

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерної інженерії та управління _____

Кафедра _____ електронних обчислювальних машин _____

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Спеціальність _____ 123 «Комп'ютерна інженерія» _____
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ Комп'ютерна інженерія _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві _____ Шилову Олексію Геннадійовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Розподілена комп'ютерна мережа підприємства _____

затверджена наказом по університету від “ 26 ” _____ травня _____ 2025 р. № _____ 425 Ст _____

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії _____ 17 червня 2025 р. _____

3. Вхідні дані до роботи _____

1. Розробка комп'ютерної мережі підприємства _____

2. Опис організаційної структури підприємства _____

3. Вимоги до швидкості передачі інформації в мережі _____

4. Перелік використаних програмних засобів: ОС Windows 10 _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі _____

1. Аналіз стану проблеми _____

2. Огляд сучасних та майбутніх технологій передачі даних _____

3. Огляд сучасних та майбутніх тенденцій побудови корпоративних мереж _____

4. Розробка загальної структури мережі підприємства _____

5. Аналіз та вибір апаратних засобів реалізації _____

6. Висновки _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій 13 слайдів

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється 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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Строк / терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасного стану проблеми та методів її вирішення	26.05.25-29.05.25	
2	Аналіз роботи підприємства	30.05.25-05.06.25	
3	Розробка структури корпоративної мережі підприємства	06.06.25-09.06.25	
4	Вибір апаратних засобів реалізації мережі	10.06.25-09.06.25	
5	Оформлення матеріалів кваліфікаційної роботи	10.06.25-11.08.25	
6	Подання кваліфікаційної роботи керівникові та її попередній захист	12.06.25	
7	Подання кваліфікаційної роботи на рецензування	15.06.25	

Дата видачі завдання “ 26 ” травня 2025 р.

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

ст. викл. Станіслав ПАРТИКА
(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 64 с., 23 рис., 1 табл., 1 дод., 1 джерел.

ETHERNET, КОМУТАТОР, ЛОКАЛЬНА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА МЕРЕЖА, МОДЕМ, НАДІЙНІСТЬ, ПРОПУСКНА СПРОМОЖНІСТЬ МЕРЕЖІ, СЕРВЕР, ТОПОЛОГІЯ, ПРОТОКОЛ, ШВИДКОДІЯ.

Метою кваліфікаційної роботи є проектування функціональної та надійної комп'ютерної мережі для підприємства із середнім робочим навантаженням двадцять п'ять співробітників. Основна стратегія проектування комп'ютерної мережі буде зосереджена на аналізі поточного стану, що визначає основні елементи.

Проведено аналіз специфіки установи, його структури и розташування. Сформульовано вимоги до проєктованої мережі. Здійснено вибір базової топології мережі и технології передачі даних. Розроблені структурна и функціональна схеми мережі підприємства.

ABSTRACT

Bachelor's thesis: 64 pages, 23 figures, 1 tables, 1 appendices, 9 sources.

ETHERNET, SWITCH, LOCAL COMPUTER NETWORK, MODEM, RELIABILITY, NETWORK BANDWIDTH, SERVER, TOPOLOGY, PROTOCOL, SPEED.

The purpose of the qualification work is to design a functional and reliable computer network for an enterprise with an average workload of twenty-five employees. The main strategy for designing a computer network will be focused on analyzing the current state, which determines the main elements.

The specifics of the institution, its structure and location have been analyzed. Requirements for the designed network have been formulated. The basic network topology and data transmission technology have been selected. The structural and functional diagrams of the enterprise network have been developed.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	8
ВСТУП	9
1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.....	10
1.1 Таксономія комп'ютерних мереж	10
1.2 Мережеве обладнання.....	14
1.2.1 Мережеві карти.....	15
1.2.2 З'єднувальні кабелі.....	15
1.2.3 Способи доступу до середовища передачі	18
1.2.4 Активні елементи мережі.....	20
1.3 Стандарти мережевого обладнання.....	22
2 МЕРЕЖЕВА ВЗАЄМОДІЯ	25
2.1 Спілкування в мережах.....	25
2.2 Модель ISO/OSI.....	25
2.3 Стек протоколів TCP/IP	30
2 АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ МЕРЕЖІ	35
2.1 Характеристика підприємства	35
2.2 Аналіз будівель підприємства.....	35
2.3 Аналіз будівель підприємства.....	36
2.4 Поточний стан інформаційних технологій підприємства	38
3 ПРОЕКТ МЕРЕЖІ.....	41
3.1 Проектування топології.....	41
3.2 Проектування технології передачі	41
3.3 Визначення кількості точок підключення	42
3.4 Кабельні траси	45
3.4.1 Будівля А.....	45
3.4.2 Будівля В.....	48
3.5 Монтаж шаф розподілу даних	49

3.6 Логічна схема мережі.....	50
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	56
ДОДАТОК А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	57

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

AP – точка доступу (англ. Access Point)

IEEE – інститут інженерів з електротехніки та електроніки (англ. Institute of Electrical and Electronics Engineers)

IP – міжмережевий протокол (англ. Internet Protocol)

ISO – міжнародна організація зі стандартизації (англ. International Organization for Standardization)

FTP – протокол передачі файлів, (англ., File Transfer Protocol)

HTTP – протокол передачі гіпертекстової інформації, Hypertext Transfer Protocol)

LAN – локальна мережа, (англ., Local Area Network)

OSI – модель взаємодії відкритих систем, (англ., Open System Interconnection)

STP – екранована кручена пара, (англ., Shielded Twisted Pair)

VLAN – віртуальна локальна мережа, (англ., Virtual Local Area Network)

ВСТУП

Масове поширення Інтернету перетворило комп'ютерні мережі на невід'ємний фундамент інфраструктури XXI століття. Вони стали критично важливими для функціонування не лише корпоративних установ, компаній та навчальних закладів, а й звичайних домогосподарств.

Однією з ключових проблем сучасних підприємств є оперативне та якісне управління інформаційними потоками. У зв'язку з цим наявність надійної, продуктивної та захищеної комп'ютерної мережі більше не є виключною потребою ІТ-компаній, а стала стратегічно важливою для бізнес-структур будь-якого масштабу. Інвестиції в розвиток мережевої інфраструктури сьогодні є не лише доцільними, а й необхідними з точки зору підвищення конкурентоспроможності та забезпечення стабільності діяльності [1].

Процес проектування комп'ютерної мережі не обмежується лише дотриманням технічних рекомендацій виробників мережевого обладнання. Він вимагає комплексного підходу, що враховує чинні стандарти, вимоги до інформаційної безпеки, а також забезпечує інтеграцію мережі з глобальним інформаційним середовищем.

Функціональна комп'ютерна мережа повинна гарантувати користувачам можливість ефективного обміну інформацією, доступ до спільних ресурсів, використання засобів для колективної роботи, а також безперебійний доступ до даних, включно з віддаленим підключенням. Якісно реалізована мережа забезпечує високий рівень надання послуг, сприяє безперервності бізнес-процесів і створює передумови для подальшого зростання організації, для якої вона впроваджується.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Комп'ютерна мережа – це система, що забезпечує зв'язок між двома або більше комп'ютерами з метою обміну інформацією та спільного використання ресурсів [1].

Для забезпечення взаємодії між пристроями необхідне встановлення спеціалізованого програмного забезпечення, яке підтримує мережеві протоколи. Зазвичай таке програмне забезпечення вже інтегроване в операційні системи сучасних комп'ютерів.

Основні складові комп'ютерної мережі поділяються на такі категорії:

- мережеві комп'ютери;
- мережеве обладнання;
- мережеве програмне забезпечення.

Під мережевими комп'ютерами розуміють звичайні комп'ютери, що підключені до мережі і беруть участь у обміні даними. Мережеве обладнання включає фізичні компоненти, такі як кабелі, активні мережеві пристрої (комутатори, маршрутизатори) та мережеві адаптери, встановлені в комп'ютерах [2].

Мережеве програмне забезпечення – це спеціалізовані програми, що працюють на комп'ютерах або серверах, забезпечуючи організацію мережевих функцій і сервісів.

1.1 Таксономія комп'ютерних мереж

Таксономія, або класифікація комп'ютерних мереж, полягає у їх поділі за різними ознаками та критеріями. Варто зазначити, що ці критерії не завжди є чіткими, а межі між типами мереж можуть бути розмитими і змінюватись з розвитком технологій, а також у відповідь на змінні потреби користувачів [2].

Локальні мережі (LAN) – це невеликі мережі, які обмежуються одним фізичним розташуванням, наприклад, одним підприємством, будівлею або приміщенням.

До їх складу входять кінцеві комп'ютери з мережевими адаптерами, пристрої введення-виведення, а також комунікаційні засоби, що забезпечують їх взаємозв'язок. LAN забезпечують обмін даними між пристроями, а також спільне використання ресурсів, таких як принтери чи сканери. Найпоширенішими технологіями передачі даних у локальних мережах є Ethernet, Token Ring та FDDI.

Іншим типом мереж є міські мережі (MAN), які охоплюють територію міста, зазвичай з радіусом до 75 км. MAN більші за LAN, але менші за глобальні мережі (WAN). У міських мережах використовується як кабельне, так і безпроводне підключення.

Найбільшими за площею є глобальні мережі (WAN), які об'єднують локальні та регіональні мережі на значних відстанях – від десятків до сотень кілометрів. З'єднання в WAN здійснюються через спеціалізовані лінії зв'язку або безпроводні технології. Найвідомішою мережею WAN є Інтернет.

Топологія мережі визначає спосіб розташування її елементів, тобто фізичну або логічну структуру мережі, а також характер взаємозв'язків між пристроями. Існує кілька типів топологій, причому мережі часто поєднують різні їх варіанти.

Топологія «шина» являє собою просту структуру, де всі пристрої підключені до єдиного каналу передачі даних – загального кабелю (рисунок 1.1). Кінцеві точки кабелю обладнані термінаторами, які запобігають відбиттю сигналу. Для реалізації топології шина найчастіше застосовується коаксіальний кабель, а підключення станцій здійснюється через розгалужувачі, наприклад T-роз'єми [2].

Перевагою топології «шина» є мінімальне використання кабелю, що знижує загальні витрати на побудову мережі. Водночас, недоліком цієї схеми є велика кількість підключень до одного загального кабелю, через що при

його обриві вся мережа виходить з ладу. Окрім того, значною проблемою є ускладнена діагностика та локалізація несправностей на магістральному кабелі.

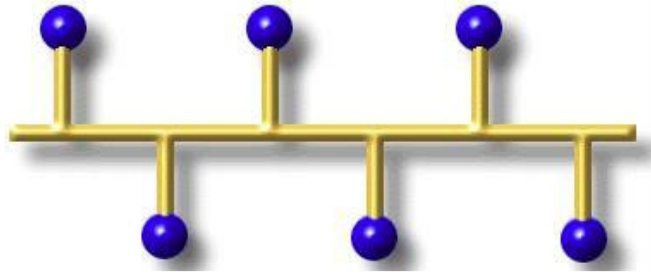


Рисунок 1.1 – Топологія «шина»

Перевагою топології «шина» є мінімальне використання кабелю, що знижує загальні витрати на побудову мережі. Водночас, недоліком цієї схеми є велика кількість підключень до одного загального кабелю, через що при його обриві вся мережа виходить з ладу. Окрім того, значною проблемою є ускладнена діагностика та локалізація несправностей на магістральному кабелі.

Топологія «зірка» передбачає підключення кожного комп'ютера окремим кабелем до центрального вузла мережі – найчастіше це хаб або комутатор (рисунок 1.2). Для з'єднання зазвичай використовують кабель типу «вита пара». Головною перевагою такої топології є незалежність роботи окремих станцій: якщо кабель від однієї робочої станції переривається, інша частина мережі продовжує функціонувати без перебоїв. Завдяки цьому полегшується пошук і усунення несправностей. Саме тому топологія «зірка» є однією з найбільш поширених у сучасних локальних мережах [2].

Кільцева топологія передбачає з'єднання комп'ютерних станцій у замкнене коло, де кожен вузол виступає одночасно як початкова та кінцева точка передачі даних [2]. У такій мережі пакети передаються послідовно від одного вузла до іншого, доки не досягнуть адресата, який приймає відповідну інформацію (рисунок 1.3).

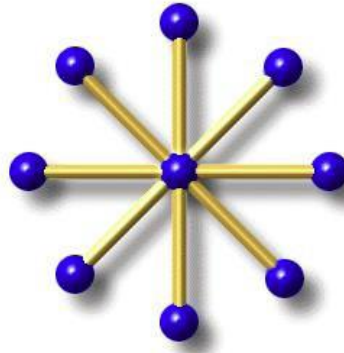


Рисунок 1.2 – Топологія «зірка»

Основним недоліком цієї топології, подібно до топології «шина», є те, що при розриві кабелю мережа повністю виходить з ладу. Найбільш відомим прикладом реалізації кільцевої топології є технологія Token Ring, в якій використовується спеціальний ідентифікатор – маркер. Цей маркер послідовно передається від одного вузла до іншого, доки не потрапить до того вузла, який має право на передачу даних [1].

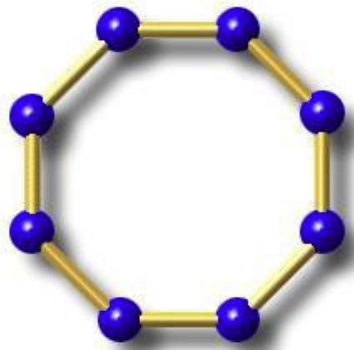


Рисунок 1.3 – Топологія «кільце»

Деревоподібна топологія характеризується ієрархічною структурою, де на верхньому рівні розміщується один єдиний вузол, який з'єднується з кількома вузлами нижчого рівня [1]. Для того, щоб мережа вважалася деревоподібною, вона повинна мати щонайменше три рівні. Якщо ж структура містить лише два рівні, вона фактично відображає топологію «зірка» (рисунок 1.4).

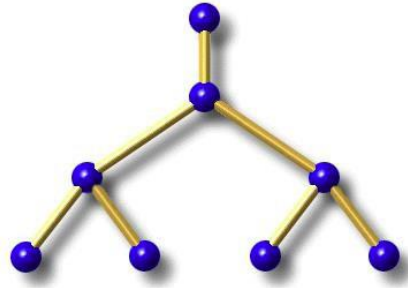


Рисунок 1.4 – Деревоподібна топологія

Деревоподібна топологія широко застосовується у великих компаніях, її основними перевагами є економія кабельних матеріалів та незалежність окремих вузлів мережі. У разі розриву одного з кабелів, робота решти мережі не порушується.

Існує два основні типи організації мережі залежно від функцій вузлів: однорангова (P2P) та клієнт-серверна [3]. У одноранговій мережі (P2P) всі комп'ютери мають рівні права і ролі. Жоден із них не виконує функції центрального адміністратора, а кожен користувач самостійно керує своїм пристроєм, визначаючи, які дані або сервіси доступні іншим учасникам мережі. На противагу цьому, у мережі клієнт-сервер дані зберігаються централізовано на сервері, а клієнтські комп'ютери лише отримують до них доступ і обробляють інформацію без її зберігання локально. Така архітектура полегшує управління даними, забезпечує зручний централізований доступ навіть до конфіденційної інформації з будь-якої робочої станції.

1.2 Мережеве обладнання

Мережеве обладнання – це сукупність технічних засобів, які забезпечують фізичне з'єднання та взаємодію між окремими комп'ютерами в мережі [2]. До основних категорій мережевого обладнання належать:

- мережеві адаптери (мережеві карти);
- комунікаційні кабелі;
- активні мережеві пристрої.

1.2.1 Мережеві карти

Мережева карта, або Network Interface Card (NIC), забезпечує підключення кінцевого пристрою до комп'ютерної мережі. Вона є важливим апаратним компонентом, що дозволяє фізично з'єднати комп'ютер з мережевим кабелем.

При виборі мережевої карти необхідно враховувати її відповідність стандартам мережевого обладнання, сумісність з типом шини материнської плати та типом використовуваного кабелю.

Існують також безпроводні мережеві карти, відомі як Wi-Fi адаптери, які використовуються для безпроводного підключення до Інтернету. Вони є стандартним обладнанням для портативних комп'ютерів.

Основними функціями мережевої карти є:

- формування даних з комп'ютера у формат, придатний для передачі по мережевому кабелю;
- передача даних іншим пристроям мережі;
- керування потоком інформації для уникнення перевантажень.

Виробник кожної мережевої карти присвоює їй унікальний ідентифікатор – фізичну адресу, відому як MAC-адреса (Media Access Control). Ця 48-бітна адреса записується у вигляді шести пар шістнадцяткових чисел, розділених тире. Хоча користувач може змінити MAC-адресу програмним шляхом, в межах однієї локальної мережі не повинно бути двох однакових MAC-адрес, оскільки це призведе до конфліктів в адресації і порушень передачі даних.

1.2.2 З'єднувальні кабелі

Кабелі служать для передачі даних між комп'ютерами, периферійними пристроями та іншими мережевими компонентами. Найпоширенішими на сьогодні є кабелі типу «вита пара» та оптичні волокна. Коаксіальний кабель,

який раніше широко застосовувався, зараз використовується значно рідше. Однією з ключових характеристик кабелю є швидкість передачі даних, що вимірюється в мегабітах на секунду (Мбіт/с) [3].

У локальних мережах найчастіше зустрічаються рішення з пропускнуою здатністю 100 Мбіт/с, хоча все ширше застосовуються компоненти, що підтримують передачу зі швидкістю 1000 Мбіт/с (1 Гбіт/с). Швидкість 10 Мбіт/с сьогодні вже вважається застарілою.

Існують три основні типи мережевих кабелів:

- вита пара;
- оптичний кабель;
- коаксіальний кабель.

Кожен із цих типів має кілька різновидів, які відрізняються характеристиками і сферою застосування.

Вита пара – це найбільш поширений тип металевого провідника в локальних мережах. Вона складається з пар проводів, кожен з яких спеціально скручений, а пари між собою також скручені. Найпростіший варіант – це дві пари скручених проводів, але існують кабелі з чотирма, шістьма, двадцятьма і навіть сотнями пар [3].

Завдяки скручуванню провідників електромагнітні перешкоди, що впливають на сигнали, взаємно компенсуються, що підвищує якість передачі даних. Популярність цього типу кабелю обумовлена його відносно низькою вартістю, наявністю ізоляції та екранування, що забезпечує достатній рівень захисту сигналу.

Вита пара поділяється на два основні типи:

- неекранована вита пара (UTP – Unshielded Twisted Pair);
- екранована вита пара (STP – Shielded Twisted Pair).

Неекранована вита пара складається з чотирьох пар провідників, кожен з яких ізолюваний пластиковою оболонкою, а всі пари разом укладені в загальну пластикову оболонку. На відміну від екранованої, цей кабель не має металевого екрану, тому не вимагає заземлення. Швидкість передачі даних у

таких кабелях варіюється від 10 Мбіт/с до 1 Гбіт/с, а максимальна довжина лінії зазвичай не перевищує 100 метрів. Основним недоліком UTP є висока чутливість до електромагнітних перешкод, проте цей тип кабелю залишається найпоширенішим у локальних мережах завдяки низькій вартості та простоті монтажу.

Екранована вита пара, або STP, також складається з чотирьох пар провідників, однак кожна пара додатково загорнута у металеву фольгу, що забезпечує кращий захист від зовнішніх електромагнітних впливів та знижує радіоперешкоди [3]. Внаслідок цього STP має вищу вартість і вимагає правильного заземлення, що ускладнює його монтаж у порівнянні з UTP.

Оптичний кабель принципово відрізняється від металевих, оскільки передача даних у ньому здійснюється не електричними сигналами, а світловими імпульсами, що проходять через світлопровідні волокна. Світлові імпульси генеруються світлодіодами або лазерами. Кабель містить парну кількість оптичних волокон, які укладені у захисне екранування для запобігання мікро- та макро-вигинам, які можуть ослаблювати світло.

Оптичне волокно додатково захищене міцним будівельним шаром і розміщується в пластиковій зовнішній оболонці. Завдяки низькому ослабленню світла, оптичний кабель може передавати дані на відстань до кількох кілометрів без повторного підсилення сигналу. Крім того, він повністю стійкий до електромагнітних завад і дозволяє передавати великі обсяги інформації за короткий час. З цих причин оптичний кабель широко застосовується у високонавантажених мережах LAN та WAN, зокрема для з'єднання мостів, концентраторів і маршрутизаторів у магістральних сегментах мережі.

Оптичні кабелі бувають двох основних типів за кількістю мод світла: одномодові та багатомодові. Також вони класифікуються за конструкцією на внутрішні (дешевші, але вимагають більшої уваги до навколишнього середовища) та зовнішні (механічно більш стійкі, призначені для експлуатації при різних температурних режимах, але дорожчі).

Раніше коаксіальний кабель був дуже популярним у комп'ютерних мережах завдяки своїй простоті, гнучкості та низькій вартості. Проте сьогодні він практично не використовується через обмежену швидкість передачі – до 10 Мбіт/с. Коаксіальний кабель поділяється на товстий і тонкий типи, що впливає на гнучкість та максимальну довжину лінії передачі.

1.2.3 Способи доступу до середовища передачі

Методи доступу до середовища передачі регулюють, як мережеві пристрої отримують право використовувати спільний канал для передачі даних [4]. Вони запобігають одночасній передачі кількох станцій, що викликало б взаємні перешкоди та втрату інформації. Всі методи поділяються на дві основні групи: детерміновані та стохастичні.

Детерміновані методи гарантують, що передача повідомлення відбудеться протягом певного проміжку часу після запиту, що є критично важливим для застосувань із високими вимогами до надійності й передбачуваності, наприклад, у виробничих мережах чи телекомунікаціях. До них належать технології Token Ring і Token Bus, де право передачі передається за допомогою спеціального маркера – токена.

Стохастичні методи не мають жорстких обмежень за часом передачі, а розподіл доступу до каналу відбувається на основі випадкових процесів. Найпоширенішим стохастичним методом є CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection).

Принцип роботи CSMA/CD полягає в тому, що станція, перш ніж почати передачу, слухає канал на наявність активного сигналу. Якщо канал зайнятий – пристрій чекає, доки лінія звільниться. Однак можливі випадки, коли дві або більше станції починають передавати майже одночасно, що спричиняє колізію. Для її виявлення кожна станція контролює відправлений сигнал і, якщо фіксує невідповідність через накладання сигналів, негайно припиняє передачу та посилає сигнал JAM – повідомлення про колізію.

Після цього станції входять у режим очікування, кожна затримує свою повторну спробу на випадковий проміжок часу, що знижує ймовірність повторного одночасного старту. Якщо після 16 спроб передача не відбулася, виникає повідомлення про помилку. Такий підхід є ефективним при низькому та середньому навантаженні мережі, забезпечуючи простоту реалізації й хорошу пропускну здатність. Проте при високому навантаженні кількість колізій збільшується, що призводить до значних затримок і зниження продуктивності. Метод CSMA/CD найбільш поширений у мережах Ethernet, які домінують у локальних комп'ютерних мережах [4].

Token Ring – метод, орієнтований на мережі з кільцевою топологією. По мережі постійно циркулює спеціальний пакет – токен, що надає право передачі даних. Лише станція, яка володіє токеном і має дані для передачі, може активувати відправлення інформації. Це усуває колізії та гарантує справедливий розподіл часу передачі між усіма учасниками мережі.

Структура токена складається з трьох байтів: стартового роздільника (SD), який позначає початок маркера, байта керування доступом (AC), що інформує про статус токена (0 – вільний, 1 – зайнятий), та кінцевого роздільника (ED). Коли станція отримує вільний токен і хоче передати повідомлення, вона формує кадр, вбудовує дані, змінює статус AC на зайнятий і починає передачу.

Кадр даних містить:

- SD (Start Delimiter) – початок кадру;
- AC (Access Control) – керування доступом;
- FC (Frame Control) – тип кадру;
- адресу призначення;
- адресу джерела;
- поле даних;
- контрольне поле (для перевірки цілісності даних);
- ED (Ending Delimiter) – кінцева межа кадру;
- FS (Frame Status) – статус отримання.

Token Bus – аналогічний метод, але застосовується в мережах із топологіями «шина» та «зірка». Логічна організація станцій формується у вигляді кільця, через яке послідовно проходить токен. При підключенні або відключенні вузла мережа виконує повторну ініціалізацію логічного кола, оновлюючи порядок станцій за їх MAC-адресами.

Загалом, вибір способу доступу залежить від типу мережі, її топології, вимог до надійності та швидкості передачі, а також рівня навантаження.

1.2.4 Активні елементи мережі

Для забезпечення коректної передачі даних у комп'ютерних мережах одного лише кабелю, як пасивного елемента, недостатньо. Необхідне застосування активних мережевих пристроїв, які виконують функції посилення сигналу, розгалуження мережі, а також з'єднання різних типів середовищ передачі. Ці пристрої суттєво впливають на структуру та продуктивність мережі, забезпечуючи керування трафіком, ізоляцію помилок і підвищення надійності передачі даних.

Через різноманіття модифікацій і поєднань функцій, які виробники реалізують у таких пристроях, важко однозначно визначити їхні властивості. Водночас, активні елементи є невід'ємною складовою сучасної мережевої інфраструктури і сприяють її адаптації до різних умов роботи та вимог користувачів.

Повторювач є найпростішим активним пристроєм мережі, який виконує функцію посилення сигналу. За своєю конструкцією він є двопортовим пристроєм: один порт приймає вхідний сигнал, а другий передає його у відновленому вигляді далі по мережі. Повторювач застосовується у випадках, коли довжина кабелю перевищує допустимі межі передачі сигналу без значних втрат. З часом сигнал зазнає ослаблення та спотворень через шум, тому для підтримки якості передачі необхідне його посилення. Найчастіше цей пристрій використовується в мережах із

коаксіальним кабелем, оскільки тонкий коаксіальний кабель має максимальну довжину сегмента близько 185 метрів, а товстий – до 500 метрів.

Хаб є одним із перших активних пристроїв мережі, що передував сучасним комутаторам. Його основною функцією було посилення сигналу, який надходить на один порт, та ретрансляція цього сигналу одночасно через усі інші порти до всіх підключених пристроїв.

Через таку особливість хаб значною мірою навантажував мережу, оскільки передавав дані без вибіркової, незалежно від того, кому вони були адресовані. Саме через цей недолік хаби поступово були замінені комутаторами, які вміють визначати місцезнаходження кожного пристрою в мережі та надсилати сигнал виключно через той порт, що відповідає конкретному одержувачу, що значно підвищує ефективність і пропускну здатність мережі.

Міст – це більш давній мережевий пристрій, призначений для об'єднання двох сегментів мережі. Він є «розумним» елементом, який аналізує передані дані для ефективної їх обробки. Основними функціями мосту є фільтрація пакетів та забезпечення сумісності між мережами різних стандартів.

Пристрій зчитує адресу призначення з отриманого пакета і пересилає його лише в той сегмент мережі, до якого належить одержувач. Такий підхід дозволяє значно зменшити мережеве навантаження, уникаючи непотрібної передачі даних у всі сегменти. Оскільки міст працює на каналному рівні (другому рівні) моделі ISO/OSI, він ігнорує фізичні особливості мережевих середовищ, що дає змогу з'єднувати мережі з різними стандартами.

Сьогодні комутатор замінив застарілий концентратор і є основним елементом мереж з топологією «зірка». Він функціонує на другому рівні моделі ISO/OSI і приймає рішення щодо передачі даних на основі MAC-адрес. Спочатку, при підключенні нових пристроїв, комутатор працює подібно до концентратора, надсилаючи сигнал на всі порти. Проте після

отримання інформації про розташування пристроїв у мережі він формує таблицю MAC-адрес, що дозволяє йому надсилати дані безпосередньо через відповідний порт.

Таким чином між двома комп'ютерами створюється віртуальний канал, який не перевантажує інші сегменти мережі. За принципом обробки пакетів комутатори поділяються на два типи: Cut-Through і Store-and-Forward.

У режимі Cut-Through пакет передається майже миттєво після визначення MAC-адреси, ще до повного прийому всього кадра, що може призвести до передачі пошкоджених даних, але забезпечує високу швидкість роботи. Режим Store-and-Forward, навпаки, вимагає повного прийому і перевірки кадра перед його відправленням, що підвищує надійність передачі, але знижує швидкість.

Маршрутизатор є найбільш «інтелектуальним» активним елементом мережі, який працює на мережевому рівні моделі ISO/OSI. Він збирає інформацію про підключені мережі та обирає оптимальний маршрут для передачі пакета до його кінцевого пункту призначення. Головним завданням маршрутизатора є маршрутизація – надсилання даних за IP-адресою, на відміну від комутатора, який використовує фізичні MAC-адреси для прийняття рішень.

Окрім цього, маршрутизатор виконує функції фільтрації пакетів, забезпечуючи додатковий рівень безпеки та контролю трафіку. На відміну від комутатора, який забезпечує з'єднання комп'ютерів лише в межах локальної мережі, маршрутизатор служить для об'єднання різних мереж, найчастіше локальної мережі з глобальною, наприклад, Інтернетом.

1.3 Стандарти мережевого обладнання

Різні компоненти мережі можуть комбінуватися по-різному – використовувати різні топології, методи доступу, типи кабелів і активні пристрої. Проте така варіативність може призводити до проблем сумісності

та взаємодії між мережами, побудованими за різними принципами. Щоб уніфікувати ці аспекти і забезпечити сумісність обладнання різних виробників, були розроблені стандарти, які регламентують основні технічні вимоги до мережевої інфраструктури [5].

Відповідальною за розробку цих стандартів є організація IEEE (Інститут інженерів з електротехніки та електроніки). Кожен стандарт має своє позначення, яке надається IEEE. Серед найбільш важливих і поширених стандартів локальних мереж (LAN) можна виділити IEEE 802.3, що відомий як Ethernet, а також FDDI (Fiber Distributed Data Interface), Token Ring і безпроводні технології WiFi, які позначаються як IEEE 802.11 [5].

Стандарт IEEE 802.3 є найпопулярнішим у локальних мережах і охоплює фізичний та канальний рівні моделі OSI. Перший варіант Ethernet зі швидкістю передачі 10 Мбіт/с був розроблений компанією Xerox у 1976 році. Згодом виникло багато інших варіантів Ethernet з підвищеною пропускнуною здатністю, які наведені у таблиці 1.1.

Для побудови мереж можуть використовуватися різні типи кабелів, топології та активні компоненти. Стандарт Ethernet застосовує метод доступу CSMA/CD (множинний доступ із визначенням несучої та виявленням колізій). Позначення стандартів Ethernet має певну структуру:

- перша цифра вказує максимальну швидкість передачі даних, яку підтримує стандарт;
- аббревіатура BASE означає передачу у базовій смузі частот;
- літера в кінці позначає тип кабелю: F – оптичний кабель, T – неекранована вита пара.

Щодо безпроводних мереж, стандарт IEEE 802.11, більш відомий як WiFi, забезпечує безпроводний зв'язок на відстанях до кількох метрів. Мережеві пристрої цього стандарту – це потужні радіопередавачі, які працюють у частотних діапазонах приблизно 2,4 ГГц або 5 ГГц. Найпопулярнішими версіями стандарту WiFi є 802.11b, 802.11g та 802.11n, які відрізняються між собою максимальною швидкістю передачі даних [6].

Таблиця 1.1 – Варіанти Ethernet

Тип	Пропускна здатність	Позначення	Середовище передачі	Максимальна відстань
Ethernet	10 Mbps	10Base-5	Товстий коаксіальний кабель	500 m
	10 Mbps	10Base-2	Товстий коаксіальний кабель	185 m
	10 Mbps	10Base-T	UTP kat. 3	100 m
Fast Ethernet	100 Mbps	100Base-T	UTP kat. 5	100 m
	200 Mbps	100Base-TX	UTP kat. 5	100 m
	100 Mbps	100Base-FX	Багатомодове оптичне волокно	400 m
	200 Mbps	100Base-FX	Багатомодове оптичне волокно	2 000 m
Gigabit Ethernet	1 Gbps	1000Base-T	UTP kat. 5e	100 m
	1 Gbps	1000Base-TX	UTP kat. 6	100 m
	1 Gbps	1000Base-SX	Багатомодове оптичне волокно	550 m
	1 Gbps	1000Base-LX	Одномодове оптичне волокно vlákno	5 000 m

2 МЕРЕЖЕВА ВЗАЄМОДІЯ

2.1 Спілкування в мережах

Обмін інформацією між комп'ютерами у мережі може здійснюватися за двома основними моделями: зі встановленням з'єднання та без нього. Мережі зі встановленням з'єднання вимагають, щоб перед початком передачі даних між двома вузлами було створено канал зв'язку. Спочатку кінцеві пристрої узгоджують параметри з активними компонентами мережі, після чого формується канал для подальшої передачі інформації. Такий підхід застосовується, наприклад, у телефонних мережах, але в локальних комп'ютерних мережах він не використовується [4].

Мережі без встановлення з'єднання, як зрозуміло з назви, передають дані без попереднього формування каналу зв'язку. Інформація передається у вигляді пакетів – невеликих блоків даних, які містять синхронізаційні байти, адреси відправника та отримувача, тип даних, самі дані і контрольну суму для перевірки цілісності [4]. Маршрути проходження пакетів визначаються окремими вузлами мережі: кожен вузол читає адресу призначення пакета і приймає рішення, куди його направити далі. Через це пакети можуть передаватися різними шляхами і навіть надходити до отримувача в іншому порядку. Активні елементи мережі виконують функції фільтрації та маршрутизації пакетів, забезпечуючи їх доставку.

2.2 Модель ISO/OSI

На початковому етапі розвитку комп'ютерних мереж багато компаній створювали власні, несумісні між собою системи. Проте основною метою мереж є забезпечення їх взаємодії, що зумовило необхідність визначення єдиних правил передачі даних у мережах та між ними. Модель ISO/OSI

(International Standards Organisation/Open System Interconnection) була розроблена організацією ISO у 1979 році і поділяє роботу мережі на сім взаємопов'язаних рівнів. Ці рівні розташовані у такому порядку: фізичний, канальний, мережевий, транспортний, сеансовий, презентаційний і прикладний [7].

Перші чотири рівні відповідають апаратній частині мережі, тоді як останні три – програмній. Вони спільно забезпечують процес передачі даних. При відправленні інформації на кожному рівні додається певна службова інформація, а при отриманні – ця додаткова інформація послідовно вилучається. Цей процес називається інкапсуляцією даних і ілюструється на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Модель ISO/OSI

Фізичний рівень відповідає за передачу окремих бітів між відправником і отримувачем через фізичні канали зв'язку, які він безпосередньо контролює. Він визначає основні фізичні параметри середовища передачі та характеристики сигналу, що передається. До обов'язків цього рівня входить визначення рівня напруги, яка відображає

логічні одиниці та нулі, тривалості одного біта, а також типів роз'ємів кабелів і форм сигналів. Питання, пов'язані з фізичним рівнем, розглядають технічні фахівці та інженери-електрики. На цьому рівні функціонують пристрої для підключення до мережі, такі як мережеві адаптери, модеми, концентратори, повторювачі та інші.

Канальний рівень, іноді також називаний рівнем з'єднання, відповідає за організацію передачі даних між пристроями передачі та прийому. Саме на цьому рівні встановлюються правила і механізми, які регулюють, як дані переміщуються мережею.

Основне завдання – чітко визначити початок і кінець одиниці передаваних даних, які називаються кадрами. Під час кадрювання великі повідомлення розбиваються на менші фрагменти – кадри, розмір яких може варіюватися від кількох сотень до тисяч байтів, залежно від технології та налаштувань. Великі кадри підходять для швидких каналів зв'язку, тоді як для повільніших використовують менші.

При розбитті повідомлення на кадри важливо, щоб при отриманні вони були правильно зібрані назад. Окрім цього, на каналному рівні виконується контроль цілісності даних: кадри можуть пошкоджуватися через перешкоди або дублюватися. Для уникнення помилок одержувач відправляє підтвердження про успішне отримання кожного кадру.

Ще однією важливою функцією є керування швидкістю передачі даних. Якщо дані передаються надто швидко, кадри можуть губитися і тоді їх треба відправляти повторно. Якщо ж швидкість надто низька, пропускна здатність мережі використовується неефективно. Для контролю потоку використовується спеціальний буфер, який регулює передачу даних, забезпечуючи ефективність і стабільність.

Канальний рівень поділяється на два підрівні: MAC (Media Access Control), що контролює доступ до середовища передачі, і LLC (Logical Link Control), який відповідає за логічне з'єднання між мережевими вузлами.

У той час як каналний рівень забезпечує передачу цілих кадрів

безпосередньо між двома вузлами з прямим фізичним з'єднанням, мережевий рівень відповідає за передачу даних у мережі з непрямим зв'язком, коли між відправником і отримувачем знаходиться один або кілька проміжних вузлів. Основною функцією цього рівня є маршрутизація – вибір оптимального маршруту для передачі пакетів.

Маршрутизатори, як активні мережеві пристрої, виконують завдання маршрутизації. Вони здатні динамічно адаптуватися до змін у мережі: якщо перший обраний маршрут виявляється недоступним або не отримує підтвердження доставки, пристрій автоматично переходить до другого за пріоритетом маршруту. Для зберігання інформації про доступні шляхи використовуються таблиці маршрутизації, які можуть бути статичними або динамічними. Статичні таблиці застосовуються переважно у невеликих мережах з фіксованими адресами або у великих стабільних мережах з надійною інфраструктурою. В інших випадках доцільні динамічні таблиці, що оновлюються автоматично.

Коли дані передаються через міжнародні мережі, часто виникає потреба у підтримці різних форматів, протоколів, швидкостей передачі та систем адресації, які можуть відрізнятися в різних країнах. Окрім цього, деякі мережі вимагають від мережевого рівня забезпечувати облік переданого трафіку, ведення журналів та іншу інформацію, необхідну для тарифікації.

Завдяки мережевому рівню пакети можуть бути передані між будь-якими двома вузлами мережі, створюючи для транспортного рівня ілюзію безпосереднього з'єднання між будь-якими пристроями.

Головним завданням транспортного рівня є розбиття переданих повідомлень на пакети та забезпечення їх передачі у відповідному розмірі й форматі до мережевого рівня. Коли пакети надходять від мережевого рівня назад до транспортного, цей рівень відповідає за їх правильне впорядкування. Транспортний рівень підтримує два режими передачі даних: з встановленням з'єднання та без нього. Крім того, він координує обмін даними між мережевим та сеансовим рівнями.

При необхідності транспортний рівень може створювати для одного логічного з'єднання кілька з'єднань на мережевому рівні, тим самим розділяючи функції мережевого й сеансового рівнів. Завдяки контролю зв'язку між цими рівнями забезпечується абстрагування верхніх рівнів мережевого стеку від деталей нижчих рівнів. Водночас верхні рівні переважно реалізовані на програмному забезпеченні, а нижчі – на апаратному.

Сеансовий рівень відповідає за встановлення, підтримку та завершення сеансів між кінцевими учасниками – це часові проміжки, протягом яких відбувається обмін даними між процесами програм. Крім того, цей рівень включає механізми безпеки, наприклад аутентифікацію під час входу в сеанс. Після ініціації сеансу він надсилає запит на створення з'єднання на транспортному рівні, яке використовується для подальшої комунікації.

Трафік на сеансовому рівні може бути як однонаправленим, так і двонаправленим. При однонаправленій передачі передається спеціальний ідентифікатор – маркер (токен). Дані можуть передаватися тільки за умови наявності цього токена. Після передачі токена іншій стороні інформація може надходити у зворотному напрямку.

На цьому рівні до даних додаються теги або роздільники, що дозволяє у разі переривання передачі відновити сеанс із останньої точки роздільника, а не починати передачу заново. Завдяки такій синхронізації потоків забезпечується надійність і ефективність передачі даних у сеансах.

Презентаційний рівень відповідає за форматування та стиснення даних для їх коректної обробки отримувачем. На цьому рівні програмне забезпечення працює з різними типами даних – символами, числами, двійковою інформацією – і перетворює їх у стандартизований формат, який може бути переданий іншим системам. Тут застосовуються протоколи, що усувають відмінності між різними програмами або операційними системами, завдяки чому навіть комп'ютери з різними наборами символів можуть безперешкодно обмінюватися інформацією.

Прикладний рівень безпосередньо взаємодіє з програмним забезпеченням, яке використовує кінцевий користувач, наприклад веб-браузерами, поштовими клієнтами, офісними пакетами тощо. Однак до цього рівня включають лише ті компоненти, які реалізують загальні та широко застосовувані функції, а не всі існуючі програми. Саме на прикладному рівні зосереджена найбільша кількість мережевих протоколів, таких як HTTP для роботи веб-браузерів, FTP для передачі файлів, SMTP та POP для електронної пошти.

2.3 Стек протоколів TCP/IP

Сьогодні під поняттям стеку протоколів TCP/IP зазвичай розуміють два основні протоколи – TCP і IP, проте насправді ця аббревіатура охоплює цілий набір різних протоколів, які працюють разом для забезпечення мережевої взаємодії [7]. У порівнянні з моделлю OSI/ISO, стек TCP/IP має лише чотири рівні замість семи. Фізичний і канальний рівні моделі OSI приблизно відповідають рівню хост-мережі (Network Interface) у стеку TCP/IP, де визначається передача даних у локальній мережі або іншому середовищі. Мережевий рівень OSI відповідає рівню Internet у TCP/IP, який відповідає за маршрутизацію пакетів між різними мережами. Транспортний рівень у TCP/IP є аналогом транспортного рівня OSI і забезпечує доставку даних від джерела до одержувача. При цьому у TCP/IP були опущені сеансовий та презентаційний рівні OSI – їх функції інтегровані у транспортний і прикладний рівні. Вершиною стеку TCP/IP є прикладний рівень, що об'єднує функції взаємодії користувачьких програм.

Отже, стек TCP/IP складається з чотирьох основних рівнів, які забезпечують ефективний і сумісний обмін даними у сучасних мережах.

Рівень хост-мережі – це найнижчий рівень стеку TCP/IP, який відповідає за безпосередню передачу даних між комп'ютером і фізичним середовищем мережі. Він реалізує функції, що у моделі OSI/ISO розподілені

між фізичним і канальним рівнями. Основні завдання цього рівня включають формування, передачу і прийом мережеских кадрів, а також управління доступом до середовища передачі. З огляду на те, що більшість локальних мереж використовують технологію Ethernet, цей рівень часто називають рівнем Ethernet або рівнем мережевого інтерфейсу. Він відповідає за управління мережеским інтерфейсом комп'ютера, взаємодію з мережевою картою (NIC) та фізичним кабелем або безпроводним каналом.

Інтернет-рівень не залежить від конкретної фізичної або канальної технології передачі даних, що робить його універсальним для роботи з різними типами мереж. Він часто називається рівнем IP, оскільки основним протоколом цього рівня є IP (Internet Protocol).

Головне завдання Інтернет-рівня полягає у маршрутизації та доставці окремих пакетів від джерела до призначення через одну або кілька мереж, незалежно від того, якими шляхами вони проходять. Це відповідає функціям мережевого рівня в моделі OSI.

Інтернет-рівень формує IP-пакети, додаючи до даних заголовки з інформацією про адресу відправника і одержувача, а також керуючими параметрами для маршрутизації. Крім IP, до цього рівня належать і супутні протоколи, такі як ICMP (для контролю та діагностики мережі) та ARP (для визначення фізичних MAC-адрес у локальній мережі).

Транспортний рівень у стеку TCP/IP найчастіше реалізується за допомогою протоколу TCP, тому цей рівень часто називають рівнем TCP. Його основне завдання – забезпечити надійну, упорядковану та контрольовану передачу даних між прикладними процесами на різних вузлах мережі. Протокол TCP відповідає за встановлення з'єднання, контроль цілісності даних, повторну передачу втрачених пакетів, контроль потоку та розбиття даних на сегменти, що полегшує передачу великих повідомлень.

Окрім TCP, на транспортному рівні використовується також протокол UDP (User Datagram Protocol) – легковаговий, ненадійний протокол передачі даних, який не забезпечує встановлення з'єднання, повторну передачу чи

контроль помилок, проте має менші затримки й застосовується у випадках, коли важлива швидкість, а не надійність (наприклад, у потоковому аудіо чи відео).

У моделі OSI транспортний рівень відповідає четвертому рівню, виконуючи аналогічні функції передачі даних між вузлами.

Прикладний рівень в стеку TCP/IP відповідає за взаємодію з користувачем та програмним забезпеченням, яке безпосередньо працює з даними. Він забезпечує правильне відображення та кодування інформації для користувача. На відміну від моделі ISO/OSI, де презентаційний і сеансовий рівні виконують певні функції форматування та управління сеансами, у стеку TCP/IP ці функції частково реалізуються на рівні самих прикладних програм.

Прикладний рівень складається з набору протоколів, що взаємодіють із конкретними прикладними програмами. Серед найпоширеніших протоколів цього рівня – FTP (протокол передачі файлів), HTTP (протокол передачі гіпертексту для веб-браузерів), Telnet (дистанційний термінальний доступ), DNS (система доменних імен), POP3 та SMTP (протоколи для роботи з електронною поштою).

Інтернет-рівень включає основний протокол цього рівня – IP (Internet Protocol), а також допоміжні протоколи, такі як ARP (Address Resolution Protocol), RARP (Reverse ARP), ICMP (Internet Control Message Protocol) та IGMP (Internet Group Management Protocol).

Протокол IP відповідає за адресацію та маршрутизацію пакетів у мережі. Він приймає сегменти від транспортного рівня та формує з них IP-пакети – дейтаграми. Важливою частиною IP-заголовка є IP-адреси відправника і одержувача, що дозволяє протоколу доставляти дані між різними вузлами мережі незалежно від фізичної структури мережі.

Протокол IP не підтримує встановлення з'єднання, тому він не створює сеанс перед початком обміну даними і працює у режимі без з'єднання. Через це доставка пакетів є ненадійною – пакети можуть бути втрачені, доставлені в неправильному порядку, затримані або дубльовані. Протокол IP не

забезпечує механізми виявлення та виправлення таких помилок, а цю функцію виконує протокол TCP на транспортному рівні, який контролює надійність передачі (рисунок 2.2).

Існує два основні варіанти протоколу IP: IPv4 та IPv6. На сьогоднішній день IPv4 залишається найпоширенішою версією, однак через обмежену кількість доступних IP-адрес у цій версії зростає впровадження IPv6. IPv6 забезпечує значно більший адресний простір і покликаний вирішити проблему нестачі унікальних адрес, що виникла у зв'язку з масштабним розвитком мережі Інтернет [7].

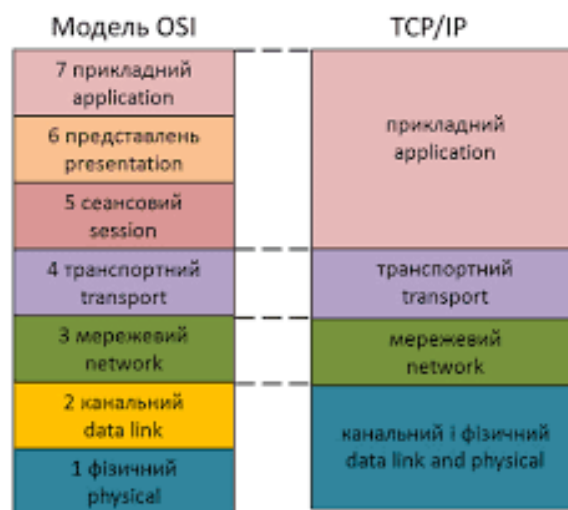


Рисунок 2.2 – Співвідношення моделей ISO/OSI та TCP/IP

На транспортному рівні існують два основних протоколи для передачі даних – TCP та UDP.

TCP (Transmission Control Protocol) – протокол керування передачею, який є основним протоколом транспортного рівня і за назвою якого іноді називають увесь рівень. TCP є протоколом, орієнтованим на встановлення з'єднання. На початку передачі між взаємодіючими вузлами встановлюється двосторонній зв'язок, що гарантує коректну і надійну доставку сегментів у правильному порядку. Для забезпечення надійності TCP додає до заголовка сегмента додаткові поля для керування потоком, підтвердження прийому, повторного надсилання та нумерації пакетів.

UDP (User Datagram Protocol) – протокол дейтаграм користувача, який виконує схожу функцію передачі даних, але є протоколом без встановлення з'єднання. Дані надсилаються негайно без попередньої домовленості про встановлення зв'язку з отримувачем. UDP використовується в застосунках, які не потребують гарантії доставки або послідовності пакетів, а також допускають втрату чи пошкодження частини даних (наприклад, стрімінгове аудіо або відео, онлайн-ігри). На відміну від TCP, UDP не забезпечує нумерацію пакетів, керування потоком чи повторну передачу втрачених даних, що робить його простішим і швидшим, але менш надійним.

На прикладному рівні функціонують протоколи, які безпосередньо взаємодіють із програмним забезпеченням користувача:

- FTP (File Transfer Protocol) – використовується для передачі файлів між двома віддаленими комп'ютерами в мережі.

- HTTP (Hypertext Transfer Protocol) – забезпечує передачу гіпертекстових документів (веб-сторінок) від веб-сервера до клієнта. Клієнт звертається до сервера через веб-браузер, використовуючи URL (уніфікований покажчик ресурсу) для запиту потрібної сторінки.

- HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) – зашифрована версія протоколу HTTP, що гарантує безпечну передачу даних у мережі, захищаючи інформацію від прослуховування.

- Telnet – протокол для віддаленого керування комп'ютерами.

- DNS (Domain Name System) – протокол для перетворення доменних імен у IP-адреси.

- POP3 (Post Office Protocol 3) та IMAP (Internet Message Access Protocol) – протоколи для отримання електронної пошти.

- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) – протокол для відправки електронної пошти.

2 АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ МЕРЕЖІ

2.1 Характеристика підприємства

Первинним напрямом діяльності підприємства була будівельна галузь. Згодом, у процесі розвитку, підприємство переорієнтувалося на сферу машинобудування.

До основних напрямів виробничої діяльності підприємства належать:

- виконання капітального ремонту, модернізації та технічного обслуговування верстатів і формувальних машин як вітчизняного, так і іноземного виробництва;
- здійснення операцій із купівлі та реалізації нових і вживаних верстатів;
- організація професійного навчання персоналу замовників з питань експлуатації обладнання, роботи систем керування, технологічних процесів обробки та технічного супроводу;
- виготовлення електророзподільчих щитів і постачання електротехнічного обладнання з високим рівнем технічних характеристик.

2.2 Аналіз будівель підприємства

Структура підприємства включає дві окремі будівлі: адміністративну споруду з виробничим цехом та складське приміщення. Зазначені будівлі розміщені на різних територіальних ділянках (рисунок 2.1). Склад знаходиться на протилежному кінці міста та призначений для зберігання запасних частин.

Для зручності у подальшому описі приймається наступне позначення: адміністративно-виробничу будівлю позначено літерою А, складське приміщення – літерою В.

Ідентифікація окремих приміщень у межах будівель здійснюється за схемою ABC, де:

- А – тип будівлі (А або В),
- В – поверх будівлі,
- С – номер приміщення на відповідному поверсі.

Наприклад, позначення В 1.1 означає приміщення в складській будівлі на першому поверсі, в якому розміщуються поточні матеріальні ресурси.



Рисунок 2.1– Розташування будівель

2.3 Аналіз будівель підприємства

Початковий сегмент комп'ютерної мережі передбачається розгорнути в будівлі А, площа якої становить 1899 м². Вона структурно поділена на адміністративну частину, що включає офісні, управлінські та комерційні приміщення, та виробничу зону, де розміщено архів, слюсарну дільницю, складальний та фарбувальний цехи.

Інтеграція комп'ютерної мережі також запланована в будівлі В, загальною площею 475 м².

У цій будівлі розташовано склад оборотних матеріалів, де зберігаються запасні частини, техніка, що підлягає утилізації, а також комерційна зона й виставковий зал. Незважаючи на різноманітність приміщень, функціонування

комп'ютерної мережі передбачено виключно для складської частини. Склад створено на базі колишнього приміщення сільськогосподарського кооперативу.

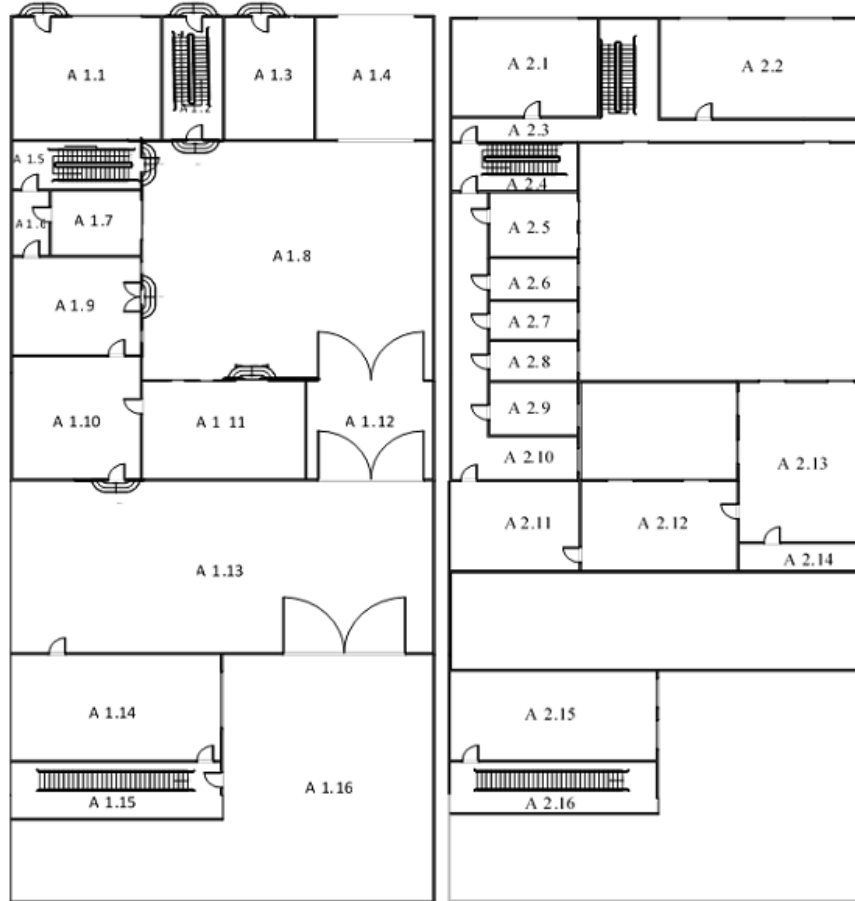


Рисунок 2.2 – Будівельні плани 1-го та 2-го поверхів будівлі А

Будівля А має два поверхи (рисунок 2.2). Усі виробничі процеси, зокрема складання та слюсарні роботи, виконуються на першому поверсі. Тут же розташовані офіс керівника виробництва та кілька комерційних приміщень. На території також наявні автостоянка для персоналу та внутрішній двір, де здійснюється тимчасове зберігання відходів.

Перший поверх налічує 16 приміщень, серед яких – кабінети для адміністративного персоналу (менеджерів, бухгалтерів, керівника підприємства, секретаря), конференц-зал та багатоцільові комерційні площі. У задній частині будівлі розміщено архів із технічною документацією.

Будівля В має спрощене планувальне рішення, яке включає чотири основні приміщення (рисунок 2.3). У її складі передбачено: приміщення для зберігання обігових матеріалів, санітарно-побутове приміщення (санвузол) для персоналу, кабінет завідувача складу, а також адміністративне приміщення, призначене для обліку, приймання та видачі матеріальних цінностей.

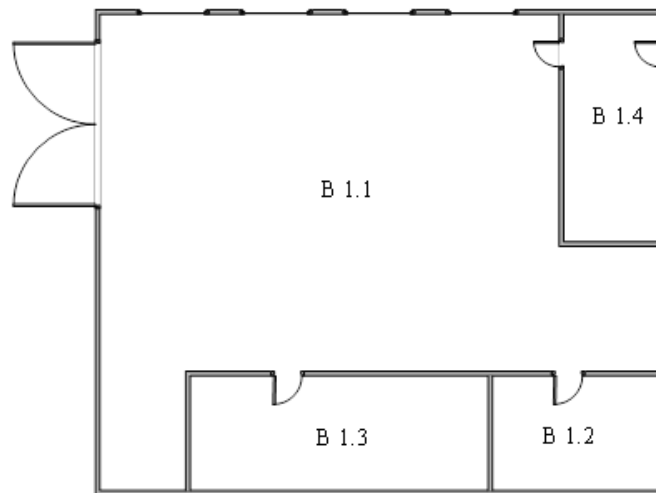


Рисунок 2.3 – План будівлі В

Детальна характеристика будівлі буде доповнена описом її технічних параметрів, зокрема: висоти поверхів, товщини несучих стін, особливостей конструктивної схеми будівлі та типу перекриття.

2.4 Поточний стан інформаційних технологій підприємства

На даний момент внутрішня корпоративна мережа функціонує лише у межах другого поверху будівлі А. До цієї локальної мережі підключено сім комп'ютерів (логічна структура наведена на рисунку 2.4).

Інфраструктура мережі представлена магістральною ділянкою, яка забезпечує з'єднання між маршрутизатором і окремими мережевими комутаторами, та трьома горизонтальними сегментами, що обслуговують

робочі місця. Як магістральний, так і горизонтальні сегменти виконані на базі мідного кабелю, прокладеного у квадратних пластикових коробах уздовж стін. Завершенням кабельної траси є роз'єми, які забезпечують підключення між активним обладнанням (комутаторами) і кінцевими пристроями користувачів.

Наявна мережева інфраструктура не має системи технічного маркування кабельних ліній та елементів. Доступ до глобальної мережі Інтернет здійснюється через бездротове з'єднання з постачальником послуг.

У будівлі не встановлено жодної Wi-Fi точки доступу. Підприємство володіє Інтернет-магазином, однак не має власних серверних потужностей. Усі послуги, пов'язані з функціонуванням вебресурсу та електронної пошти, надаються стороннім хостинг-провайдером.

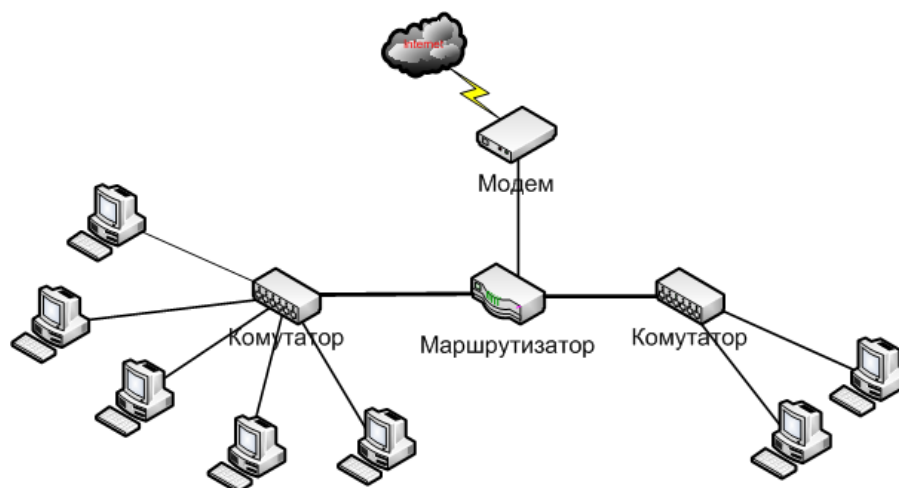


Рисунок 2.4– Поточна мережа підприємства

Апаратне забезпечення на підприємстві характеризується різноманітністю виробників, що пояснюється поетапним придбанням обладнання у відповідь на зміну виробничих і адміністративних потреб у процесі розвитку компанії.

Оцінка поточного стану інформаційної інфраструктури свідчить про необхідність повної модернізації комп'ютерної мережі з орієнтацією на сучасні стандарти корпоративних систем.

Для забезпечення ефективного функціонування інформаційних процесів доцільно реалізувати наступні заходи:

- створення надійної локальної мережі з виходом в Інтернет і передбаченим резервом точок доступу, а також повним покриттям будівель бездротовим зв'язком Wi-Fi;

- впровадження високоякісної структурованої кабельної системи без потреби у масштабних будівельно-монтажних роботах, із використанням сучасних типів кабелів, які забезпечують стабільність і високу пропускну здатність.

3 ПРОЕКТ МЕРЕЖІ

3.1 Проектування топології

Для побудови мережевої інфраструктури обрано топологію типу «зірка», яка відповідає загальноприйнятим стандартам і забезпечує централізоване керування та високу надійність з'єднань. Розгортання мережі передбачає відмінності у структурі кабельної системи залежно від типу будівлі.

У будівлі А передбачено реалізацію повноцінної кабельної системи, що включає як магістральні, так і горизонтальні сегменти. Конфігурація охоплює головний розподільчий щит (Main Distribution Frame, MDF) та два проміжні (вторинні) розподільчі щити (Intermediate Distribution Frames, IDF), які забезпечують покриття відповідних зон будівлі.

У будівлі В враховано менший обсяг інформаційного навантаження, тому буде реалізовано лише горизонтальний сегмент мережі на базі єдиного розподільчого щита даних, достатнього для обслуговування наявних функціональних зон.

3.2 Проектування технології передачі

Вибір технології передавання даних для магістрального та горизонтального сегментів мережі визначається потребою у забезпеченні високої швидкості та стабільного функціонування. Оптимальним рішенням є застосування технології Gigabit Ethernet, що на практиці найчастіше реалізується у вигляді стандартів 1000BASE-SX (оптичне середовище) та 1000BASE-T (мідне середовище).

Обидва стандарти забезпечують швидкість передавання даних до 1000 Мбіт/с, що повністю відповідає вимогам проекту.

Магістральна частина мережі буде реалізована з використанням оптичного волокна. Між розподільчими шафами передбачено прокладання двох оптичних кабелів, один з яких виконуватиме функцію резервного каналу.

Для забезпечення надійності буде застосовано багатомодові оптичні кабелі зі щільною вторинною оболонкою, що мають високий рівень механічної міцності.

Горизонтальні сегменти мережі будуть побудовані на основі мідного кабелю. Вибраний стандарт 1000BASE-T вимагає використання кабельної інфраструктури не нижче класу D, що відповідає категорії 5 за класифікацією кабелів витої пари. Для даного середовища цього рівня достатньо, враховуючи відсутність значних джерел електромагнітних завад у приміщеннях. Тому доцільним буде застосування неекранованого варіанту кабелю (UTP), що дозволить зменшити витрати без шкоди для якості передачі сигналу.

Для організації бездротового доступу до мережі передбачено використання стандарту IEEE 802.11ac, що функціонує в діапазонах 2,4 ГГц та 5 ГГц і забезпечує високу пропускну здатність та надійність зв'язку.

3.3 Визначення кількості точок підключення

На основі попереднього аналізу потреб користувачів було визначено кількість необхідних мережевих точок доступу для кожного типу приміщення.

Для адміністративного персоналу передбачено чотири точки підключення на кожного працівника. Із них дві використовуватимуться безпосередньо: одна – для підключення робочої станції, інша – для периферійного обладнання (наприклад, принтера або IP-телефону). Ще дві точки резервуються для можливого розширення робочого місця або збільшення кількості співробітників у приміщенні в майбутньому.

Для персоналу технічного напрямку (операторів обладнання, електриків, слюсарів) дротове підключення не передбачається. У цих зонах буде достатньо однієї точки підключення, яка слугуватиме для встановлення бездротової точки доступу Wi-Fi, що забезпечить усі поточні потреби користувачів (рисунок 3.1).

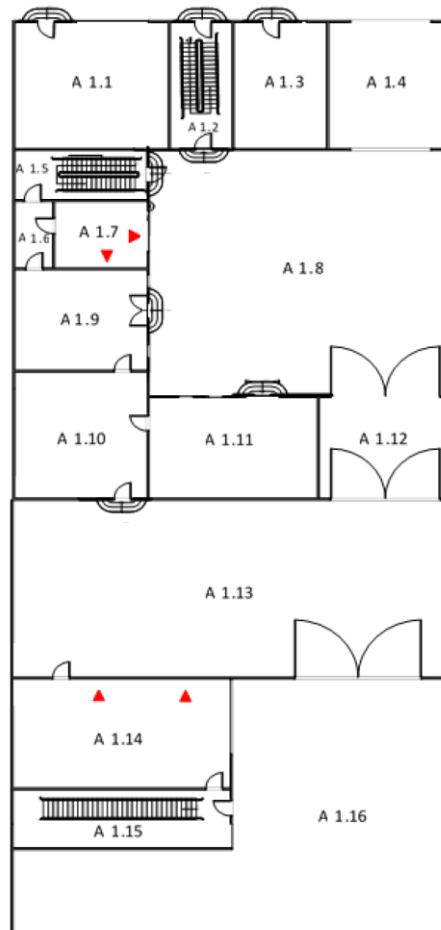


Рисунок 3.1 – Розміщення точок підключення на першому поверсі будівлі А

В плані розміщення мережевих розеток передбачені винятки для деяких приміщень. Зокрема, у кімнатах А 2.11 (конференц-зал) та А 2.12 (кабінет керівництва підприємства) заплановано по вісім точок підключення. Для приміщення В 1.4 передбачено базову кількість точок – по чотири на кожного адміністративного працівника, а також додатково дві точки підключення для периферійного обладнання, наприклад, для підключення Smart TV (рисунок 3.2)

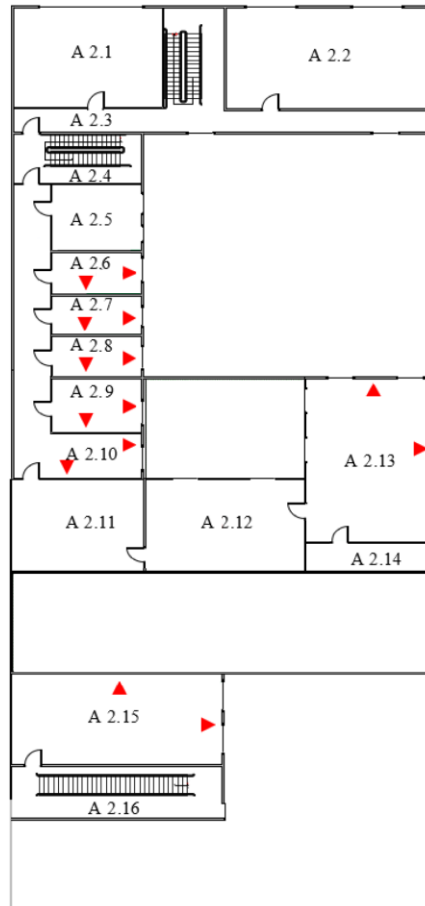


Рисунок 3.2 – Розміщення точок підключення на другому поверсі будівлі А

Будівля А налічує загалом 58 точок підключення, тоді як у будівлі В передбачено 24 точки (рисунок 3.3).

Точки підключення для бездротових точок доступу будуть інтегровані в мережеву панель (рейку). Для робочих станцій і периферійних пристроїв мережеві розетки здебільшого розміщуватимуться на висоті приблизно 50 см від рівня підлоги. В адміністративних офісах (кімнати А 1.7, А 2.6–А 2.10 у будівлі А та кімната В 1.4 у будівлі В) розетки планується розташувати ближче до робочих столів, безпосередньо над столом, з мінімальним зазором у 5 см від нижнього краю електромонтажної коробки.

Для таких приміщень, як конференц-зал (А 2.11), кабінет керівництва (А 2.12) та кабінет завідувача складу (В 1.3), передбачено використання підлогових коробок з індивідуальним проектним рішенням щодо розміщення точок підключення.

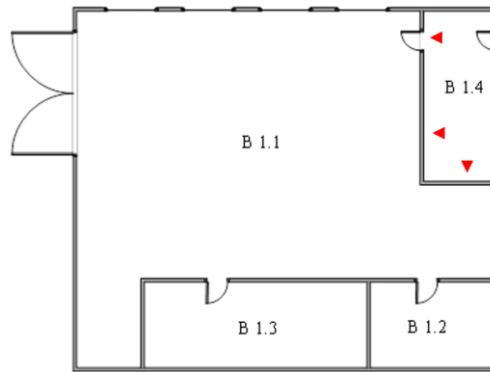


Рисунок 3.3 – Розміщення точок підключення в будівлі В

3.4 Кабельні траси

3.4.1 Будівля А

Магістральна секція мережі представлена оптичними лініями, що прокладені від головного розподільного щита КШЗ до двох розподільчих щитів даних – КШ2 та КШ1, із забезпеченням необхідного резервування каналів. Основний оптичний маршрут від щита КШЗ до щита КШ2 проходить через приміщення А 2.13 – А 2.10. Кабельна траса тут прокладена в електромонтажних рейках разом із іншими кабельними лініями (маркування траси – А). Загальна довжина основної ділянки становить приблизно 22,4 м і реалізована за допомогою одного багатомодового оптичного кабелю з 6 волокнами.

Первинний маршрут від головного щита КШЗ до розподільного щита КШ1 частково збігається з трасою до КШ2, проте в приміщенні А 2.10 відбувається відгалуження траси, що далі прокладається вздовж вікон у електроінсталяційних рейках через адміністративні кабінети до кімнати А 2.5. Звідси кабель через вертикальний стояк йде безпосередньо до кімнати А 1.7, де розміщено розподільчий щит даних КШ1. Підключення здійснюється до електроінсталяційної шини, що веде безпосередньо до розподільного щита. Загальна довжина цього маршруту – приблизно 42,2 м, він також виконаний одним 6-волоконним оптичним кабелем (рисунок 3.4).

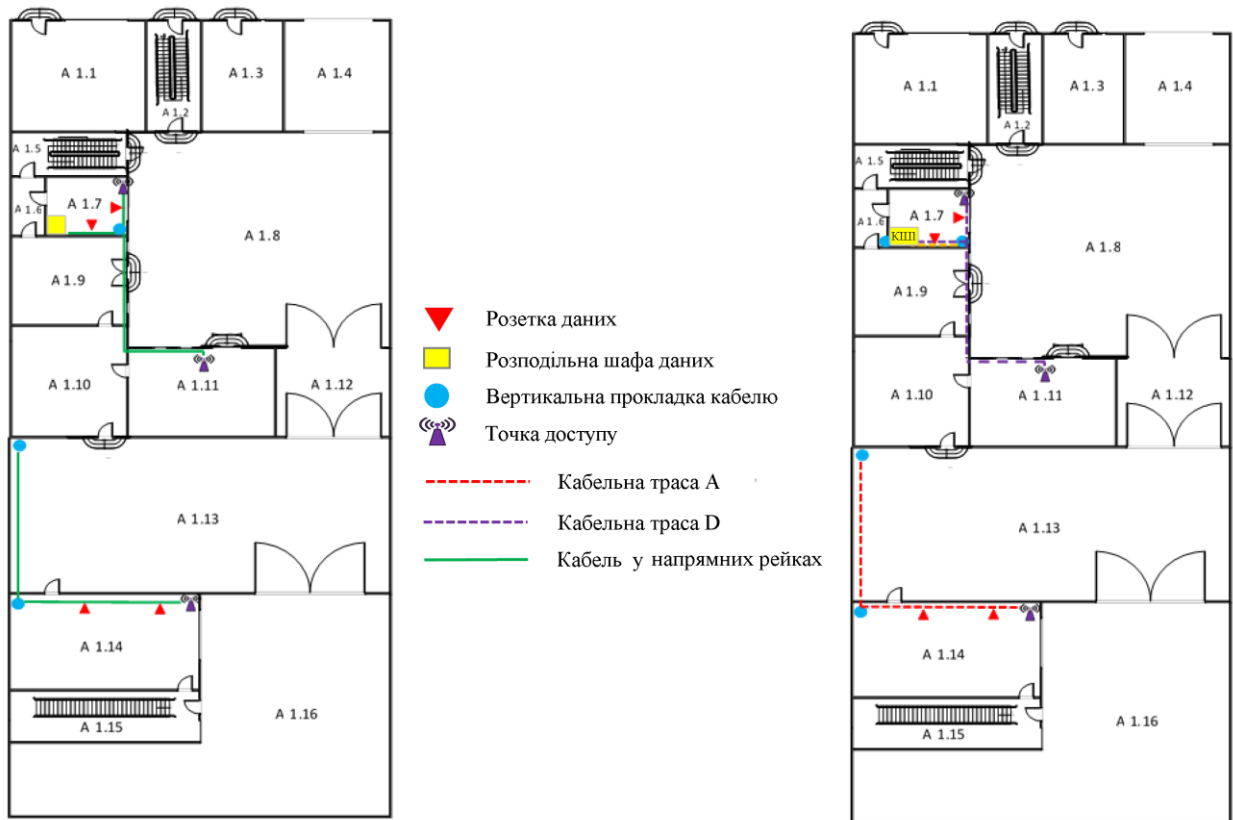


Рисунок 3.4 – План прокладки кабельних трас у будівлі А на 1-му поверсі

Резервний маршрут між щитами КШЗ та КШ2 проходить через ті самі приміщення, що й основний, але має інше прокладення. Для нього буде використано існуючий старий рейковий канал, який простягається вздовж вікон до кімнати А 2.13.

Тут резервний кабель підключається до шинної системи основного маршруту, а далі веде до розподільного щита КШ2.

З точки підключення в кімнаті А 2.13 резервний маршрут продовжується до щита даних КШ1: він проходить над дверним отвором через стіну, далі йде коридором А 2.10 та завершується підключенням до вертикального стояка. Стояк виводить кабель безпосередньо над комутатором у щиті КШ1.

Довжина резервного маршруту від КШЗ до КШ2 становить близько 20,6 м, тоді як протяжність резервного маршруту до КШ1 – близько 41,8 м. Як і в основному випадку, кожен резервний кабель виконаний як багатомодовий оптичний кабель (ММ) з 6 волокнами (рисунок 3.5).

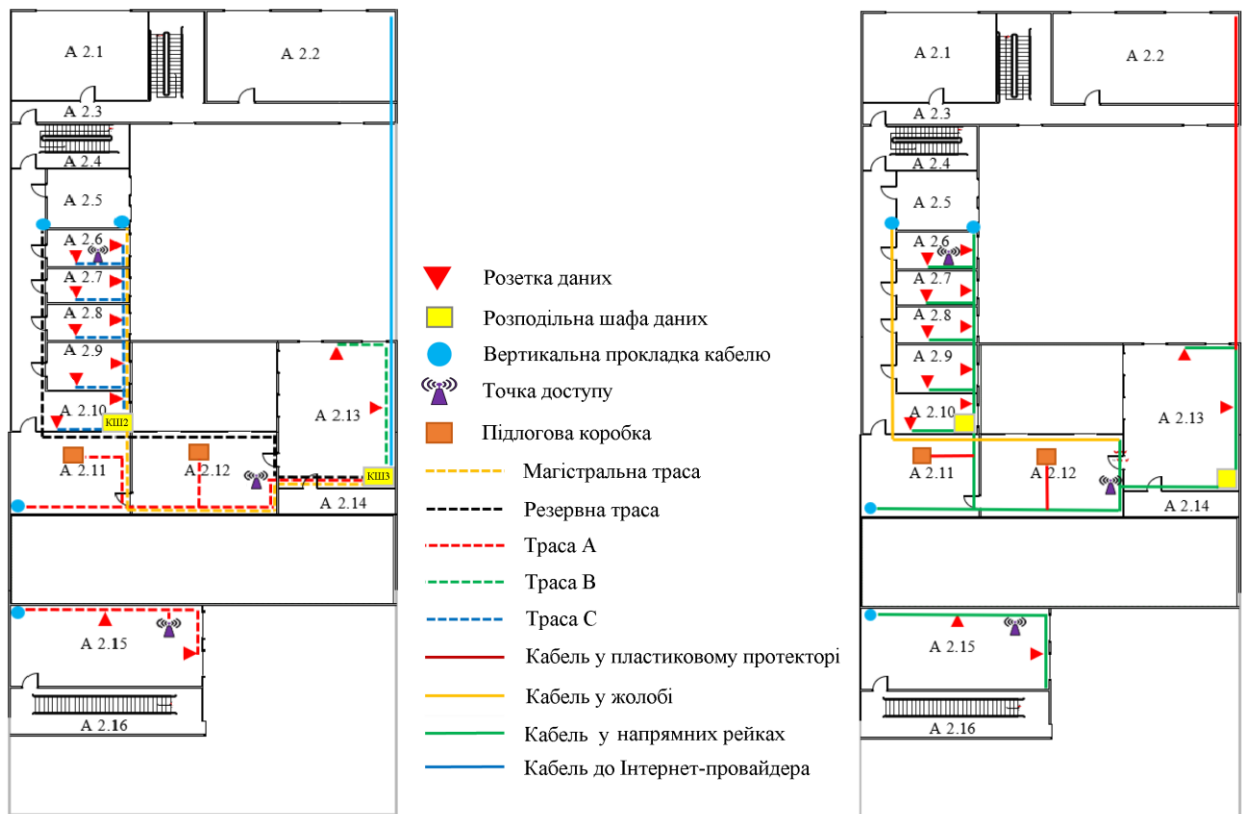


Рисунок 3.5 – План прокладки кабельних тарас у будівлі А на 2-му поверсі

Маршрути горизонтальної ділянки. Горизонтальні маршрути мережі позначені літерами від А до D. Маршрут А починається від комутатора даних у розподільчій шафі КШЗ та забезпечує підключення точок у кабінеті керівника, конференц-залі, слюсарній майстерні та архіві технічних креслень. Кабельний пучок із шафи пролягає на захід через кабінет керівника до конференц-залу, де проходить через вертикальний стояк на перший поверх, а потім продовжується через виробничий зал до слюсарної майстерні, де розгалужується на дві гілки. Одна гілка веде до точок підключення у відповідній кімнаті, друга — піднімається через вертикальний стояк на другий поверх, де розміщені точки підключення з точкою доступу Wi-Fi. Усі кабельні траси прокладені в електромонтажних рейках.

В конференц-залі та кабінеті керівника мережеві розетки розташовані у підлогових коробках. Кабельна траса тут переходить на вертикально встановлену електромонтажну рейку типу Т-45, що веде до підлогової коробки через електромонтажну трубу.

Маршрут В, розташований на другому поверсі, забезпечує підключення точок, що знаходяться у тому ж приміщенні, що і розподільча шафа даних КШЗ. Кабельний пучок виходить зі шафи та прокладений у електромонтажній рейці, яка також містить кабелі для підключення до інтернет-провайдера. Розетки підключені через рейку Т-45 і розташовані на висоті 50 см від підлоги.

Маршрут С проходить на другому поверсі від розподільчої шафи КШ2 до точок підключення в адміністративних офісах. Кабелі виходять зі шафи і прямують на північ, розгалужуючись у кутах кожного офісу. Кабельні траси виконані в електроустановочних рейках, а спуски до розеток реалізовані через рейку Т-45. Висота розеток адаптується індивідуально відповідно до висоти робочих столів.

Маршрут D розташований на першому поверсі та починається від шафи даних КШ1. Кабельний пучок виходить зі шафи і прямує перпендикулярно до протилежної стіни, де розгалужується. Одна гілка веде до точки підключення та точки доступу в кімнаті з розподільчою шафою, друга – проходить через актову залу вздовж кладки до слюсарної майстерні, де розміщено точку доступу Wi-Fi.

3.4.2 Будівля В

Горизонтальні маршрути в будівлі В позначені літерами А та В. Від розподільчої шафи даних КШ4 виходять два кабельні пучки (рисунок 3.6):

- маршрут А – перший пучок прямує до точок підключення, розташованих у підлогових коробках у кабінеті завідувача складу, де також розміщена сама розподільча шафа даних;

- маршрут В – другий пучок прокладений через стіну до складу, далі проходить у приміщення приймальні, де знаходяться точки підключення. Цей кабельний маршрут не завершується в приймальні, а продовжується до бездротової точки доступу.

Кабельні траси в обох маршрутах виконані з використанням електромонтажних рейок, а підключення до мережевих розеток здійснюється через монтажні рейки типу T-45.

3.5 Монтаж шаф розподілу даних

Під час монтажу розподільчих шаф особлива увага приділялася ергономічному розміщенню елементів та логічній структуризації їх внутрішньої конфігурації.

КШ1 – у складі даної шафи передбачено встановлення оптичного лотка для термінації оптичних волокон. Крім того, проектом передбачено одну патч-панель з горизонтальним органайзером на 2U. Для підключення користувачів буде встановлено один 24-портовий комутатор, а також блок живлення та система вентиляції. У шафі резервується 3 вільні одиниці висоти для майбутнього розширення.

КШ2 – за конструкцією аналогічна до КШ1, однак через вищу щільність точок підключення у зоні покриття передбачається монтаж 48-портового комутатора. Додатково передбачено встановлення патч-панелі та горизонтального кабельного органайзера на 1U.

КШ3 – у головній розподільчій шафі буде розміщено маршрутизатор. Тут також передбачено один оптичний лоток для завершення оптичних каналів, а також дві патч-панелі, які чергуватимуться з горизонтальними органайзерами на 1U та 2U. Через високе навантаження на цій ділянці мережі планується встановлення одного 48-портового комутатора.

Також у складі шафи КШ3 передбачено резервування 1U для можливого встановлення сервера та 4U – для майбутнього розміщення системи зберігання даних (NAS).

Разом із монтажем блоку живлення та вентиляційного модуля буде також встановлено резервне джерело живлення (UPS) для підвищення надійності роботи мережі.

Крім того, зарезервовано ще 2U вільного простору у шафі КШЗ для подальшої інтеграції додаткових компонентів або обладнання в разі потреби.



Рисунок 3.6 – План прокладки кабельних трас у будівлі В

КШ4 – розподільча шафа даних КШ4 буде сконфігурована аналогічно КШЗ, проте не передбачає встановлення сервера та сховища NAS, оскільки потреба в централізованому зберіганні та обробці даних у цій будівлі відсутня.

3.6 Логічна схема мережі

Зовнішнє підключення до мережі Інтернет реалізовано через розподільчі шафи КШЗ та КШ4, маршрути до яких на схемі (рисунок 3.7) позначені синім кольором.

Магістральна секція мережі проектується з використанням оптичного кабелю, що забезпечує високошвидкісну та надійну передачу даних між вузловими точками. Ці з'єднання на схемі позначені червоним кольором.

Для реалізації горизонтальної та робочої (користувацької) частин мережі застосовується кабельна система на базі неекранованої витої пари, що зображено чорним кольором.

На схемі типи маршрутів відрізняються:

- суцільні лінії вказують на основні з'єднання;
- пунктирні лінії – на резервні маршрути, призначені для забезпечення відмовостійкості мережі.

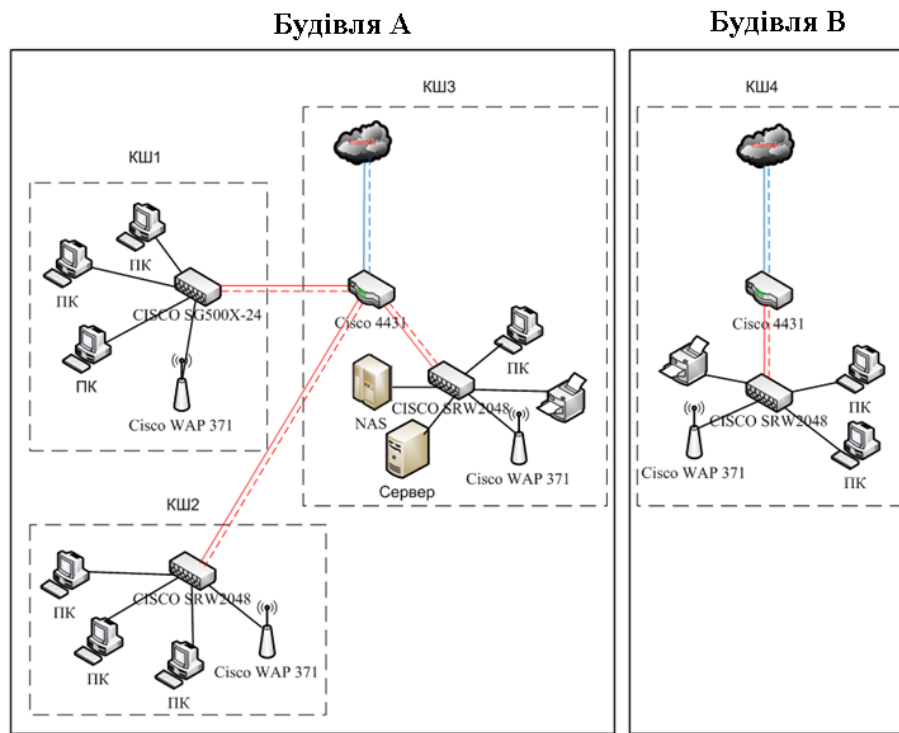


Рисунок 3.7 – Логічна схема мережі

У розподільчих шафах КШ3 та КШ4 передбачено встановлення маршрутизатора Cisco 4431 (див. рисунок 3.8). Ця модель відзначається високим рівнем мережевої безпеки та гнучкістю налаштування.

Маршрутизатор оснащений двома портами WAN, що дає змогу або збільшити пропускну здатність Інтернет-каналу, або забезпечити підключення до резервного провайдера у разі відмови основного. Також пристрій підтримує встановлення до чотирьох SFP-модулів, що забезпечують гігабітні оптичні з'єднання (Gigabit Ethernet).

Керування маршрутизатором здійснюється за допомогою інтуїтивно зрозумілого веб-інтерфейсу, що спрощує процес адміністрування мережі.



Рисунок 3.8 – Маршрутизатор Cisco 4431

Для забезпечення можливості підключення оптичного кабелю до маршрутизатора або комутатора, відповідні SFP-порти мають бути обладнані модулями формату SFP. У даному проекті пропонується використовувати багатомодовий SFP-модуль Cisco, призначений для передачі даних через два оптичні волокна з LC-роз'ємами.

Цей модуль відповідає стандарту 1000BASE-SX та забезпечує дальність передавання до 550 метрів у середовищі багатомодового волокна (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – SFP-модуль, приймач-передавач Cisco Gigabit Eth.SX SFP LC, MGBSX1

У межах проекту передбачено використання чотирьох керованих комутаторів, які будуть змонтовані у вторинних розподільчих щитах на позиції U3 та в головних щитах на позиції U4.

Для розподільчої шафи КШ1 обрано 24-портовий керований комутатор моделі Cisco SG500-28MPP-K9-G5 (рисунок 3.10). Цей комутатор забезпечує гнучке управління мережевими з'єднаннями, підтримує PoE та відповідає вимогам середньої за масштабом корпоративної мереж



Рисунок 3.10 – Комутатор CISCO SG500X-24-K9-G5

Для розподільчих шаф КШ2, КШ3 та КШ4 обрано 48-портовий керований комутатор моделі Cisco SG300-52P-K9-EU (рисунок 3.11).

Цей пристрій забезпечить високу щільність підключень, підтримує живлення PoE для периферійних пристроїв та відповідає вимогам масштабованості й надійності мережевої інфраструктури підприємства.



Рисунок 3.11 – Комутатор CISCO SRW2048-K9-EU

Обидві моделі комутаторів підтримують гігабітний Ethernet і оснащені функціональністю PoE (Power over Ethernet), яка дозволяє передавати електроживлення через мережевий кабель. Це особливо зручно для підключення таких пристроїв, як бездротові точки доступу, які не потребують окремого підключення до електромережі.

З метою забезпечення мобільного доступу співробітників до корпоративної мережі та Інтернету на території підприємства було обрано бездротові точки доступу Cisco WAP 371 (рисунок 3.12). Цей пристрій забезпечує високоякісне покриття Wi-Fi та підтримує стандарти 802.11a/b/g/n/ac, що забезпечує високу швидкість і надійність бездротового з'єднання.



Рисунок 3.12 – Точка доступу Wi-Fi Cisco WAP 371

Точка доступу монтується на стіні, і не має значення, яким чином подається живлення, оскільки пристрій підтримує PoE. Запропоновано встановлювати точки доступу перпендикулярно до однопортової мережевої

розетки на висоті 35 см від стелі. При цьому використовується одночасна робота в діапазонах 2,4 ГГц та 5 ГГц, що забезпечує сумісність з широким спектром клієнтських пристроїв.

З метою захисту критичних даних у разі відключення електроенергії, розподільча шафа КШЗ, яка містить сервер і систему зберігання даних, має бути обладнана резервним джерелом живлення (UPS). Для цієї мети було обрано модель Green Power Office RM UPS 1500VA/900W у форм-факторі 1U, виробництва CyberPower (рисунок 3.13).

Даний UPS підтримує вхідну напругу 230 В і забезпечує живлення через шість вихідних розеток, від яких може підтримувати роботу сервера в умовах повного навантаження протягом приблизно 3 хвилин. Пристрій також вирізняється низьким енергоспоживанням, що сприяє меншому тепловиділенню, а отже – знижує навантаження на вентиляційну систему стійки.



Рисунок 3.13 – ДБЖ CyberPower Green Power Office RM 1500VA/900W

Лінія підключення до Інтернету, надана провайдером, у будівлі А буде прокладена від головного входу безпосередньо до приміщення, в якому розташована комунікаційна шафа КШЗ.

У будівлі В передбачається прокладка лінії передачі даних від центрального входу, після чого вона буде заведена до шафи зв'язку КШ4, де здійснюватиметься подальший розподіл трафіку мережею.

ВИСНОВКИ

У рамках виконання кваліфікаційної роботи було проведено комплексне проектування комп'ютерної мережі для підприємства. На початковому етапі здійснено детальний аналіз існуючої інфраструктури організації, включно з архітектурними особливостями будівель, наявним апаратним забезпеченням та використовуваним програмним забезпеченням.

Було розроблено рекомендації щодо побудови сучасної комп'ютерної мережі, що відповідатиме сучасним вимогам з точки зору надійності, продуктивності та масштабованості.

Для реалізації фізичного рівня мережі запропоновано використання витної пари категорії 5e для стандартних підключень, а також оптичного волокна для забезпечення високошвидкісної передачі даних на магістральних ділянках.

Обрана топологія мережі у вигляді «дерева» дозволяє ефективно організувати структуру, забезпечує гнучкість у масштабуванні та спрощує процес адміністрування.

В якості основного виробника мережевого обладнання обрано компанію Cisco, відому своєю надійністю, високою продуктивністю та якістю продукції.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Кенін, А.М. Самовчитель системного адміністратора/А.М. Кенін. - 2012. - 512 с
2. Вишневський В. Безпроводні мережі широкосмугового доступу до ресурсів Інтернету /: Техносфера, 2003. - 108 с.
3. Кисельов С.В. Основи мережевих технологій: навчальний посібник для початкової професійної освіти /С.В. Кисельов, І.Л.// Вид.: Академія, 2016р. 64с.
4. Глушаков, С.М. Комп'ютери, програми, мережі/С.М. Глушаков, А.К. Сурядний. : АСТ, 2014. - 512 с.
5. Гук, М.Ю. Апаратні засоби IBM PC. Енциклопедія/М.Ю. Гук. - 3-тє вид. : 2006 р. - 1072 с.
6. Дібров, М.В. Комп'ютерні мережі та телекомунікації. Маршрутизація в IP-мережах. У 2 год. Ч. 2: Підручник та практикум для СПО / М.В. Дібров. : Видавництво Юрайт, 2017 - 351 с.
7. Гейср Д. Безпроводні мережі. Перший крок / В. Гусєва. Видавничий дім "Вільямс", 2005. - 192 с.
8. Хелд Г. Технології передачі даних / Г. Хелд. : Ексмо, 2015 357 с.
9. Чекмарьов Ю.В. Локальні обчислювальні мережі. 2-ге вид, виправлене та доповнене. /Ю.В. Чекмарьов : ДМК Прес, 2009. - 200 с.