. Приклад шаблону хмарної архітектури показаний на рисунку 1.11.

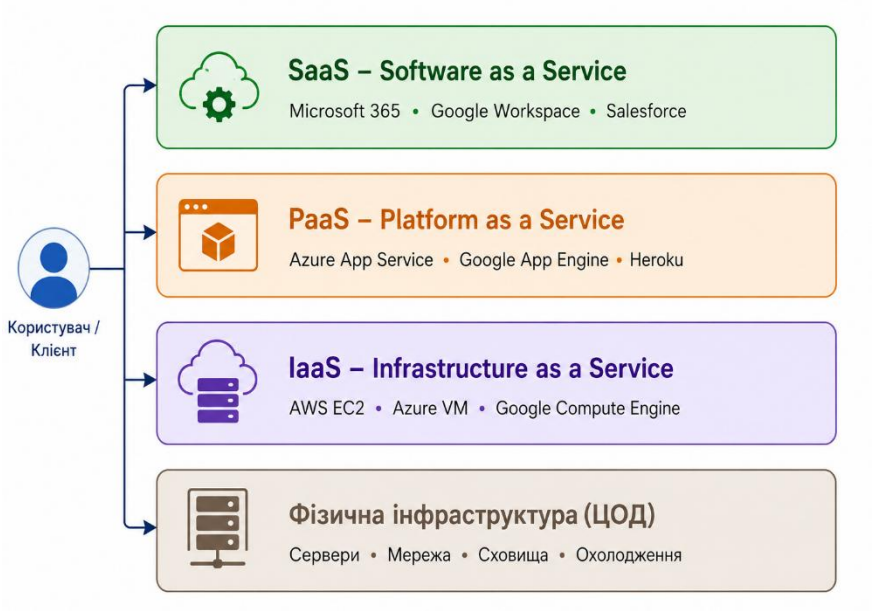

Рисунок 1.11 – Хмарна архітектура IaaS/PaaS/SaaS

Мікросервісна архітектура – сучасний підхід до побудови розподілених систем, де застосунок складається з незалежних невеликих сервісів, що взаємодіють через API (REST, gRPC). Кожен мікросервіс виконує одну функцію, розгортається незалежно та масштабується окремо. Технологія контейнеризації Docker та оркестратор Kubernetes забезпечують автоматичне управління мікросервісами.

Архітектура SDN (Software-Defined Networking) – підхід до управління мережею, що відокремлює площину управління від площини передачі даних. SDN-контролер (наприклад, OpenDaylight, Cisco APIC) централізовано управляє поведінкою мережевих пристроїв через відкриті інтерфейси (OpenFlow, NETCONF). Це забезпечує гнучке програмне налаштування мережі, автоматизацію та динамічне виділення ресурсів [8].

Edge Computing (граничні обчислення) – архітектурний підхід, при якому обробка даних відбувається максимально близько до джерела їх генерації (IoT-пристроїв, камер, давачів), а не в централізованому хмарному центрі обробки даних. Це суттєво зменшує затримки та навантаження на канали зв’язку, що є критично важливим для систем промислової автоматизації та систем відеоспостереження в реальному часі [14].

У першому розділі кваліфікаційної роботи було розглянуто теоретичні основи побудови локальних комп’ютерних мереж та проаналізовано сучасні мережеві технології. Досліджено принципи функціонування комп’ютерних мереж, їх класифікацію, архітектури та основні мережеві протоколи.

Проведений аналіз показав, що для побудови сучасної локальної мережі доцільно використовувати технологію Gigabit Ethernet [11, 31], яка забезпечує високу швидкість передачі даних, надійність та можливість подальшого розширення мережевої інфраструктури. Також розглянуто особливості застосування бездротових технологій, засобів централізованого адміністрування та сучасних підходів до забезпечення інформаційної безпеки.

Отримані теоретичні відомості стали основою для проєктування локальної комп’ютерної мережі ПП «МАЛАНКА ТРЕЙД», вибору мережевого обладнання та програмного забезпечення, що розглядаються в наступних розділах роботи.

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ПРИВАТНОГО ПІДПРИЄМСТВА «МАЛАНКА ТРЕЙД»

2.1 Аналіз структури та функцій приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД»

Організаційна структура приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД» представлена на рисунку 2.1.

Рисунок 2.1 – Організаційна структура ПП «МАЛАНКА ТРЕЙД»

Для побудови комп'ютерної мережі розглянемо план приміщень приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД» з розташуванням комп'ютерної техніки (рисунки 2.2, 2.3).

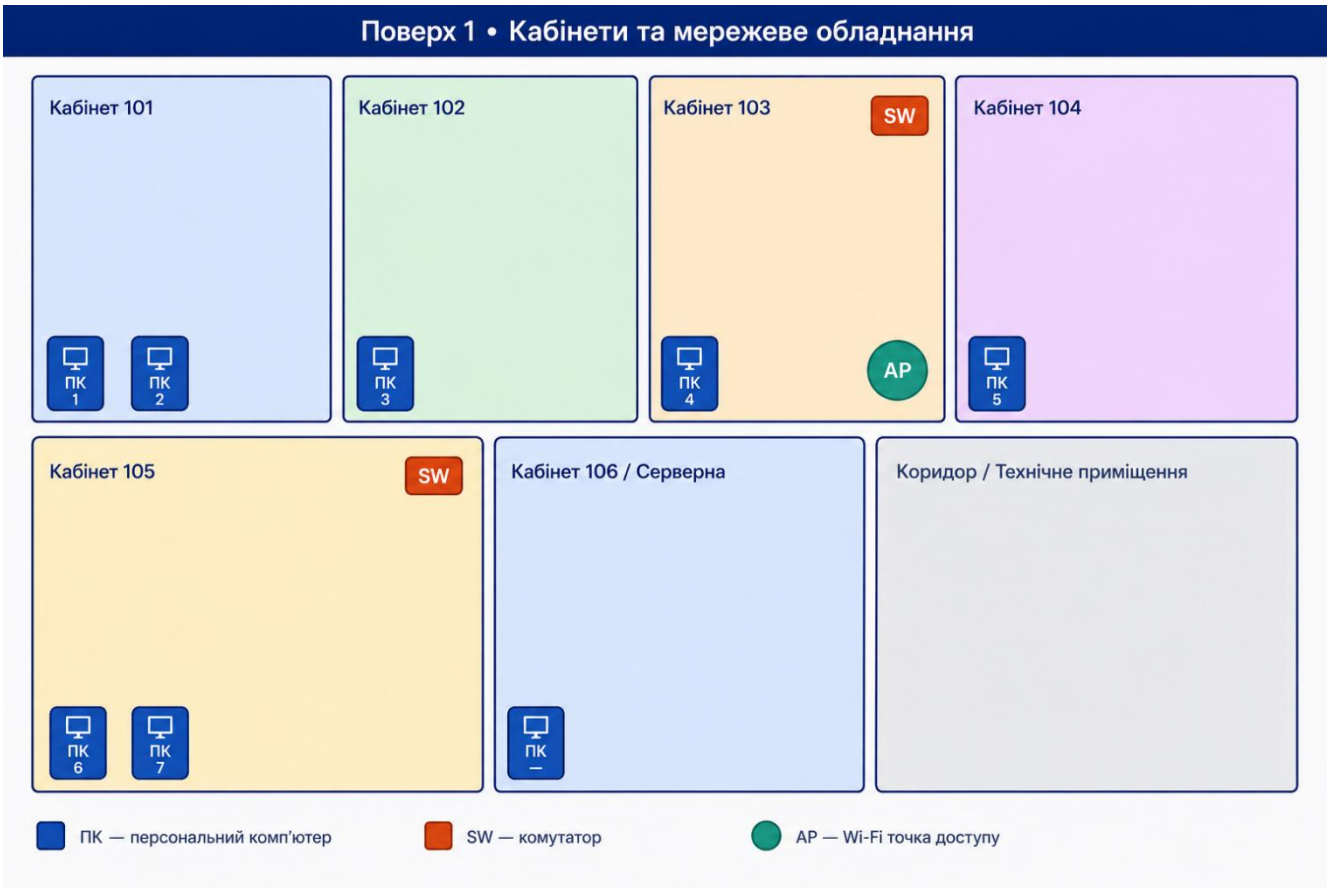

Рисунок 2.2 – План 1-го поверху ПП «МАЛАНКА ТРЕЙД»

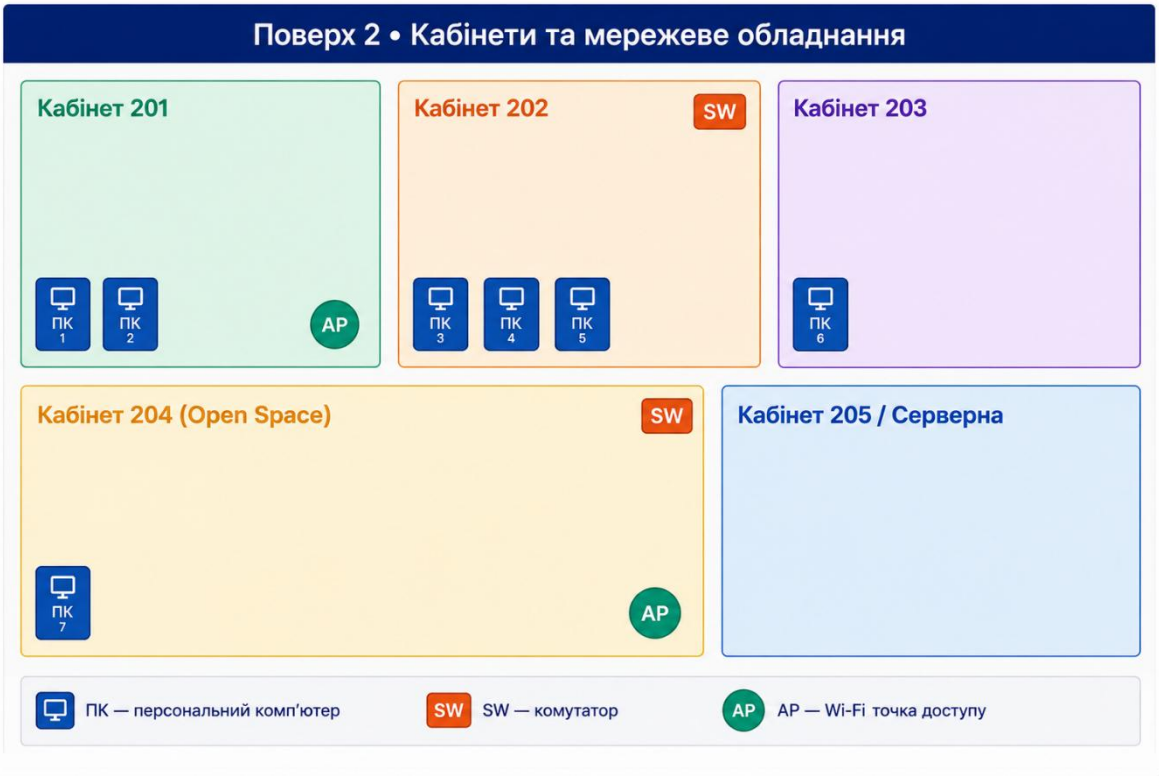

Рисунок 2.3 – План 2-го поверху ПП «МАЛАНКА ТРЕЙД»

2.2 Побудова топології мережі приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД»

Проаналізувавши організаційну структуру приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД», функції підрозділів та план розташування комп'ютерного обладнання в приміщеннях було побудовано топологію мережі приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД» (рисунок 2.4).

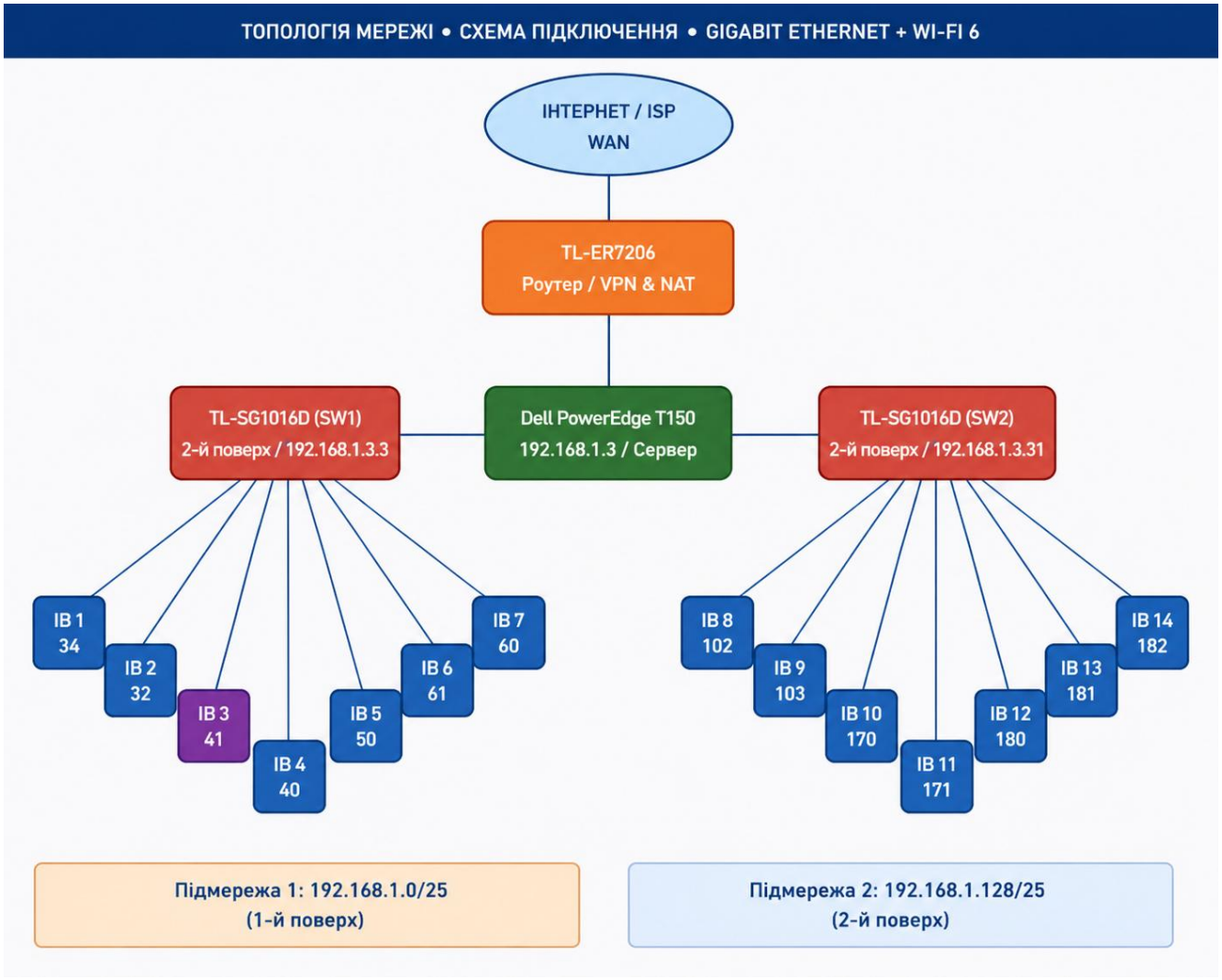

Рисунок 2.4 – Топологія мережі ПП «МАЛАНКА ТРЕЙД»

Для побудови комп'ютерної мережі приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД» обрано:

– топологію мережі – «зірка» з можливістю нарощування;

– мережеву технологію – GigabitEthernet (швидкість передачі – 1000 Мбіт/с);

– метод доступу – CSMA/CD (провідний сегмент), OFDMA (бездротовий сегмент Wi-Fi 6);

– середовище передачі – вита пара категорії 5e/6 (UTP) для горизонтальної розводки;

– стандарти – IEEE 802.3ab (1000BASE-T Gigabit Ethernet), IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6) [15, 16].

До складу мережі входять:

– персональні комп’ютери – 14 шт.

– принтери – 1 шт.

– комутатори – 2 шт.

– Wi-Fi роутер – 1 шт.

– мережевий кабель – 305 м.

– віртуальний сервер – 1 шт.

– конектори – 1 упаковка.

2.3 Вибір мережевого обладнання

Сервери

Сервер – Dell PowerEdge T150

Рисунок 2.5 – Сервер Dell PowerEdge T150

Dell PowerEdge T150 – це компактний вежевий сервер початкового рівня, призначений для малого та середнього бізнесу. Він забезпечує надійну продуктивність для робочих навантажень підприємства, зберігання даних та віртуалізації. Сервер підтримує процесори Intel Xeon E-2300 або Intel Core i3 12-го покоління, оперативну пам’ять DDR4 ECC до 128 ГБ, а також до чотирьох накопичувачів. Dell PowerEdge T150 відрізняється низьким рівнем шуму, що робить його придатним для офісного розміщення. Вбудований контролер управління iDRAC9 Basic забезпечує дистанційний моніторинг та управління сервером. Завдяки підтримці RAID-масивів (0, 1, 5, 10) забезпечується надійне збереження даних. Сервер сертифікований для роботи з основними операційними системами, зокрема Windows Server 2019/2022 та Linux [1].

Характеристики Dell PowerEdge T150

– процесор – Intel Xeon E-2334 (4 ядра, 3.4 ГГц);
– оперативна пам’ять – 16 ГБ DDR4 ECC UDIMM (розширювана до 128 ГБ);
– форм-фактор корпусу – Tower (вежевий);
– сховище – 2 ТБ HDD SATA 7200 об/хв (можливість встановлення SSD);
– мережевий інтерфейс – Broadcom 1 GbE (2 порти);
– RAID-контролер – PERC H355 (підтримка RAID 0, 1, 5, 10);
– блок живлення – 300 Вт (з можливістю резервування);
– управління – iDRAC9 Basic [24];
– передвстановлене ПЗ – без ОС.

Wi-Fi роутер

Wi-Fi роутер – TP-Link TL-ER7206

Рисунок 2.6 – Wi-Fi роутер – TP-Link TL-ER7206

TP-Link TL-ER7206 – це багатофункціональний дротовий маршрутизатор корпоративного рівня, призначений для малих і середніх підприємств. Пристрій підтримує до 4 WAN-портів для балансування навантаження та резервування каналів зв’язку. TL-ER7206 забезпечує підтримку VPN-тунелів (IPsec, L2TP, PPTP), що дозволяє організовувати захищений віддалений доступ. Вбудований апаратний міжмережевий екран забезпечує надійний захист мережі від зовнішніх загроз. Пристрій підтримує технологію Omada SDN, що дозволяє централізовано управляти мережею через хмарний або локальний контролер. Маршрутизатор оснащений п’ятьма портами Gigabit Ethernet, що забезпечує високу швидкість передачі даних у локальній мережі [2].

Характеристики:

– корпоративний дротовий маршрутизатор;
– інтерфейс: 5 x Gigabit Ethernet (1 WAN + 1 WAN/LAN + 3 WAN/LAN);
– підтримка VPN (IPsec, L2TP, PPTP, OpenVPN), підтримка Omada SDN.

Комутатори

Комутатор – TP-Link TL-SG1024D

Рисунок 2.7 – Комутатор – TP-Link TL-SG1024D

Комутатор TP-Link TL-SG1024D є некерованим 24-портовим комутатором зі швидкістю передачі даних 1000 Мбіт/с на кожному порту. Пристрій підтримує технологію Auto-Negotiation, що дозволяє автоматично узгоджувати швидкість і режим дуплексу з підключеним обладнанням. Комутатор оснащений функцією Auto MDI/MDIX, яка усуває необхідність використання кросованих кабелів. Технологія Energy Efficient Ethernet (IEEE 802.3az) дозволяє зменшити енергоспоживання до 80% залежно від рівня трафіку. Пристрій підтримує алгоритм

стрибкового запобігання петлям на рівні апаратного забезпечення, що підвищує стабільність роботи мережі. Комутатор відрізняється низьким рівнем шуму завдяки відсутності вентиляторів [3].

Характеристики:

– середовище передачі даних: 1000BASE-T – неекранована вита пара категорії 5e/6,X / 1000Base-T: неекранована вита пара категорій 5;

– кількість портів: 24;

– відповідність мережевим стандартам: IEEE 802.3 (10BASE-T), IEEE 802.3u (100BASE-TX), IEEE 802.3ab (1000BASE-T), IEEE 802.3x (повний дуплекс), IEEE 802.3az (EEE). виробник: TP-Link;

– модель: TL-SG1024D.

Конектори

Конектор – RJ-45

Рисунок 2.8 – Конектор – RJ-45

Випущений компанією EServer конектор RJ45 відноситься до моделей прохідного типу. Наконечник має пластиковий корпус, всередині якого розташовані вісім активних контактів. Корпус оснащений засувкою, яка дозволяє швидко і легко зафіксувати конектор в порту пристрою. Модель роз'єму - неекранована, відноситься до категорії 5e. З чотири парним кабелем конектор може забезпечити пропускну здатність на рівні 1 Гбіт / сек. Варто враховувати шо конектор сумісний з UTP кабелем категорії 5e. Якщо обтиснутий кабель вставлятиметься в патч-панель, вона повинна мати аналогічну категорію і тип екранування.

Характеристики:

– виробник: Atcom;
– модель: RJ45 cat.5e UTP 8p8c;
– упаковка: 100 шт.

Мережевий кабель

Кабель – UTP 305м cat. 5 E

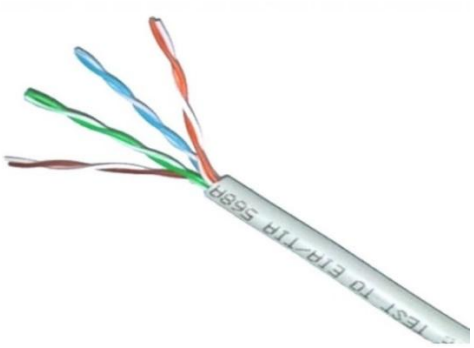

Рисунок 2.9 – Кабель – UTP 305м cat. 5 E

Кабель призначений для стаціонарної прокладки в телефонній каналізації, в трубах, в колекторах, по зовнішніх стінах будівель. Особливістю даного типу кабелю є застосування плакованих міддю алюмінієвих провідників, що істотно зменшує вартість кабелю [15].

Характеристики:

– виробник: KLM;
– модель: UTP 305м cat.5e CCA;
– тип кабелю: UTP;
– матеріал: біметал;
– довжина: 305 м.

2.4 Розподіл IP-адрес

Мережа Intranet – внутрішньо-корпоративна мережа, що використовує стандарти, технології і програмне забезпечення Internet. Сучасна корпоративна мережа підтримує протокол IPv4 у приватному діапазоні RFC 1918 (192.168.0.0/16), а також може впроваджувати IPv6 для перспективного масштабування. Розподіл

IP-адрес між пристроями здійснюється автоматично сервером DHCP (Windows Server 2022).Мережа Intranet – внутрішньо-корпоративна мережа, що використовує стандарти, технології і програмне забезпечення Internet.

В Intranet використовуються стандартні для Internet служби, в тому числі HTML, HTTP, TCP/IP, SMTP, FTP, DNS, і Web-браузери, що отримують і відображають інформацію з розміщених Web-серверів. [13]

Для таких мереж доцільно користуватися системою адресації Internet, тобто використовувати IP-адресацію.

Номера мереж призначаються або централізовано, якщо мережа є частиною Internet, або довільно, якщо мережа працює автономно. Номера вузлів у тому й в іншому випадку адміністратор призначає за своїм розсудом, не виходячи дозволеного для цього класу мережі діапазону.

Якщо ж деяка IP-мережа створена для роботи в «автономному режимі», без зв'язку з Internet, тоді адміністратор цієї мережі може призначити їй довільно обраний номер. Але й у цій ситуації для того, щоб уникнути яких-небудь колізій, у стандартах Internet визначено кілька діапазонів адрес, що рекомендують для локального використання. Ці адреси не обробляються маршрутизаторами Internet ні при яких умовах. Адреси, зарезервовані для локальних потреб, обрані з різних класів: у класі A - це мережа 10.0.0.0, у класі B - це діапазон з 16 номерів мереж 172.16.0.0-172.31.0.0, у класі C - це діапазон з 255 мереж - 192.168.0.0-192.168.255.0.

Призначення IP-адрес вузлам мережі навіть при не дуже великому розмірі мережі може представляти для адміністратора тяжку процедуру. протокол Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) звільняє адміністратора від цих проблем, автоматизуючи процес призначення IP-адрес. [5]

DHCP може підтримувати спосіб автоматичного динамічного розподілу адрес, а також більш прості способи ручного і автоматичного статичного призначення адрес. Протокол DHCP працює відповідно до моделі клієнт-сервер. Під час старту системи комп'ютер, що є DHCP-клієнтом, посилає в мережу запит на отримання IP-адреси. DHCP-сервер відгукується і посилає повідомлення-

відповідь, що містить IP-адресу. Передбачається, що DHCP-клієнт і DHCP-сервер знаходяться в одній IP-мережі.

При динамічному розподілі адрес DHCP-сервер видає адрес клієнту на обмежений час, так званий час оренди (lease duration), що дає можливість згодом повторно використовувати цей IP-адрес для призначення іншого комп'ютера. Основна перевага DHCP – автоматизація рутинної роботи адміністратора по конфігурації стека TCP/IP на кожному комп'ютері. Іноді динамічний розподіл адрес дозволяє будувати IP-мережу, кількість вузлів в якій перевищує кількість наявних у розпорядженні адміністратора IP-адрес.

У ручному процесі призначення статичних адрес активну участь приймає адміністратор, який надає DHCP-серверу інформацію про відповідність IP-адрес фізичним адресам. DHCP-сервер, користуючись цією інформацією, завжди видає певному клієнту призначену адміністратором адресу [5].

При автоматичному, статичному способі DHCP-сервер привласнює IP-адреси з пула готівкових IP-адрес, без втручання оператора. Межі пулу задає адміністратор при конфігуруванні DHCP-сервера. Адреса дається клієнту з пулу в постійне користування, тобто з необмеженим терміном оренди. Між ідентифікатором клієнта і його IP-адресою, як і при ручному призначенні, існує постійна відповідність. Вона встановлюється в момент першого призначення DHCP-сервером IP-адреси клієнта. При всіх наступних запитах сервер повертає ту саму IP-адресу.

DHCP забезпечує надійний і простий спосіб конфігурації мережі TCP / IP, гарантуючи відсутність дублювання адрес за рахунок централізованого управління їх розподілом. Адміністратор управляє процесом призначення адрес за допомогою параметра «тривалість оренди», яка визначає, як довго комп'ютер може використовувати призначену IP-адресу, перед тим як знову робити запит адреси від DHCP-сервера в оренду.

Прикладом роботи протоколу DHCP може служити ситуація, коли комп'ютер, що є DHCP-клієнтом, видаляється з підмережі. При цьому призначений йому IP-адреса автоматично звільняється. Коли комп'ютер підключається до іншої

підмережі, то йому автоматично призначається нову адресу. Ні користувач, ні мережевий адміністратор не втручаються в цей процес. Ця властивість дуже важливо для мобільних користувачів.

DHCP-сервер може призначити клієнту не тільки IP-адресу клієнта, але і інші параметри стека TCP/IP, необхідні для його ефективної роботи, наприклад, маску, IP-адресу маршрутизатора за замовчуванням, IP-адрес сервера DNS, доменне ім'я комп'ютера та інше [5].

Оскільки комп'ютерна мережа приватного підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД» належить до невеликих мереж з малою кількістю комп'ютерів, то її можна віднести до мереж класу С. Адреси класу С це адреси, призначені для використання в малих мережах. Адреса даного класу починається з двійкової комбінації 110. Отже, найменше доступне число 11000000 (десяткове 192), а найбільше 1101111 (десяткове значення 223). Якщо адреса в першому октеті містить числа від 192 до 223, значить він належить до класу С. Максимальне число мереж класу С складає 2 097 152 (2 в 21 степені). Кожна мережа цього класу підтримує до 254 пристроїв. Клас С займає 12,5% загального адресного простору протоколу IP [20].

Клас спроєктованої мережі – С (255.255.255.0), розділений на дві підмережі (255.255.255.128). Вибір класу мережі залежить від мережевої архітектури та кількості елементів мережі. Розподіл на підмережі був здійснений у зв'язку з розміщенням на різних поверхах. Для адресації використовується приватний діапазон 192.168.1.0/24 відповідно до стандарту RFC 1918 [4]. Розподіл IP-адрес по відділам підприємства наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розподіл IP-адрес

Назва	IP-адреса	Маска підмережі
PC 1	192.168.1.34	255.255.255.128
PC 2	192.168.1.35	255.255.255.128
PC 3	192.168.1.36	255.255.255.128
PC 4	192.168.1.66	255.255.255.128
PC 5	192.168.1.67	255.255.255.128
PC 6	192.168.1.68	255.255.255.128
PC 7	192.168.1.69	255.255.255.128
PC 8	192.168.1.70	255.255.255.128
PC 9	192.168.1.71	255.255.255.128
PC 10	192.168.1.98	255.255.255.128
PC 11	192.168.1.99	255.255.255.128
PC 12	192.168.1.100	255.255.255.128
PC 13	192.168.1.101	255.255.255.128
PC 14	192.168.1.102	255.255.255.128
Server 1(Internet)	192.168.1.1	255.255.255.0
Switch 1	192.168.1.2	255.255.255.128
Switch 2	192.168.1.33	255.255.255.128
Wi-Firouter 1	192.168.1.40	255.255.255.128
Printer	192.168.1.41	255.255.255.128

2.5 Вибір мережевого програмного забезпечення

Для серверу обрано операційну систему Windows Server 2022

Програма Windows Server 2022 – сучасна серверна операційна система від Microsoft, призначена для управління мережевою інфраструктурою підприємства. Windows Server 2022 забезпечує розширену багаторівневу безпеку завдяки технологіям Secured-core server та підтримці TLS 1.3. Вбудовані засоби гіпервізора Hyper-V дозволяють розгортати віртуальні машини та контейнери [18]. Система підтримує Active Directory для централізованого управління обліковими записами та груповими політиками. Windows Server 2022 включає DNS-сервер [19], DHCP-сервер [5], файловий сервер та сервер друку [6]. Підтримка Storage Spaces Direct забезпечує відмовостійке зберігання даних. Вбудований брандмауер Windows Defender забезпечує захист серверних ролей від мережевих атак [6].

Для персональних комп’ютерів обрано операційну систему Windows 11. Windows 11 є актуальною версією операційної системи від Microsoft, що забезпечує сучасний інтерфейс та розширені функції безпеки. Система підтримує апаратний модуль TPM 2.0, що забезпечує надійний захист облікових даних та шифрування

диска за допомогою BitLocker. Windows 11 оптимізована для роботи з багатозадачністю завдяки функції Snap Layouts і Snap Groups. Вбудований Microsoft Defender Antivirus забезпечує захист від шкідливого програмного забезпечення в режимі реального часу. Система підтримує підключення до домену Active Directory для централізованого управління корпоративними обліковими записами [7].

Системні вимоги Windows 11:

– процесор – 1 ГГц або швидший з 2 або більше ядрами (64-розрядний);
– ОЗУ – від 4 ГБ; сховище – від 64 ГБ;
– TPM версії 2.0; підтримка DirectX 12 і вище.

Для комутаторів обрана така операційна система TP-Link Omada SDN. TP-Link Omada SDN – програмне забезпечення для централізованого управління мережевою інфраструктурою, яке використовується в комутаторах і маршрутизаторах TP-Link серії Omada [8, 26]. Omada SDN є хмарним або локальним рішенням для управління мережею, яке виконує функції моніторингу, налаштування та діагностики пристроїв. В Omada SDN є зручний веб-інтерфейс та мобільний застосунок для управління мережею. Платформа забезпечує централізоване управління топологією мережі, балансуванням навантаження та налаштуванням VPN. Підтримуються розширені функції безпеки: контроль доступу (ACL), ізоляція VLAN, захист від атак типу ARP Spoofing. Omada SDN дозволяє налаштовувати пропускну здатність портів та пріоритет трафіку (QoS). Усі налаштування можна виконати через єдиний інтерфейс без необхідності безпосереднього доступу до кожного пристрою [8, 25].

2.6 Моделювання спроєктованої мережі

Для моделювання мережі використовують наступні програми:

– Cisco Packet Tracer;
– GNS3 (Graphical Network Simulator-3).

Cisco Packet Tracer – це потужний програмний емулятор від Cisco Systems, що дозволяє моделювати комп’ютерні мережі будь-якої складності. Підтримує

маршрутизатори, комутатори, бездротові точки доступу та кінцеві пристрої, організовуючи їх з практично безмежною кількістю пристроїв, знаходити застосування обладнання та налагоджувати його під певні завдання тієї чи іншої середовища. Програма дає можливість формуванню якостей швидкості прийняття рішення, креативного підходу і критичного мислення. Налаштовувати конфігурацію і усувати неполадки мереж із застосуванням віртуального обладнання та імітацією з'єднання можна поодинці. Головна перевага CiscoPacketTracer - безкоштовність даного продукту [9]. CiscoPacketTracer надає користувачам зрозумілу інтерактивну середу навчання. Користувачі можуть власними руками створити свою віртуальну «мережу світів» для дослідження та відпрацювання мережевих сценаріїв без реального обладнанняогій мереж.

Cisco Packet Tracer має такі основні можливості:

– Дозволяє моделювати топології мереж практично будь-якого розміру;
– Доступний режим симуляції;
– Моделювання мережі в режимі реального часу;
– Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;
– Багатомовність;
– Велика кількість різного устаткування.

GNS3 (Graphical Network Simulator-3) – програмний емулятор мереж з відкритим кодом [27], що дозволяє запускати реальні образи ОС (Cisco IOS, TP-Link Omada, MikroTik RouterOS) у віртуальному середовищі. Підтримує інтеграцію з VirtualBox та VMware для моделювання повноцінних топологійнів, інструменти для автоматизації процесів і управління трудовими ресурсами, систему захисту з підтримкою розмежування рівнів доступу, оболонку для створення звітів, професійні засоби управління і гнучко настроюється призначений для користувача веб-інтерфейс з широким спектром можливостей візуалізації. Система надає можливість перегляду об'єктів в текстовому і графічному варіантах. Текстовий інтерфейс дає можливість переглянути всі об'єкти одного типу на одній сторінці, зайти всередину і керувати їх дочірніми об'єктами. Графічний інтерфейс використовує візуалізацію різнотипних об'єктів, які знаходяться під одним

географічної або фізичної локацією, дозволяє впорядкувати різними способами, розмістити їх на карті, застосувати кольорове маркування для поліпшення візуального сприйняття і т.д. Як текстовий, так і графічний режими надають абсолютно однакові можливості управління об’єктами і їх параметрами. Ядро продукту написано на Java EE з використанням EJB, рідний сервер додатків - Weblogic. За базу даних використовується Oracle. NetCrackerFramework використовує промислові з можливістю одночасного запуску десятків віртуальних вузлів. GNS3 є стандартом галузі для підготовки до сертифікацій Cisco CCNA/CCNP [10, 27].

Для моделювання спроектованої мережі обрано програму GNS3 [10].

Результати моделювання спроєктованої мережі в програмі GNS3 представлено на рисунках 2.10 та 2.11.

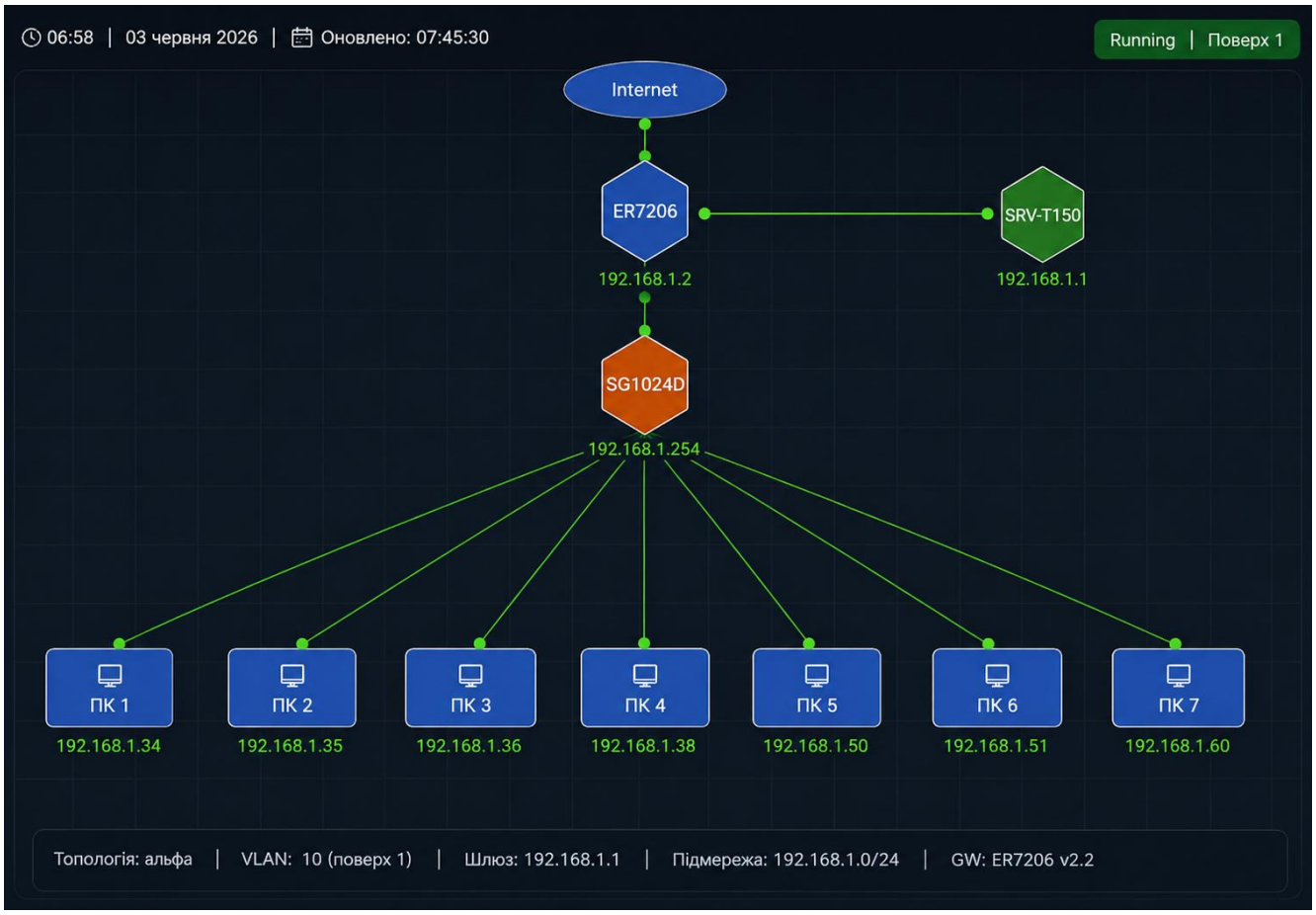

Рисунок 2.10 – Модель мережі 1-й поверх (GNS3)

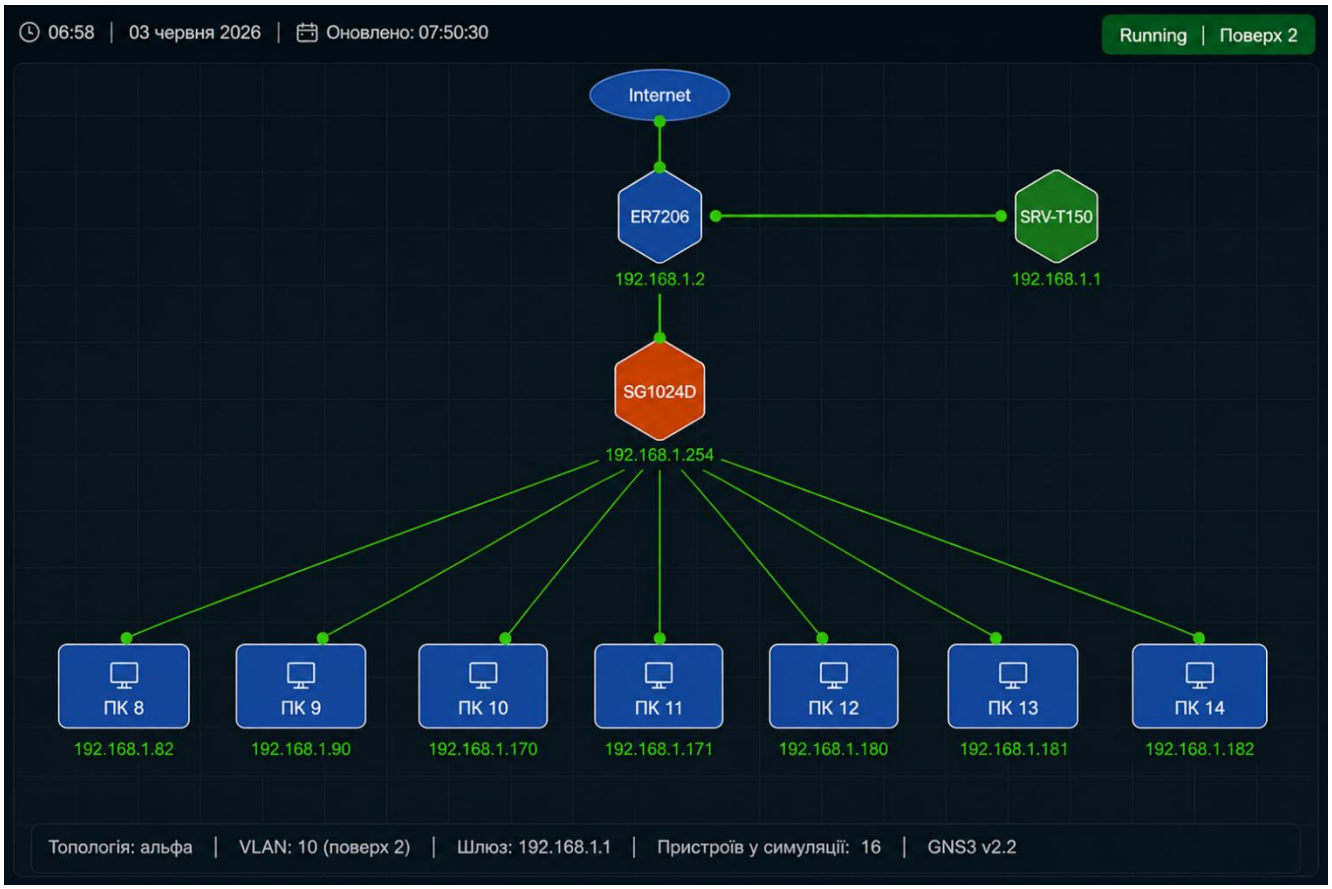

Рисунок 2.11 – Модель мережі 2-й поверх (GNS3)

2.7 Аналіз продуктивності та оцінка навантаження комп'ютерної мережі

Робоча станція мережі передає кадр даних в мережу Ethernet. Передаваний кадр спочатку «подорожує» з сегменту мережі до моста або маршрутизатора з тією швидкістю, на якій працює мережа. Потрапивши в маршрутизатор або міст, кадр копіюється з мережі в буфер пристрою, перетворюється в інший формат, а потім (за наявності вільного каналу) передається через глобальну мережу з швидкістю, набагато меншою, ніж та, з якою кадр передавався з локальної мережі на пристрій маршрутизації. Час обслуговування поточного кадру залежить від того, скільки кадрів надійшло на мережевий пристрій безпосередньо перед поточним: чим більше таких кадрів, тим довшим є час очікування.

Застосування теорії систем масового обслуговування

Використовуючи математичний апарат теорії систем масового обслуговування [12, 29], можна обчислити залежність часу передачі кадрів від швидкості роботи глобальної мережі без підключення до реальних каналів [12].

Такі обчислення дозволяють відповісти на безліч питань щодо продуктивності мережі: який середній час затримки кадрів на мості/маршрутизаторі, як може вплинути на величину цих затримок зростання швидкості роботи каналу зв'язку глобальної мережі і за яких умов зростання швидкості обміну інформацією по каналах глобальної мережі не приводить до істотного збільшення продуктивності моста/маршрутизатора [13].

Розрахунок навантаження мережі:

Дано:

– число станцій – 14;

– число транзакцій (кадрів) від однієї станції – 32000.

Режим роботи – денний (8 годин). Під час найбільшого навантаження (ЧНН) передається 20% від всього числа передаваних кадрів.

Розмір кадру 1526 байт.

Знайти:

– швидкість надходження кадрів;

– середню швидкість обслуговування;

– ступінь використання обслуговуючого пристрою(вірогідність відсутності заявок);

– середнє число об'єктів в черзі;

– середній час знаходження заявки в системі

Рішення

1) У годину через вузол мережі проходить:

– при Гаусовому розподілі N = 32000 * 12 * 0,2 = 76 800 кадрів,

– при рівномірному розподілі N = 32000 * 12/8 = 48 000 кадрів.

Швидкість надходження кадрів знайдемо діленням отриманих чисел на 3600:

– при Гаусовому розподілі 76 800/3600 = 21 кадр/сек.

– при рівномірному розподілі 48000/3600 = 13 кадр/сек.

2) Для розрахунку середньої швидкості обслуговування слід задатися певним значенням швидкості роботи глобальної мережі. Всі обчислення легко повторити

для іншого значення швидкості. Приймемо швидкість обміну інформацією рівної 1024 000 бит/с. Тоді час, необхідний для передачі одного кадру довжиною 1526 байт, складе 0,01 секунди.

Очікуваний час обслуговування рівний 0,01 сек., тоді середня швидкість обслуговування (величина, зворотня до очікуваного часу обслуговування) складе 100 кадрів за секунду.

З розрахунків виходить, що при таких швидкостях обслуговування і надходження кадрів даний канал справиться з трафіком, що надходить.

3) Ступінь використання технічних можливостей обслуговуючого пристрою (P) в системі можна визначити, поділивши середню швидкість надходження заявок на середню швидкість обслуговування:

– при Гаусовому розподілі P = 21/100 = 0,21, тобто 21%;

– при рівномірному розподілі P = 13/100 = 0,13, тобто 13%.

Знаючи ступінь використання обслуговуючого пристрою, можна легко визначити вірогідність відсутності заявок (кадрів) в даний момент часу

P_0: $P_0 = 1 – P$.

– при Гаусовому розподілі $P_0 = 1 – 0,21 = 0,79 = 79\%$.

– при рівномірному розподілі P0 = 1 – 0,13 = 0,87 = 87%.

З’ясуємо, як формуються черги кадрів, і як впливають пов’язані з чергами затримки на процес передачі кадрів від однієї мережі до іншої.

4) У теорії масового обслуговування середнє число об’єктів (unit) в системі зазвичай позначається L, а середнє число об’єктів в черзі - L_q. Для одноканальної системи L дорівнює середній швидкості надходження заявок, що ділиться на різницю між середньою швидкістю обслуговування і швидкістю надходження заявок:

– при Гаусовому розподілі L = 21 / (100 – 21) = 0,2658,

– при рівномірному розподілі L = 13 / (100 – 13) = 0,1494.

Таким чином, в буфері маршрутизатора і лінії зв’язку у будь-який момент знаходиться трохи більше (15 –27)% одного кадру. Щоб визначити середнє число

об’єктів в черзі (L_q), перемножимо ступінь використання обслуговуючого пристрою (P) на число об’єктів в системі (L):

– при Гаусовому розподілі $L_q = 0,2658 * 21 = 5,58$,

– при рівномірному розподілі $L_q = 0,1494 * 13 = 1,94$.

Теорія масового обслуговування дозволяє розрахувати середній час знаходження об’єкту в системі (t_ω) і середній час очікування в черзі ($t_{\omega q}$).

5) Середній час знаходження в системі є величиною, зворотною різниці між швидкістю обслуговування і швидкістю надходження заявок. Підставивши числа з нашого прикладу, знайдемо, що в даному випадку кожен кадр проводить в системі в середньому:

– при розподілі Гауса $t_\omega = 1 / (100 - 21) = 0,0127$ с.

– при рівномірному розподілі $t_\omega = 1 / (100 – 13) = 0,0115$ с.

Черги в системі характеризуються ще часом очікування $t_{\omega q}$, яке рівне $t_{\omega q} = t_\omega * P$. Таким чином, для нашої мережі:

– при Гаусовому розподілі $t_{\omega q} = 0,0127* 0,21 = 26,67*10^{-4}$ с,

– при рівномірному розподілі $t_{\omega q} = 0,0115 * 0,13 = 14,95*10^{-4}$ с.

2.8 Розрахунок завантаженості сервера

Дано:

– число станцій – 14;

– швидкість формування запитів від однієї станції – 21 запит/с (типове навантаження для офісного сервера).

Знайти:

– швидкість надходження кадрів;

– середню швидкість обслуговування;

– ступінь використання серверу.

Вхідні дані представлені на рисунку 2.12.

Рисунок 2.12 – Вхідні дані для розрахунку завантаженості серверу

Результати розрахунку наведено на рисунку 2.13.

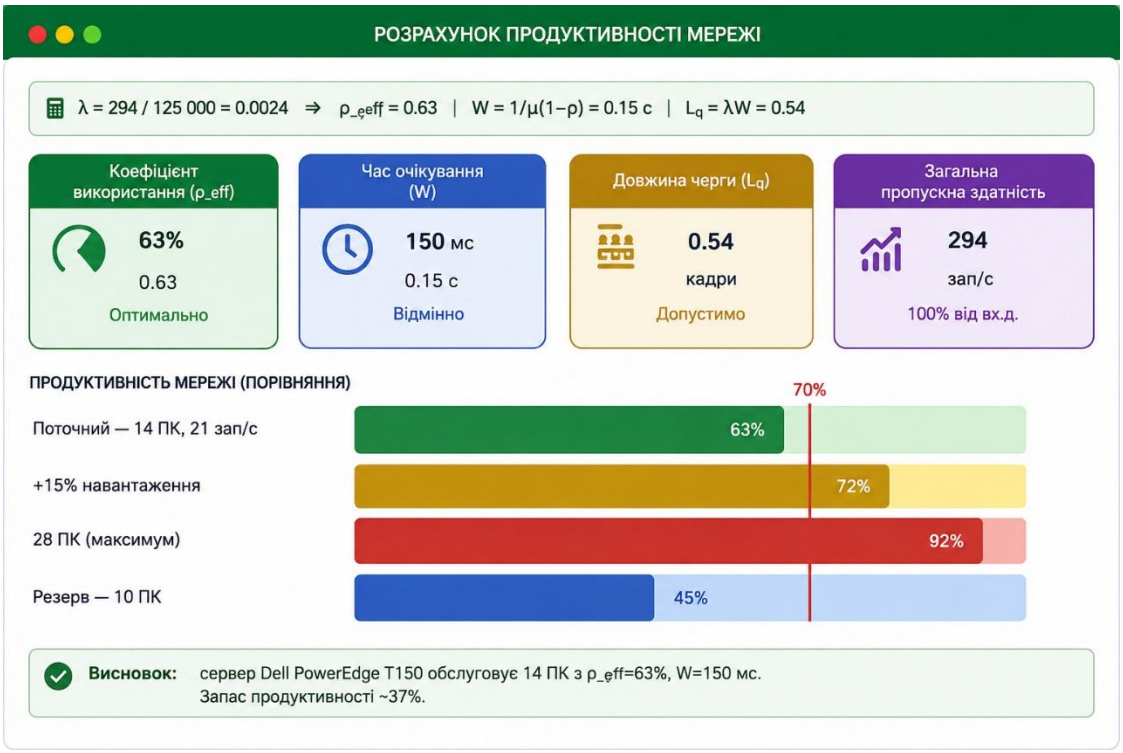

Рисунок 2.13 – Результати розрахунку завантаженості серверу

З розрахунків видно, що значення утилізації сервера дорівнює 0,63, а це означає що сервер працює 63 % свого часу.

Середній час відгуку 0,15 сек., що є відмінним показником працездатності сервера. При збільшенні утилізації сервера на 15%, час збільшується до 0,17 сек.

Результати розрахунків свідчать про коректність роботи сервера за зазначених умов.

2.9 Розрахунок дальності ефективного прийому сигналу

Оскільки для роутера середовище передачі бездротове, то потрібно розрахувати дальність ефективного прийому сигналу.

Розглянемо формулу розрахунку дальності. Вона береться з інженерної формули розрахунку втрат у вільному просторі:

$$b = 33 + 20(\lg F + \lg D)\,, \qquad (2.1)$$

де b – втрати у вільному просторі (дБ);

F – центральна частота каналу, на якому працює система зв'язку (МГц);

D – відстань між двома точками (км).

Побудуємо графік залежності втрат від відстані (рисунок 2.14), користуючись формулою 2.1.

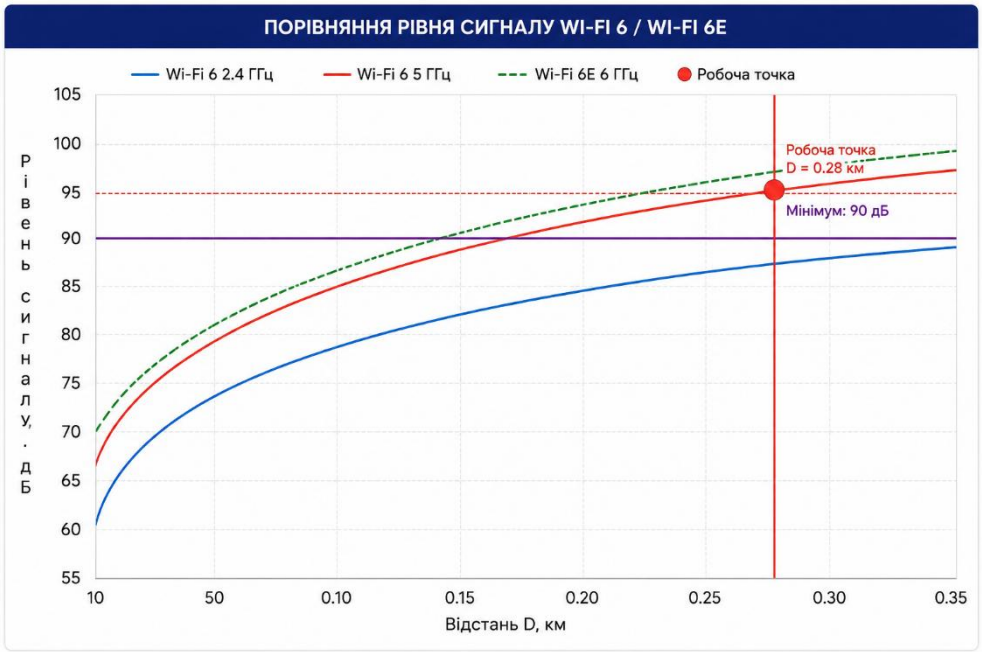

Рисунок 2.14 – Залежність втрат від відстані

Значення b визначається сумарним посиленням системи. Воно розраховується таким чином:

$$Y_{дБ} = P_{t,дБмВт} + G_{t,дБи} + G_{r,дБи} - P_{\min,дБмВт} - L_{t,дБ} - L_{r,дБ}, \qquad (2.2)$$

де $P_{t,дБмВт}$ – потужність передавача;

$G_{t,дБи}$ – коефіцієнт посилення антени, що передає;

$G_{r,дБи}$ – коефіцієнт посилення антени, що приймає;

$P_{\min,дБмВт}$ – чутливість приймача на даній швидкості;

$L_{t,дБ}$ – втрати сигналу в коаксіальному кабелі і роз'ємах передавального тракту;

$L_{r,дБ}$ – втрати сигналу в коаксіальному кабелі і роз'ємах приймального тракту.

Для забезпечення стійкого зв'язку повинна виконуватись рівність

$$b = Y_{дБ} - SOM, \qquad (2.3)$$

де SOM (System Operating Margin) – запас на завмирання (дБ).

Запас на завмирання враховує можливі чинники, що негативно впливають на дальність зв'язку, такі як:

1. Температурний дрейф чутливості приймача і вихідної потужності передавача;
2. Атмосферні явища: туман, сніг, дощ;
3. Неузгодженість антени, приймача, передавача з антенно-фідерним траком.

Параметр SOM зазвичай береться рівним 10 дБ. Вважається, що запас у 10 дБ по посиленню достатній для інженерної похибки.

У результаті отримаємо формулу дальності зв'язку:

$$D = 10^{\left(\frac{Y_{дБ} - SOM}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)}. \qquad (2.4)$$

Оскільки мережа призначена для роботи в невеликому приміщенні, відстані від точки доступу до клієнтів у якому мінімальні, а робота за межами приміщення не планується, розрахунки проведемо лише для швидкості 300 Мбіт / с.

Для обраного обладнання TP-Link TL-ER7206 (стандарт Wi-Fi 6, діапазон 2.4/5 ГГц) $P_{t,дБмВт}$=23 дБм (типова потужність передавача Wi-Fi 6), $G_{t,дБи}$=2 дБі, $G_{r,дБи}$=2 дБі, $P_{\min,дБмВт}$= -76 дБм (чутливість приймача Wi-Fi 6 при MCS9). Втратами сигналу в коаксіальному кабелі і роз'ємах передавального і приймального тракту можна знехтувати, оскільки вони незначні. Підставивши дані в формулу 2.2 отримаємо сумарне посилення системи:

$Y_{дБ}$ = 118 дБ.

Розрахуємо дальність ефективного прийому сигналу за формулою 2.4:

D = 0,2818 км = 282 м.

Даної відстані достатньо для покриття всієї площі приміщень підприємства «МАЛАНКА ТРЕЙД» (два поверхи). Стандарт Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) додатково забезпечує ефективну роботу при наявності 14 і більше одночасно підключених пристроїв завдяки технології OFDMA [16].

Повна пропускна можливість точки доступу ділиться порівну між кількістю клієнтів, що до неї під'єднані. Тому, при максимальному завантажені мережі, на кожного користувача буде виділено 1300/10 = 130 Мбіт/с.

У другому розділі виконано проєктування локальної комп'ютерної мережі для ПП «МАЛАНКА ТРЕЙД» з урахуванням структури підприємства та вимог до його інформаційної інфраструктури. Розроблено топологію мережі, яка забезпечує підключення 14 робочих станцій, сервера Dell PowerEdge T150, маршрутизатора TP-Link TL-ER7206, двох комутаторів TP-Link TL-SG1024D та периферійних пристроїв.

Обґрунтовано вибір мережевого обладнання та програмного забезпечення, зокрема операційних систем Windows Server 2022 і Windows 11, а також платформи централізованого керування TP-Link Omada SDN. Розроблено схему IP-адресації та організовано розподіл мережевих ресурсів між користувачами мережі.

Для перевірки працездатності проєкту виконано моделювання мережі в середовищі GNS3, що підтвердило коректність обраної структури та взаємодію всіх мережевих вузлів. Проведено аналіз продуктивності мережі за допомогою методів

теорії систем масового обслуговування. Результати розрахунків показали, що мережа має достатній запас пропускної здатності, низький рівень завантаження обладнання та забезпечує стабільну роботу в умовах пікових навантажень.

Отже, спроєктована локальна комп’ютерна мережа відповідає потребам підприємства, забезпечує надійну передачу даних, централізоване адміністрування та можливість подальшого розширення мережевої інфраструктури.

РОЗДІЛ 3 ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ В МЕРЕЖІ

3.1 Загальні принципи захисту інформації

Інформаційна безпека є одним із ключових аспектів функціонування сучасної комп'ютерної мережі. Основною метою захисту інформації є забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних, що передаються та зберігаються в мережі підприємства.

Для локальної комп'ютерної мережі ПП «МАЛАНКА ТРЕЙД» захист інформації реалізується на основі комплексного підходу, який включає організаційні, програмні та технічні заходи безпеки. Основними загрозами для мережі є:

- несанкціонований доступ до мережевих ресурсів;
- шкідливе програмне забезпечення;
- перехоплення мережевого трафіку;
- витік службової інформації;
- порушення працездатності мережевого обладнання;
- мережеві атаки на сервери та робочі станції.

Для мінімізації зазначених ризиків застосовуються сучасні засоби автентифікації користувачів, мережеві екрани, антивірусний захист та механізми розмежування доступу [6, 28].

3.2 Захист мережевої інфраструктури

Основним пристроєм захисту периметра мережі є маршрутизатор TP-Link TL-ER7206, який виконує функції маршрутизації, фільтрації трафіку та підтримує VPN-з'єднання.

Для захисту мережевої інфраструктури використовуються такі механізми:

- NAT (Network Address Translation);
- Stateful Packet Inspection (SPI);
- Access Control Lists (ACL);
- VPN-з'єднання для віддаленого доступу;

- захист від ARP Spoofing;
- фільтрація IP-адрес і портів;
- контроль міжмережевого трафіку [2].

Додатково централізований контроль мережевого обладнання здійснюється через платформу TP-Link Omada SDN, яка дозволяє виконувати моніторинг стану мережі та виявляти потенційні загрози безпеці [8, 25].

3.3 Захист серверів і робочих станцій

У мережі підприємства використовується сервер Dell PowerEdge T150 під керуванням операційної системи Windows Server 2022 та робочі станції з операційною системою Windows 11.

Для забезпечення безпеки серверів і робочих станцій застосовуються:

- доменна автентифікація Active Directory;
- політики групової безпеки (Group Policy);
- вбудований брандмауер Windows Defender Firewall;
- Microsoft Defender Antivirus;
- регулярне оновлення операційних систем;
- резервне копіювання критично важливих даних;
- контроль прав доступу до файлів і каталогів [17].

Для захисту конфіденційної інформації використовується технологія BitLocker, яка забезпечує шифрування жорстких дисків та захист даних у разі фізичної втрати обладнання [7].

3.4 Розмежування доступу до ресурсів мережі

Для забезпечення безпечного доступу до інформаційних ресурсів використовується модель рольового управління доступом.

Користувачі мережі поділяються на такі групи:

- адміністратори мережі;
- керівництво підприємства;
- працівники бухгалтерії;

- менеджери;
- звичайні користувачі.

Кожній групі надаються лише ті права доступу, які необхідні для виконання службових обов’язків. Такий підхід реалізує принцип мінімально необхідних привілеїв та зменшує ризик несанкціонованого доступу до інформації [6, 28].

3.5 Організація резервного копіювання

Для забезпечення збереження даних на сервері організовується система резервного копіювання.

Передбачається:

- щоденне інкрементне резервне копіювання;
- щотижневе повне резервне копіювання;
- зберігання резервних копій на окремому носії;
- контроль успішності виконання резервування.

Використання резервного копіювання дозволяє швидко відновити працездатність системи у випадку збоїв обладнання, програмних помилок або кібератак [6].

У розділі розглянуто основні заходи щодо забезпечення інформаційної безпеки локальної комп’ютерної мережі ПП «МАЛАНКА ТРЕЙД». Запропоновано комплексний підхід до захисту інформації, який включає використання засобів мережевої безпеки маршрутизатора TP-Link TL-ER7206, централізованого управління через TP-Link Omada SDN, доменної автентифікації Windows Server 2022, антивірусного захисту Microsoft Defender, шифрування даних BitLocker та системи резервного копіювання. Реалізація зазначених заходів забезпечує належний рівень захисту інформаційних ресурсів підприємства, підвищує надійність функціонування мережі та знижує ризики виникнення інцидентів інформаційної безпеки.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було виконано проєктування та дослідження локальної комп’ютерної мережі підприємства «Малинка Трейд». У ході роботи проведено аналіз діяльності підприємства, визначено вимоги до мережевої інфраструктури та обґрунтовано вибір мережевого обладнання і програмного забезпечення.

У результаті проєктування розроблено структуру локальної мережі, яка забезпечує роботу 14 персональних комп’ютерів, сервера Dell PowerEdge T150, двох комутаторів TP-Link TL-SG1024D та маршрутизатора TP-Link TL-ER7206. Для підвищення ефективності управління мережею передбачено використання операційної системи Windows Server 2022 та платформи централізованого керування TP-Link Omada SDN.

Було виконано логічне проєктування мережі із застосуванням IP-адресації та розподілом мережевих ресурсів між робочими станціями, сервером, комутаторами та периферійними пристроями. Для перевірки працездатності спроєктованої мережі проведено її моделювання в середовищі GNS3, що підтвердило коректність обраної топології та взаємодію всіх вузлів мережі.

На основі методів теорії систем масового обслуговування було виконано розрахунок основних параметрів мережі. Отримані результати показали, що при інтенсивності надходження трафіку 21 кадр/с та середній швидкості обслуговування 100 кадр/с коефіцієнт завантаження каналу становить лише 21 %, а ймовірність відсутності черги досягає 79 %. Це свідчить про наявність достатнього резерву продуктивності та можливість подальшого розширення мережі без суттєвого погіршення якості обслуговування користувачів.

Поставлені у кваліфікаційній роботі завдання виконані в повному обсязі. Розроблена мережа забезпечує надійну передачу даних, централізоване адміністрування, високий рівень безпеки та можливість подальшої модернізації відповідно до потреб підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dell Technologies. *PowerEdge T150 Technical Guide* URL: https://www.dell.com/support. (дата звернення: 15.05.2026).
2. TP-Link Technologies Co., Ltd. *ER7206 Omada Gigabit VPN Router* URL: https://www.tp-link.com. (дата звернення: 15.05.2026).
3. TP-Link Technologies Co., Ltd. *TL-SG1024D 24-Port Gigabit Desktop/Rackmount Switch* URL: https://www.tp-link.com. (дата звернення: 15.05.2026).
4. Rekhter Y., Moskowitz B., Karrenberg D., Groot G., Lear E. *Address Allocation for Private Internets (RFC 1918)* URL: https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1918. (дата звернення: 15.05.2026).
5. Droms R. *Dynamic Host Configuration Protocol (RFC 2131)* URL: https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2131. (дата звернення: 15.05.2026).
6. Microsoft Corporation. *Windows Server 2022 Documentation* URL: https://learn.microsoft.com/windows-server. (дата звернення: 15.05.2026).
7. Microsoft Corporation. *Windows 11 Documentation* URL: https://learn.microsoft.com/windows. (дата звернення: 15.05.2026).
8. TP-Link Technologies Co., Ltd. *Omada Software Defined Networking (SDN) Solution* URL: https://www.tp-link.com/omada-sdn. (дата звернення: 15.05.2026).
9. Cisco Networking Academy. *Cisco Packet Tracer* URL: https://www.netacad.com/courses/packet-tracer. (дата звернення: 15.05.2026).
10. GNS3 Technologies Inc. *GNS3 Documentation* URL: https://docs.gns3.com. (дата звернення: 15.05.2026).
11. Таненбаум Е., Везеролл Д. Комп’ютерні мережі. 5-те вид. Київ : Вільямс, 2020. 960 с.
12. Stallings W. Data and Computer Communications. 11th ed. New York : Pearson, 2020. 888 p.

13. Kurose J., Ross K. Computer Networking: A Top-Down Approach. 8th ed. Boston : Pearson, 2021. 864 p.
14. Cisco Systems. Introduction to Networks (ITN) Companion Guide. Cisco Press, 2022. 1024 p.
15. IEEE Standard for Ethernet IEEE 802.3-2022 URL: https://standards.ieee.org. (дата звернення: 02.06.2026).
16. IEEE Standard for Wireless LAN IEEE 802.11ax-2021 URL: https://standards.ieee.org. (дата звернення: 02.06.2026).
17. Microsoft Corporation. Active Directory Domain Services Overview URL y: https://learn.microsoft.com. (дата звернення: 02.06.2026).
18. Microsoft Corporation. Hyper-V on Windows Server URL: https://learn.microsoft.com. (дата звернення: 02.06.2026).
19. Microsoft Corporation. DNS Server Documentation URL: https://learn.microsoft.com. (дата звернення: 02.06.2026).
20. RFC 791. Internet Protocol URL: https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc791. (дата звернення: 02.06.2026).
21. RFC 793. Transmission Control Protocol URL: https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc793. (дата звернення: 02.06.2026).
22. RFC 1035. Domain Names – Implementation and Specification URL: https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1035. (дата звернення: 02.06.2026).
23. RFC 8200. Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification [URL: https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc8200. (дата звернення: 02.06.2026).
24. Dell Technologies. iDRAC9 User’s Guide URL: https://www.dell.com/support. (дата звернення: 02.06.2026).
25. TP-Link Technologies Co., Ltd. Omada SDN Deployment Guide URL: https://www.tp-link.com. (дата звернення: 02.06.2026).
26. TP-Link Technologies Co., Ltd. Business Networking Solution Guide URL: https://www.tp-link.com. (дата звернення: 02.06.2026).
27. GNS3 Technologies Inc. Getting Started with GNS3 URL: https://docs.gns3.com. (дата звернення: 02.06.2026).

28. Бурячок В. Л., Толубко В. Б., Хорошко В. О. Комп’ютерні мережі : підручник. Київ : ДУТ, 2021. 612 с.
29. Баранов В. В. Комп’ютерні мережі : навчальний посібник. Львів : Новий Світ-2000, 2020. 400 с.
30. Грицюк Ю. І. Комп’ютерні мережі та телекомунікації : навчальний посібник. Львів : Львівська політехніка, 2022. 356 с.
31. Основи комп’ютерних мереж : навчальний посібник / за ред. В. М. Орлика. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 420 с.