

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп'ютерної інженерії та управління  
(повна назва)

Кафедра електронних обчислювальних машин  
(повна назва)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**Пояснювальна записка**

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Локальна комп'ютерна мережа навчального закладу

(тема)

Виконав:

здобувач 3 року навчання,

групи КІУКІу-22-1

Михайло КРИЛОВ

(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Комп'ютерна інженерія

(повна назва освітньої програми)

Керівник: ст. викл. Ольга ЄРОШЕНКО

(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Завідувач кафедри ЕОМ

(підпис)

Андрій КОВАЛЕНКО

(власне ім'я, прізвище)

2025 р.

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 \_\_\_\_\_ Крилову Михайлу Володимировичу \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ Локальна комп'ютерна мережа навчального закладу \_\_\_\_\_

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 установи \_\_\_\_\_

2. Опис організаційної структури установи \_\_\_\_\_

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 комп'ютерних мереж \_\_\_\_\_

4. Розробка загальної структури мережі установи \_\_\_\_\_

5. Аналіз та вибір апаратних засобів реалізації \_\_\_\_\_

6. Висновки \_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій 12 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	26.05.25-28.05.25	
2	Аналіз роботи установи	29.05.25-05.06.25	
3	Розробка структури корпоративної мережі підприємства	06.06.25-09.06.25	
4	Вибір апаратних засобів реалізації мережі	10.06.25-11.06.25	
5	Оформлення матеріалів кваліфікаційної роботи	12.06.25-14.08.25	
6	Подання кваліфікаційної роботи на рецензування	15.06.25	

Дата видачі завдання “ 26 ” травня 2025 р.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

ст. викл. Ольга ЄРОШЕНКО  
(посада, власне ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 58 с., 24 рис., 3 табл., 1 дод., 6 джерел.

ETHERNET, КОМУТАТОР, ЛОКАЛЬНА МЕРЕЖА, МАРШРУТИЗАТОР, МЕРЕЖНА ТЕХНОЛОГІЯ, НАДІЙНІСТЬ, ПРОТОКОЛ, ШВИДКІСТЬ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка універсальної комп'ютерної мережі навчального закладу. Проведено аналіз поточного стану мережі та специфіки закладу, здійснено вибір базової топології мережі и технології передачі даних. Розроблені структурна и функціональна схеми мережі навчального закладу.

## ABSTRACT

Bachelor's thesis: 58 pages, 24 figures, 3 tables, 1 appendices, 6 sources.

ETHERNET, SWITCH, LOCAL NETWORK, ROUTER, NETWORK TECHNOLOGY, RELIABILITY, PROTOCOL, INFORMATION TRANSMISSION SPEED.

The purpose of the qualification work is to develop a universal computer network of an educational institution. An analysis of the current state of the network and the specifics of the institution was carried out, the basic network topology and data transmission technology were selected. Structural and functional diagrams of the educational institution's network were developed.

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ .....	8
ВСТУП .....	9
1 АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ .....	10
1.1 Аналіз будівлі .....	10
1.1.1 Другий поверх .....	10
1.1.2 Третій поверх.....	11
1.2 Підключення до Інтернету .....	11
1.3 Структура мережі.....	12
2 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.....	17
2.1 Комп'ютерна мережа .....	17
2.1.1 Класифікація комп'ютерних мереж за сферою застосування .....	17
2.1.2 Типи комп'ютерних мереж за топологією .....	18
2.2 Модель ISO/OSI.....	20
2.2.1 Фізичний рівень.....	20
2.2.2 Канальний рівень (Data Link Layer) .....	21
2.2.3 Мережевий рівень (Network Layer) .....	22
2.2.4 Транспортний рівень (Transport Layer).....	23
2.2.5 Сеансовий рівень (Session Layer) .....	23
2.2.6 Рівень представлення (Presentation Layer).....	24
2.2.7 Рівень додатків (Application Layer) .....	24
2.4 Ethernet .....	26
2.5 Активні елементи мережі .....	27
2.5.1 Підсилювач, ретранслятор .....	28
2.5.2 Конвертер (трансивер, медіаконвертер) .....	28
2.5.3 Концентратор.....	29
2.5.4 Міст.....	29
2.5.5 Комутатор .....	29

2.5.6 Маршрутизатор .....	30
2.6 Кабелі.....	31
2.6.1 Витя пара.....	31
2.6.2 Оптичні кабелі .....	33
3 ПРОЄКТ МЕРЕЖІ.....	36
3.1 Вирішення недоліків існуючих комп'ютерних класів.....	36
3.1.1 Комп'ютерний клас 208 .....	36
3.1.2 Комп'ютерний клас 306 .....	37
3.1.3 Комп'ютерна кімната 307 .....	37
3.2 Пропозиція щодо розширення мережі .....	38
3.2.1 Обрана технологія.....	38
3.2.2 Проектування точок підключення для розширеної мережі.....	38
3.2.3 Кабелювання розширеної комп'ютерної мережі.....	39
3.2.4 Елементи розширеної комп'ютерної мережі .....	40
3.2.5 Проектування кабельних трас.....	41
3.3 Проектування нового комп'ютерного класу.....	43
3.4 Вибір мережевого обладнання.....	44
3.5 Логічна схема мережі.....	47
ВИСНОВКИ.....	49
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	51
ДОДАТОК А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	52

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

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

HTTP – протокол передачі гіпертекстової інформації, Hypertext Transfer Protocol)

IP – міжмережний протокол адресації (англ., Internet Protocol)

LAC – концентратор доступу (англ., L2TP Access Concentrator)

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

MAN – мережа міського масштабу (англ., Metropolitan–Area Network)

Mbps – Мбіт/с (англ. Megabit/second)

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

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

SW – комутатор, (англ., Switch)

TCP – протокол управління передачею, (англ., Transmission Control Protocol)

UTP – неекранована кручена пара (англ., Unshielded Twisted Pair)

WAN – глобальна мережа (Wide Area Network)



## ВСТУП

Комп'ютерна мережа є ключовим елементом сучасної школи, яка надає освіту в галузі інформаційних технологій. Для забезпечення якісного навчального процесу така мережа має бути добре спроектованою, стабільною та достатньо масштабованою. Важливим аспектом є також її продуктивність, адже від цього залежить ефективність використання цифрових ресурсів у навчанні. Усі ці чинники необхідно враховувати під час впровадження або модернізації мережевої інфраструктури.

Наявність надійної комп'ютерної мережі дозволяє учням безперешкодно підключатися до глобальної мережі Інтернет, отримувати доступ до навчальних матеріалів, розширювати свої знання та обмінюватися інформацією. Крім того, значну роль у навчальному середовищі відіграє локальна мережа, яка забезпечує внутрішню комунікацію та спільне використання ресурсів.

Метою даної роботи є проектування розширення комп'ютерної мережі старшої школи з акцентом на підвищення якості освітнього процесу. Основна увага приділяється усуненню існуючих технічних недоліків, збільшенню кількості точок доступу до мережі та створенню умов для індивідуальної роботи кожного учня без необхідності користування спільними комп'ютерними станціями.

## 1 АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ

### 1.1 Аналіз будівлі

Будівля, в якій розміщується навчальний заклад, була зведена у 1960-х роках і за час свого існування зазнала кількох етапів реконструкції та функціональних змін.

У сучасних умовах школа використовує підвальний рівень, другий та третій поверхи. Роздягальні для учнів та спортивний зал розміщені на першому поверсі. Основні навчальні та адміністративні приміщення знаходяться на другому та третьому поверхах, які будуть розглянуті докладніше нижче.

#### 1.1.1 Другий поверх

Другий поверх включає низку навчальних, адміністративних і допоміжних приміщень. У приміщенні № 208 розташовано комп'ютерний клас (рисунок 1.1). Крім нього, на поверсі знаходяться чотири загальноосвітні класи, складське приміщення, кабінет директора, кімната для нарад, роздягальня для вчителів, а також навчальна кімната.

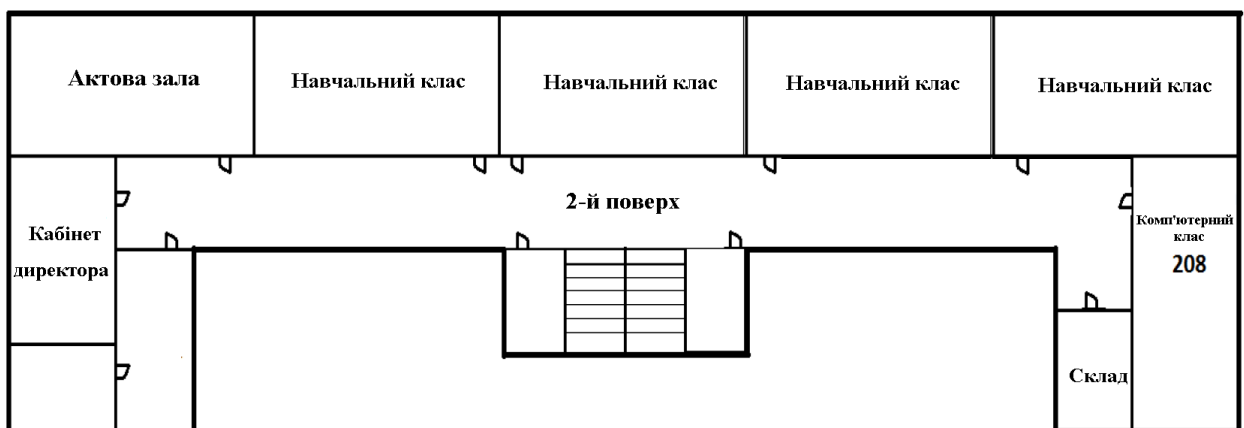


Рисунок 1.1 – 2-й поверх

Кожен звичайний клас обладнаний одним персональним комп'ютером. Окремий комп'ютер встановлено в кабінеті директора, ще чотири комп'ютери – у навчальній кімнаті.

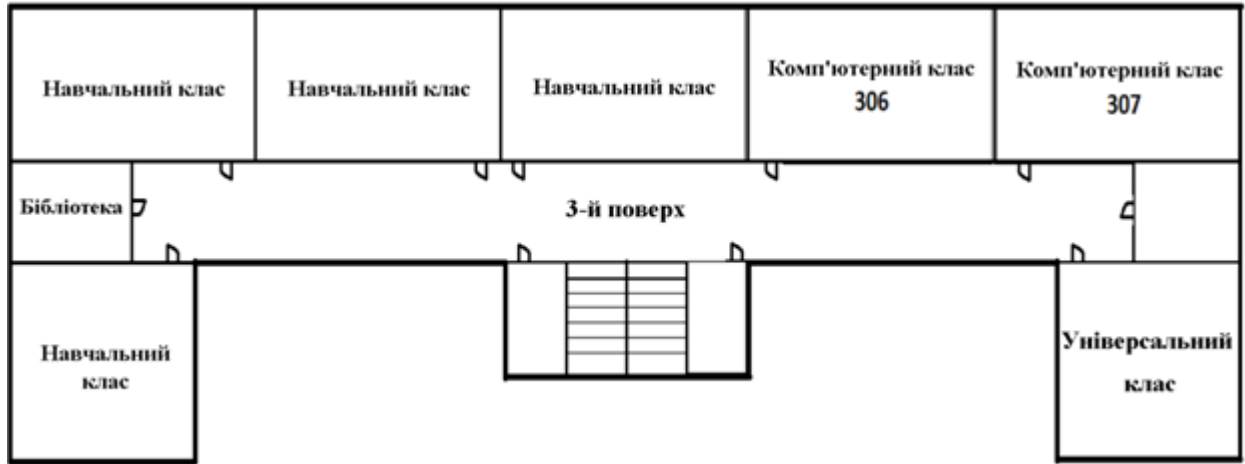


Рисунок 1.2 – 3-й поверх

### 1.1.2 Третій поверх

Третій поверх будівлі включає низку навчальних приміщень, зокрема два комп'ютерні класи – № 306 та № 307. Клас № 306 додатково оснащений окремою стійкою. Окрім цього, на поверсі розташовані чотири основні аудиторії, кожна з яких обладнана персональним комп'ютером.

Також на поверсі наявний один універсальний навчальний клас, який використовується залежно від поточних потреб. У структурі приміщень передбачено бібліотеку та ще один комп'ютерний клас. Просторове планування приміщень наведено на рисунку 1.2.

### 1.2 Підключення до Інтернету

Доступ до мережі Інтернет забезпечується за допомогою безпроводного з'єднання, яке надається Інтернет-провайдером зі швидкістю передачі даних 10 Мбіт/с без агрегації каналів. Сигнал приймається супутниковою антеною,

розташованою на даху будівлію Отриманий сигнал передається по кабелю FTP Cat5e, з'єднаному через роз'єм RJ-45 із точкою доступу. Далі сигнал передається по UTP-кабелю до шкільного маршрутизатора, який також підключено роз'ємами RJ-45.

Маршрутизатор виконаний у вигляді класичного комп'ютера, що працює під управлінням операційної системи Linux (версія Fedora 15, 32-бітна). Цей комп'ютер виконує функції маршрутизації мережевого трафіку між внутрішньою мережею школи та мережею провайдера, а також працює як шкільний веб-сервер. Розміщено комп'ютер у класі № 306, на столі під стійкою даних. З'єднання між маршрутизатором і комутатором здійснюється через прокладений кабель UTP Cat5e, підключений роз'ємами RJ-45.

### 1.3 Структура мережі

Комп'ютерна мережа охоплює другий та третій поверхи будівлі, її структурна схема наведена на рисунку 1.3. Мережа не поділена на окремі підмережі, усі робочі станції об'єднані в домен..

Інтернет-з'єднання подається з антени, розташованої на даху, безпосередньо до шафи даних, встановленої на стіні в комп'ютерному класі № 306 на третьому поверсі. Шафа містить дві патч-панелі та два 24-портові комутатори: один від виробника Netgear, інший – SMC.

Одна патч-панель і відповідний комутатор обслуговують комп'ютерний клас № 306. Другий комутатор використовується для підключення комп'ютерів кабінету директора та вчительської кімнати. До цього комутатора додатково підключені два 24-портові комутатори від Netgear та SMC EZ. Один із них розміщений у комп'ютерному класі № 307 і обслуговує виключно цей клас, інший – у комп'ютерному класі № 208, де підключені відповідні комп'ютери. Крім того, до комутатора в класі 208 підключено чотирипортовий комутатор, який обслуговує основний і резервний сервери.

Кабельна система побудована на основі витой пари категорії UTP 5e. Кабелі закінчуються або в розетках для передачі даних, або безпосередньо під'єднуються через роз'єми RJ-45. Прокладання кабелів здійснюється вздовж стін біля стелі з фіксацією у вигляді U-подібних монтажних рейок.

Кабельний колодязь, що проходить між поверхами, розташовано на третьому поверсі в зоні бібліотеки.

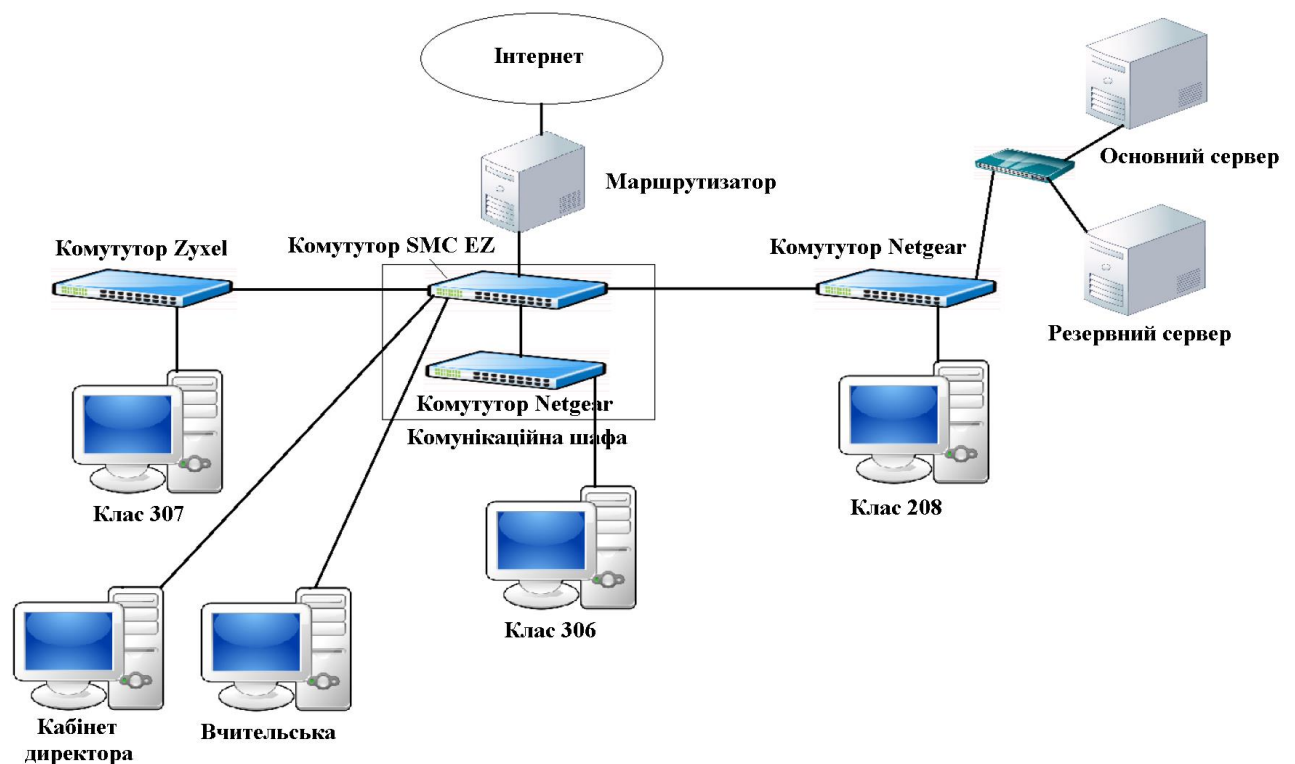


Рисунок 1.3 – Логічна схема мережевої структури

Комп'ютери в класі 307 працюють під керуванням операційної системи Windows 7. На робочих станціях встановлено офісний пакет Open Office. Для забезпечення інформаційної безпеки використовується антивірусне програмне забезпечення Avast.

Мережа функціонує за однаковим принципом в усіх комп'ютерних класах школи. Основною вимогою до мережевої інфраструктури є забезпечення пропускної здатності, достатньої для передачі декількох десятків мегабіт даних.

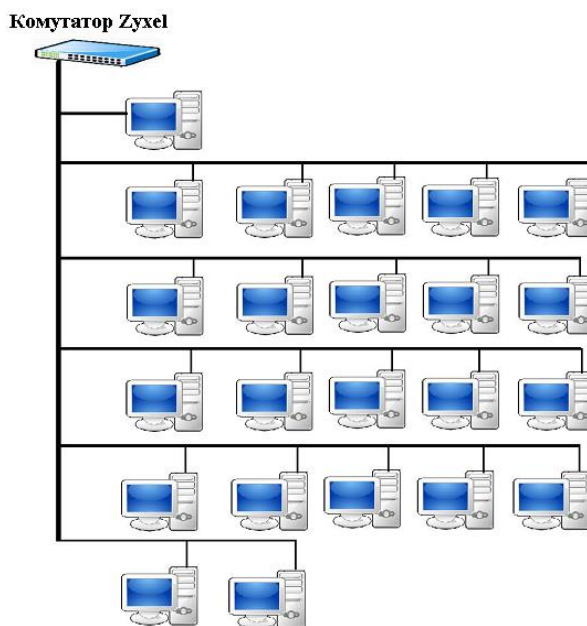


Рисунок 1.4 – Логічна схема класу 307

Комп'ютерний клас 306 розміщується на третьому поверсі та містить 22 комп'ютери для учнів плюс один для вчителів (рисунок 1.5).

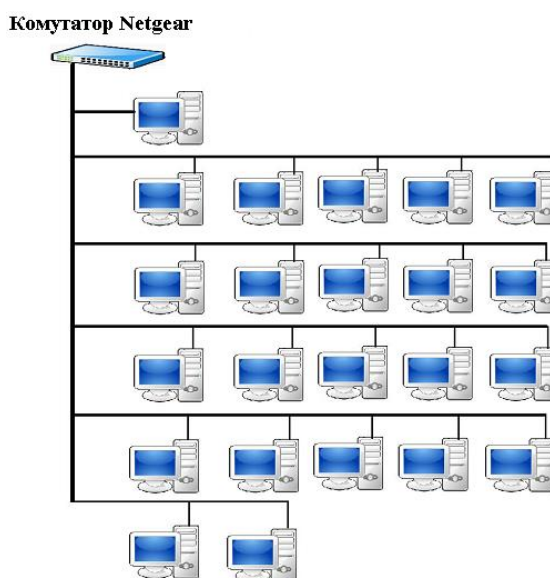


Рисунок 1.5 – Логічна схема класу 306

Кабінет інформатики № 208 є найстарішим комп'ютерним класом у закладі. Він розташований на другому поверсі будівлі, проте наразі майже не використовується в навчальному процесі. Основною причиною є обмежений простір, який не дозволяє розмістити всіх учнів.

У класі встановлено 17 комп'ютерів для учнів. Однак технічне оснащення є застарілим і не відповідає сучасним вимогам до апаратного забезпечення. Враховуючи це, приміщення тимчасово виведено з активного використання. Схема підключення комп'ютерів у класі наведена на рисунку 1.6.

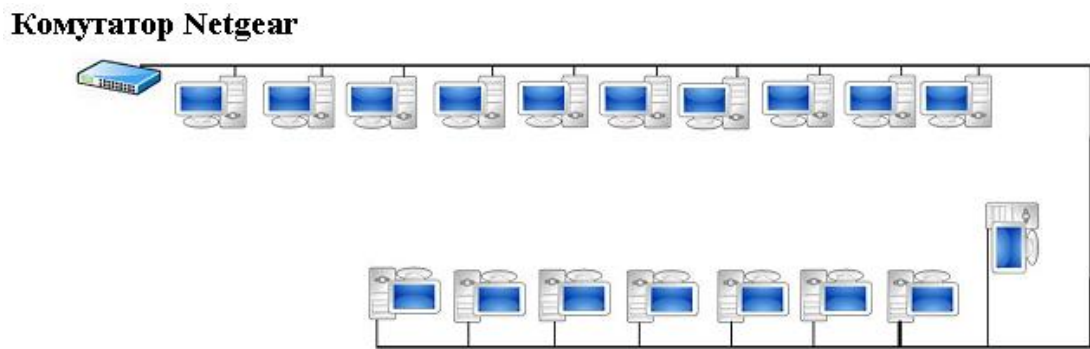


Рисунок 1.6 – Логічна схема класу 208

Основною вимогою керівництва навчального закладу є організація нового комп'ютерного класу, розрахованого на 22 учнівські робочі місця. При цьому однією з пріоритетних умов є мінімізація загальних витрат на реалізацію проекту. Також наголошується, що продуктивність комп'ютерного обладнання у новому класі має бути не нижчою, ніж у вже функціонуючому класі № 307.

Окрім створення нового класу, керівництво школи вимагає забезпечити мережеве підключення в усіх основних навчальних аудиторіях, де встановлені комп'ютери з проекційним обладнанням.

З метою підвищення гнучкості проекту було запропоновано впровадження безпроводного доступу до мережі Wi-Fi в межах навчального закладу. Однак ця пропозиція була відхилена. Причиною є занепокоєння щодо того, що учні можуть зловживати підключенням під час навчального процесу, що потенційно може негативно вплинути на якість навчання. Додатково зазначалося, що використання Wi-Fi може призвести до перевантаження мережевої інфраструктури.

У ході аналізу встановлено, що комп'ютерна мережа школи розвивалася поступово, в результаті чого в її структурі поєднуються як застарілі, так і сучасні компоненти. Така неоднорідність призвела до виникнення низки технічних недоліків.

Зокрема, частина кабелів прокладена з порушенням вимог – вони не розміщені в електромонтажних каналах, а виходять безпосередньо зі стін, що створює загрозу механічного пошкодження. Іншим суттєвим недоліком є низький рівень фізичної безпеки активного мережевого обладнання, яке встановлене відкрито на столах та перебуває у вільному доступі, в тому числі для учнів. Окрім того, через часті оновлення мережі значна частина кабельної інфраструктури не має маркування, що ускладнює її обслуговування та подальшу модернізацію.



## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

### 2.1 Комп'ютерна мережа

Комп'ютерна мережа – це сукупність взаємопов'язаних комп'ютерів, з'єднаних між собою за допомогою кабельних (наприклад, витої пари або оптичного волокна) чи бездротових засобів передавання даних. Функціонально повноцінна комп'ютерна мережа забезпечує обмін інформацією між пристроями, а також дає змогу спільно використовувати апаратні й програмні ресурси [1].

#### 2.1.1 Класифікація комп'ютерних мереж за сферою застосування

Комп'ютерні мережі поділяються на типи залежно від охоплення території та масштабу.

LAN (Local Area Network/Локальна мережа) – мережа, що охоплює обмежену територію, наприклад, офіс, навчальний заклад, житловий будинок чи підприємство. Вона призначена для забезпечення зв'язку між пристроями всередині одного об'єкта та спільного використання ресурсів, таких як принтери або сервери.

WAN (Wide Area Network/Глобальна мережа) – це масштабована мережа, яка об'єднує велику кількість локальних мереж, часто на значній географічній відстані. Зв'язок між вузлами WAN здійснюється за допомогою виділених ліній зв'язку або бездротових каналів. Прикладом такої мережі є Інтернет.

MAN (Metropolitan Area Network/Міська мережа) – займає проміжне положення між LAN та WAN. Вона охоплює територію одного міста або агломерації й використовується для об'єднання кількох локальних мереж, розташованих у межах мегаполісу.

### 2.1.2 Типи комп'ютерних мереж за топологією

Існує кілька способів організації з'єднань між пристроями в межах локальної мережі (LAN), які визначають її топологію – логічну або фізичну структуру розміщення та взаємодії елементів мережі. Тип передавального середовища (наприклад, вита пара, оптичне волокно чи коаксіальний кабель) не є визначальним чинником для вибору топології – ті самі матеріали можуть бути використані в різних схемах підключення [2].

Однією з найпоширеніших на сьогодні є топологія «зірка». У такій конфігурації всі кінцеві пристрої (комп'ютери, принтери, сервери тощо) з'єднуються із центральним вузлом, яким зазвичай виступає мережевий комутатор (switch), хоча раніше застосовувалися концентратори (hub) або хаби. Основним типом кабелю, що використовується для з'єднань, є вита пара.

Графічна схема цієї топології наведена на рисунку 2.1.

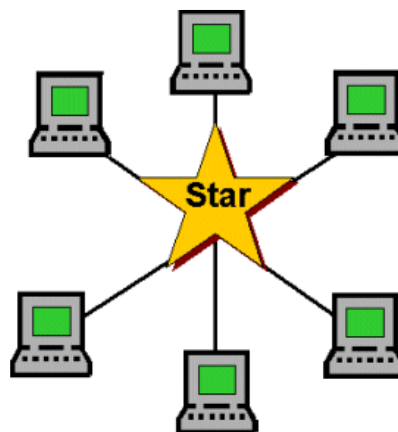


Рисунок 2.1 – Зіркова топологія

Переваги топології «зірка»:

- висока надійність – у разі виходу з ладу одного з кінцевих пристроїв інші елементи мережі продовжують працювати безперешкодно.
- простота виявлення несправностей – збої легко ідентифікувати на окремому сегменті.

Недоліки: вразливість до відмови центрального вузла – у разі виходу з ладу комутатора або концентратора мережа повністю втрачає працездатність, і функціонування можливо лише після відновлення або заміни цього пристрою.

Кільцева топологія передбачає послідовне з'єднання всіх вузлів мережі в замкнене коло, тобто в кільце, за допомогою кабельних сегментів. Передавання даних у такій мережі відбувається в одному напрямку – від одного вузла до наступного, поки пакет не досягне вузла призначення, який і отримує відповідну інформацію.

Кожен вузол виступає проміжною ланкою, яка ретранслює отримані дані до наступної станції. Це означає, що працездатність мережі залежить від усіх елементів ланцюга: збій хоча б одного з них може порушити циркуляцію даних у кільці. Схематичне зображення кільцевої топології наведено на рисунку 2.2.

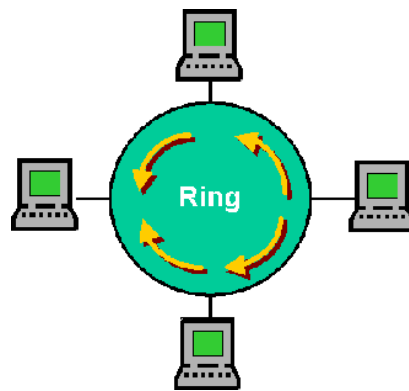


Рисунок 2.2 – Кільцева топологія

Шинна топологія характеризується послідовним з'єднанням мережевих станцій за допомогою одного спільного кабелю, який проходить від однієї станції до іншої. Кожна станція підключена до кабелю через Т-подібний роз'єм (тройник). Для реалізації цієї топології переважно застосовується коаксіальний кабель.

Основною перевагою шинної топології є економія кабельних матеріалів, оскільки використовується один спільний ланцюг.

Водночас часті з'єднувальні точки на кабелі збільшують ймовірність виникнення несправностей у мережі, що може призвести до переривання зв'язку.

Схематичне зображення шинної топології представлено на рисунку 2.3.

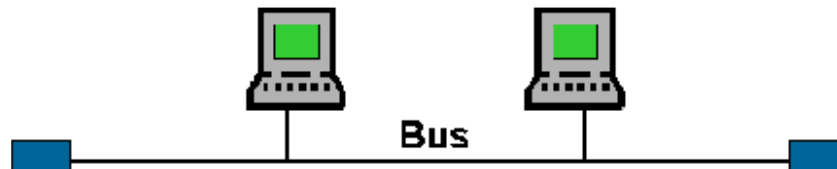


Рисунок 2.3 – Шинна топологія

## 2.2 Модель ISO/OSI

Модель ISO/OSI була розроблена з метою встановлення уніфікованих правил і структури для організації комунікацій між кінцевими пристроями різних виробників, що дозволяє забезпечити їхню сумісність та ефективну взаємодію. Для коректного обміну даними комп'ютери в мережі мають погоджувати формат і процедури передачі інформації [2].

Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) розробила цю модель, яка була прийнята як міжнародний стандарт ISO 7498 у 1984 році.

Модель OSI складається з семи логічних шарів (рисунок 2.4), кожен з яких виконує специфічні функції, необхідні для організації мережевого зв'язку. Шари взаємодіють таким чином, що кожен шар використовує сервіси нижчого рівня і надає сервіси шару, що знаходиться вище.

### 2.2.1 Фізичний рівень

Фізичний рівень відповідає за безпосередній обмін бітовою інформацією між мережевими пристроями через фізичне середовище передачі. Він визначає параметри та стандарти електричних, оптичних і механічних характеристик апаратури, що використовується для передачі.

**Модель OSI**

Дані	7 прикладний application	Доступ до мережевих служб
	6 представлень presentation	Представлення і кодування даних
	5 сеансовий session	Управління сеансом зв'язку
Сегменти	4 транспортний transport	Прямий зв'язок між кінцевими пунктами і надійність
Пакети	3 мережевий network	Визначення маршруту і логічна адресація
Кадри	2 каналний data link	Фізична адресація
Біти	1 фізичний physical	Робота в середовищі передачі, сигналами і двійковими даними

Рисунок 2.4 – Модель ISO/OSI

До функцій фізичного рівня належать:

- встановлення та підтримка фізичного з'єднання між пристроями;
- визначення формату сигналів, які передаються по каналу (наприклад, електричні або оптичні імпульси);
- синхронізація часу для розпізнавання початку та кінця кожного біта даних;
- стандартизація типів кабелів, роз'ємів та інтерфейсів.

Фізичний рівень забезпечує передачу одиничних бітів без інтерпретації їхнього змісту.

### 2.2.2 Канальний рівень (Data Link Layer)

Канальний рівень, на відміну від фізичного, вже не оперує окремими бітами, а працює з кадрами (фреймами) – структурованими блоками даних, які містять інформацію користувача та службові дані для управління передачею.

Основні функції каналного рівня включають:

- встановлення, підтримку та завершення логічного з'єднання між безпосередньо підключеними вузлами;

- кадруння – перетворення потоку бітів у кадри з чітко визначеним початком і кінцем;
- ідентифікацію вузлів на основі MAC-адрес (апаратних адрес мережесих інтерфейсів);
- виявлення та обробку помилок, що можуть виникати під час передачі, а також сповіщення про них вищого (мережесого) рівня;
- керування потоком даних, зокрема впорядкування кадрів, щоб забезпечити правильну послідовність їх прийому.

Канальний рівень забезпечує надійну передачу кадрів між пристроями в межах одного сегмента мережі.

### 2.2.3 Мережесий рівень (Network Layer)

Мережесий рівень відповідає за маршрутизацію даних між віддаленими вузлами або між окремими мережами, які не мають прямого з'єднання між собою.

Його головне завдання – визначити оптимальний шлях для доставки пакетів від відправника до отримувача в умовах складної багаторівневої структури глобальної мережі.

Основні функції мережесого рівня:

- пошук маршруту (routing) – вибір найбільш ефективного шляху для передачі пакетів;
- мережева адресація – використання глобальних IP-адрес, що забезпечують унікальну ідентифікацію пристроїв у великих мережах;
- фрагментація пакетів – розбиття великих блоків даних на менші для передавання через мережі з обмеженим розміром кадру;
- керування мережею – контроль за перенаправленням трафіку та уникнення перевантаження.

Мережесий рівень забезпечує логічну маршрутизацію і не гарантує надійності доставки – ця функція виконується на вищому рівні.

#### 2.2.4 Транспортний рівень (Transport Layer)

Транспортний рівень забезпечує надійну передачу даних між кінцевими пристроями, незалежно від маршруту та кількості проміжних вузлів. Його основне завдання – надати сервіси передачі даних безпосередньо прикладному рівню. Ключові функції транспортного рівня включають:

- виявлення та корекцію помилок, які могли виникнути на нижчих рівнях під час передачі;
- керування потоком – регулювання обсягу переданих даних для уникнення перевантаження приймача;
- мультиплексування – одночасна підтримка кількох логічних з'єднань між тими самими вузлами, що дає змогу різним застосункам використовувати спільний канал передачі;
- сегментація даних – розбиття великих повідомлень на менші сегменти з подальшим контролем їхньої доставки та збирання.

Завдяки цим функціям транспортний рівень гарантує надійну, послідовну та ефективну доставку даних незалежно від стану мережі.

#### 2.2.5 Сеансовий рівень (Session Layer)

Сеансовий рівень відповідає за встановлення, підтримку та завершення сеансів зв'язку між прикладними процесами на різних пристроях. Це перший рівень моделі OSI, який керує логічними з'єднаннями між користувачами.

Основні функції сеансового рівня включають:

- ініціалізацію та завершення сеансів між взаємодіючими прикладними програмами;
- синхронізацію обміну даними, тобто розміщення контрольних точок (checkpoint) для можливості відновлення передавання після збою;
- контроль доступу до ресурсів, зокрема перевірку облікових даних, паролів, а також автентифікацію користувачів;

- керування діалогом – визначення режиму взаємодії: одно- або двосторонній зв'язок (наприклад, чергова або симетрична комунікація).

Цей рівень забезпечує координовану взаємодію між прикладними процесами та дозволяє ефективно відновити роботу після переривань у зв'язку.

#### 2.2.6 Рівень представлення (Presentation Layer)

Рівень представлення відповідає за перетворення формату даних, що передаються між прикладними системами, забезпечуючи їх взаєморозуміння незалежно від платформи або типу кодування. Завдяки цьому рівню комп'ютери з різною архітектурою та програмним забезпеченням можуть правильно інтерпретувати отриману інформацію.

Основні функції рівня представлення:

- перетворення форматів даних – узгодження кодування символів (наприклад, ASCII, Unicode), форматів чисел, структур даних тощо;
- стиснення даних – зменшення обсягу переданих даних для підвищення ефективності обміну;
- зашифрування/розшифрування – забезпечення конфіденційності та безпеки інформації під час передавання через мережу.

Цей рівень слугує посередником між прикладним рівнем та транспортною системою, гарантуючи, що дані надходять у прийнятному вигляді для обох сторін комунікації.

#### 2.2.7 Рівень додатків (Application Layer)

Рівень додатків є найвищим рівнем моделі OSI, який забезпечує безпосередню взаємодію користувача з мережею через прикладні програми. Цей рівень надає сервіси, що дозволяють кінцевим користувачам отримувати доступ до мережевих ресурсів.



До основних функцій рівня додатків належать:

- доступ до файлів і каталогів на віддалених серверах;
- робота з електронною поштою – надсилання, отримання та обробка повідомлень;
- управління базами даних – доступ, модифікація та обмін інформацією з СУБД;
- використання мережевих протоколів прикладного рівня, таких як HTTP, FTP, SMTP, DNS, POP3, Telnet тощо.

Рівень додатків не реалізує самі програми, але забезпечує інтерфейс, через який вони взаємодіють із мережею.

### 2.3 Архітектура TCP/IP

Модель TCP/IP є однією з найпоширеніших і широко застосовуваних багаторівневих мережевих моделей, що використовується для організації обміну даними в Інтернеті. Вона базується на наборі протоколів, які забезпечують надійне, ефективне та стандартизоване передавання інформації між пристроями в комп'ютерних мережах [3].

Основу архітектури TCP/IP становлять три ключові протоколи:

- TCP (Transmission Control Protocol) – забезпечує встановлення, підтримку та завершення надійного з'єднання, гарантує доставку даних у правильній послідовності та без втрат;
- UDP (User Datagram Protocol) – дозволяє передавати дані без попереднього встановлення з'єднання, забезпечуючи швидке, але ненадійне передавання;
- IP (Internet Protocol) – відповідає за адресацію та маршрутизацію пакетів даних між вузлами мережі.

Еталонна модель TCP/IP включає чотири рівні, кожен з яких виконує конкретні мережеві функції. Протоколи TCP, UDP, IP та інші розподіляються між цими рівнями відповідно до їхніх функціональних призначень [3].

Опис і структура рівнів моделі TCP/IP наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Рівні в архітектурі TCP/IP

Рівень	Опис	Протоколи
Рівень додатків	містить протоколи для найчастіше використовуваних служб і визначає, як хост-програми взаємодіють зі службами транспортного рівня	HTTP, FTP, Telnet, DNS
Транспортний рівень	керує сеансами зв'язку між хост-комп'ютерами, встановлює з'єднання та направляє потоки даних до відповідних додатків	TCP, UDP, RTP
IP-рівень	вставляє дані, що містять інформацію про адреси призначення та джерела, в IP-дейтаграми та виконує маршрутизацію IP-дейтаграм	IP, ICMP, ARP, RARP
Рівень доступу до мережевого інтерфейсу	залежить від типу мережі та відрізняється для Ethernet, АТМ та інших. Визначає фізичну передачу даних по мережі, включаючи їх перетворення в електричні сигнали, що використовуються апаратними пристроями	Ethernet, Token Ring, FDDI

## 2.4 Ethernet

Ethernet – це найпоширеніша технологія побудови локальних обчислювальних мереж (LAN), яка була розроблена компаніями DEC, Intel та Xerox.

Початкова версія Ethernet забезпечувала швидкість передавання даних 10 Мбіт/с та використовувала метод доступу з виявленням колізій – CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) [4].

У межах моделі OSI, Ethernet реалізує функції фізичного та каналного рівнів, і може функціонувати з різними типами середовища передавання (коаксіальний кабель, виті пари, оптоволокно). Ethernet підтримує декілька специфікацій, які класифікуються за швидкістю передавання.

Ethernet (10 Мбіт/с) – найстаріший стандарт, відомий як 10BASE, який сьогодні практично не використовується. До його варіантів належать реалізації, що використовують товстий коаксіальний кабель, тонкий коаксіальний кабель, а також варіанти для виті пари або оптичного середовища.

Fast Ethernet (100 Мбіт/с) – найпоширеніший стандарт, який відповідає специфікаціям IEEE 802.3u. Він працює як з витю парою, так і з оптоволоконним кабелем. Основними типами Fast Ethernet є варіанти для виті пари категорії 5 і вище, оптоволоконні рішення, а також рідко використовуваний варіант, який потребує чотири пари дротів.

Gigabit Ethernet (1000 Мбіт/с) – подальший розвиток технології, який забезпечує гігабітну швидкість, сумісну з існуючими мережами.

10 Gigabit Ethernet (10 Гбіт/с) – високошвидкісна версія Ethernet, що використовується для магістральних з'єднань і серверних рішень.

Завдяки гнучкості, масштабованості та стандартам, що підтримують зворотну сумісність, Ethernet став базовою технологією для більшості сучасних комп'ютерних мереж.

## 2.5 Активні елементи мережі

Активні елементи мережі – це пристрої, які забезпечують передачу даних між різними частинами мережі. Їх основна функція полягає у прийомі інформації з одного сегмента кабелю та передачі її через інший сегмент до місця призначення. Додатковими завданнями таких пристроїв можуть бути вибір оптимального маршруту, перевірка цілісності пакетів даних, а також визначення, до якого сегмента мережі належить конкретний пакет [5].

Різні активні елементи працюють на різних рівнях архітектури ISO/OSI, що впливає на функціональні можливості. Роботу активних елементів на рівнях наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Активні елементи в архітектурі мережі

Назва шару	Назва активних елементів
Фізичний рівень	підсилювач, конвертер, концентратор
Канальний рівень	міст, комутатор
Мережевий рівень	роутер
Транспортний рівень	
Рівень зв'язку	
Рівень представлення	
Рівень додатків	шлюз

### 2.5.1 Підсилювач, ретранслятор

Цей пристрій функціонує на фізичному рівні еталонної моделі ISO/OSI. Ретранслятор не здійснює ідентифікацію окремих вузлів мережі, оскільки є елементарним підсилювачем сигналу.

Його завдання полягає у прийомі ослабленого сигналу від одного сегмента мережі та передачі його далі до наступного. Головна мета – подовження досяжності мережевого з'єднання.

### 2.5.2 Конвертер (трансивер, медіаконвертер)

Призначенням конвертера є трансформація сигналу між різними типами передавального середовища, наприклад, з витієї пари на оптоволоконний кабель. Крім перетворення середовища, медіаконвертер також виконує функцію підсилення сигналу для забезпечення його коректної передачі на більші відстані.

### 2.5.3 Концентратор

Концентратор, або хаб, діє аналогічно до ретранслятора, але має більшу кількість портів. Його основне призначення – передача та підсилення вхідного сигналу на всі порти одночасно, незалежно від адресата. Такий спосіб роботи створює високе навантаження на мережу, тому сучасні мережі майже не використовують концентратори. Їх витіснили комутатори, які мають вищу швидкість обробки даних і здатні забезпечувати одночасну двосторонню передачу. Концентратори бувають двох типів: активні (мають власне джерело живлення та здатні підсилювати сигнал) та пасивні (не мають живлення і лише передають сигнал на всі порти без його підсилення).

### 2.5.4 Міст

Міст є одним з перших пристроїв для з'єднання окремих мережевих сегментів або підмереж. Його ключова функція – фільтрація трафіку, що дозволяє зменшити перевантаження мережі. Міст аналізує MAC-адресу одержувача в пакеті даних і передає пакет лише в той сегмент, до якого належить адресат. Завдяки цьому трафік не розподіляється по всій мережі. Міст функціонує на каналному (другому) рівні моделі ISO/OSI.

### 2.5.5 Комутатор

У сучасних комп'ютерних мережах із топологією типу «зірка» центральним активним елементом виступає комутатор, а не концентратор. Основна відмінність між ними полягає в принципі обробки даних: концентратор (хаб) без розбору надсилає отриманий кадр на всі порти, тоді як комутатор передає його виключно на той порт, за яким знаходиться станція призначення. Іншими словами, комутатор можна умовно вважати багатопортовим мостом.

Комутатор, як і міст, працює на канальному рівні моделі ISO/OSI та приймає рішення на основі MAC-адреси. Коли кадр надходить на порт комутатора, пристрій зчитує MAC-адресу джерела та запам'ятовує її, зберігаючи у внутрішній таблиці адрес разом із номером порту та позначкою часу. Після цього, коли комутатор отримує новий кадр, він:

- зчитує MAC-адресу одержувача;
- порівнює її з таблицею адрес;
- якщо запис знайдено – кадр передається лише на відповідний порт;
- якщо MAC-адреса невідома – кадр розсилається на всі порти, як у

концентратора.

Такий механізм забезпечує ефективне управління трафіком, зменшує колізії та підвищує швидкодію мережі, на відміну від концентратора, який створює зайве навантаження через ширококомовну передачу.

#### 2.5.6 Маршрутизатор

Маршрутизатор функціонує на мережевому рівні моделі ISO/OSI. На відміну від комутатора, який використовує MAC-адреси, маршрутизатор працює з логічними (IP-) адресами, що дає змогу зв'язувати між собою різні мережі.

Принцип його роботи базується на таблиці маршрутизації, яка зберігає інформацію про: доступні маршрути до різних мереж, відповідні інтерфейси (порти) пристрою, метрику шляху (наприклад, кількість переходів або затримку), пріоритети маршрутів.

Під час проходження пакета мережевою інфраструктурою маршрутизатор:

- зчитує IP-адресу одержувача в заголовку пакета;
- порівнює її з таблицею маршрутизації;
- визначає оптимальний маршрут;
- перенаправляє пакет на відповідний інтерфейс.

Крім цього, маршрутизатор перевіряє поле Time To Live (TTL) – показник, що вказує, скільки переходів може зробити пакет. Якщо TTL дорівнює нулю, пакет знищується, що дозволяє уникнути його нескінченного пересилання в разі циклічних маршрутів.

Найпоширенішим застосуванням маршрутизаторів є з'єднання локальної мережі з Інтернетом, де вони забезпечують передачу пакетів у зовнішню мережу та назад, часто додатково виконуючи функції NAT, фаєрвола або DHCP-сервера.

## 2.6 Кабелі

Перш ніж перейти до опису окремих типів кабелів, слід коротко охарактеризувати середовища передавання даних, які можуть використовуватися в комп'ютерних мережах:

- металеві кабелі – передавання даних здійснюється у вигляді електричних сигналів, що проходять по мідному провіднику. Найпоширенішим представником цього типу є виті пари.

- оптичні кабелі – інформація передається у вигляді світлових імпульсів, які закодовані відповідним чином. Завдяки цьому оптоволоконні лінії забезпечують високу швидкість і низький рівень втрат на великих відстанях, а також стійкість до електромагнітних завад.

Ці два типи середовищ мають свої переваги та недоліки і вибираються відповідно до вимог до швидкості, довжини траси, умов експлуатації та бюджету проекту [5].

### 2.6.1 Витя пара

Виті пари є найбільш використовуваними кабелями в сучасних мережах. Вони походять від телефонного кабелю. Їхні переваги - низька вартість, легке встановлення та дуже хороші характеристики [6].

Виті пари поділяються на кілька категорій за електричними та механічними властивостями. Категорії наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Типи категорій кручених пар

Категорія	Пропускна здатність	Роз'єм	Використання
Категорія 5	100 МГц	RJ-45	Спочатку розроблений для 100 Мбіт/с. Також може використовуватися для 1 Гбіт/с.
Категорія 5e	100 МГц	RJ - 45	Найчастіше використовується для 1 Гбіт/с. Використовує всі чотири пари.
Категорія 6	250 МГц	RJ-45	Використовується для 1 Гбіт/с з переходом на 10 Гбіт/с
Категорія 7	1200 МГц	GC45, TERA	Розроблено для 10 Гбіт/с.

Виті пари являють собою чотири пари провідників, які скручуються між собою певним чином для зниження електромагнітних завад. Усі чотири пари вміщуються у спільну зовнішню оболонку. Така конструкція дозволяє ефективно передавати сигнали на порівняно великі відстані з мінімальними втратами.

Для загального розуміння доцільно виділити основні типи кручених пар, які представлено на рисунку 2.6.

Неекранована кручена пара (UTP – Unshielded Twisted Pair) – найпоширеніший тип. Кожна пара провідників скручена, але не має жодного додаткового екранування. Провідники вміщені лише в загальну пластикову оболонку.

Такий кабель широко використовується в локальних мережах через свою дешевизну та простоту монтажу, однак менш стійкий до електромагнітних завад.



Тип кабелю вибирається відповідно до умов середовища, вимог до швидкості та чутливості до завад.

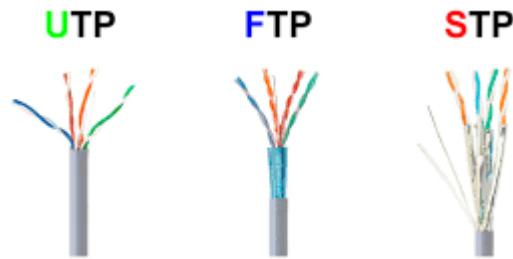


Рисунок 2.6 – UTP, FTP, STP

Усі провідники кабелю підключаються до роз'єму RJ-45, який є стандартним інтерфейсом для мережевих з'єднань. Кожен дрiт має своє кольорове маркування, що спрощує ідентифікацію під час обтискання та монтажу. Існує чотири кольори: помаранчевий, синій, зелений та коричневий, кожен з яких формує пару. У парі один дрiт має суцільне забарвлення, а інший – смугастий, тобто комбінований з білим.

### 2.6.2 Оптичні кабелі

Оптичні кабелі використовують світлові імпульси замість електричних сигналів для передавання даних, що забезпечує високу швидкість і стійкість до електромагнітних завад. Основу такого кабелю становить оптичне волокно, виготовлене зі скла або пластику, яке проводить світло з мінімальними втратами. Конструкція оптичного кабелю включає кілька основних шарів [7].

Оптичне волокно – центральна частина кабелю, по якій передається світло. Вторинне покриття – служить для захисту волокна від мікро- та макровигинів, які можуть призвести до пошкодження або втрати сигналу.

Структурний (армувальний) шар – підвищує механічну міцність кабелю, захищаючи його від розтягування та фізичних навантажень.

Зовнішня оболонка – забезпечує додатковий захист від вологи, температурних впливів та механічних пошкоджень.

Поперечний переріз оптичного кабелю наведено на рисунку 2.7, де показано розташування всіх шарів і волокна всередині кабелю. Така багатошарова структура забезпечує довговічність та стабільну роботу кабелю навіть у складних умовах експлуатації.



Рисунок 2.7 – Розріз оптичного кабелю

Оптичні кабелі поділяються на два основні типи залежно від способу поширення світлового сигналу:

Багатомодові волокна (MMF – Multi Mode Fiber) є більш доступним варіантом, однак мають обмеження щодо дальності та якості передавання. Джерелом світла в таких волокнах зазвичай виступає світлодіод (LED). Світловий сигнал у цьому випадку поширюється одразу кількома модами, що означає різні траєкторії проходження світла всередині волокна. Через це виникає дисперсія мод, яка обмежує ефективну відстань передавання до кількох сотень метрів. Типові області застосування – локальні мережі та середовища з невеликою довжиною ліній. Візуально поперечний розмір волокна ілюструється на рисунку 2.9.

Одномодові волокна (SMF – Single Mode Fiber) є дорогим, але більш ефективним рішенням. Вони використовують лазерне джерело світла, і сигнал передається лише в одній моді – прямолінійно, без відбиттів від стінок волокна. Це дозволяє забезпечити значно більшу пропускну здатність і

дальність передавання до десятків кілометрів без суттєвих втрат якості. Одномодові волокна зазвичай використовуються у магістральних і міжміських мережах. Їхній поперечний переріз наведено на рисунку 2.10.

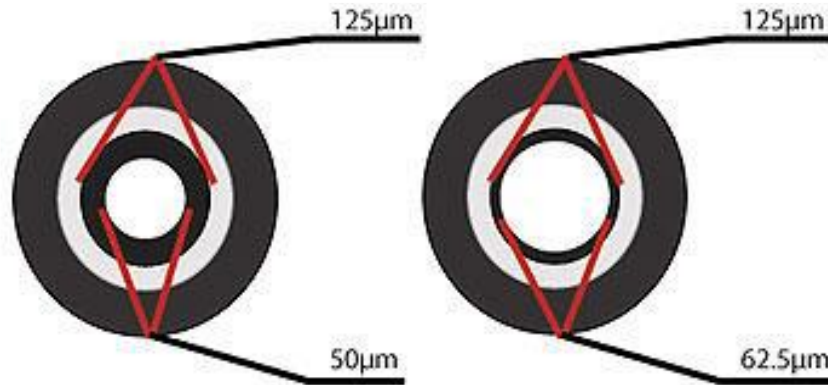


Рисунок 2.9 – Розміри багатомодового оптичного кабелю

Для підключення до обладнання обидва типи кабелів завершуються стандартизованими конекторами, серед яких найпоширенішими є:

- ST (Straight Tip) – круглий роз’єм із байонетним замком;
- SC (Subscriber Connector) – квадратний роз’єм із фіксацією натисканням.

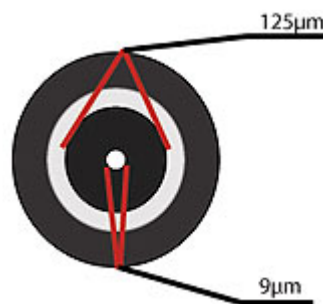


Рисунок 2.10 – Розміри одномодового волоконно-оптичного кабелю

Ці роз’єми забезпечують надійне та швидке підключення оптичних волокон до активного мережевого обладнання.

## 3 ПРОЄКТ МЕРЕЖІ

На основі проведеного аналізу поточного стану шкільної комп'ютерної мережі було розроблено поетапний план удосконалення з урахуванням технічних, організаційних та фінансових факторів. Запропоноване рішення складається з трьох основних етапів:

Перший етап – усунення виявлених недоліків у вже функціонуючих комп'ютерних класах. Основна увага приділяється мінімізації витрат шляхом використання наявних ресурсів, оновлення кабельних трас, безпечного розміщення активного обладнання, маркування мережевих елементів та приведення системи у відповідність до чинних норм безпеки.

Другий етап – проектування розширення локальної мережі. На цьому етапі буде запропоновано нові точки доступу, визначено маршрути прокладання кабелів, обрано необхідні активні та пасивні мережеві компоненти. План передбачає адаптацію вже існуючих ліній зв'язку, їх модернізацію або заміну, з урахуванням норм стандартів проектування структурованих кабельних систем

Третій етап – створення нового комп'ютерного класу на 22 робочі місця з відповідним мережевим забезпеченням. Проект передбачає підключення класу до локальної мережі з урахуванням високої надійності, достатньої пропускної здатності та можливості масштабування.

### 3.1 Вирішення недоліків існуючих комп'ютерних класів

#### 3.1.1 Комп'ютерний клас 208

Основною проблемою класу 208 є використання застарілого комутатора, встановленого безпосередньо на стіні. Для усунення цього недоліку передбачено демонтаж старого обладнання та встановлення цільної

19-дюймової телекомунікаційної шафи Triton із чотирма вільними слотами формату "U". Встановлений розподільний щит буде укомплектовано новою 19-дюймовою патч-панеллю та 24-портовим керованим комутатором. Новий комутатор забезпечить вищу швидкість передавання даних, що є важливою перевагою для подальшого масштабування мережі.

### 3.1.2 Комп'ютерний клас 306

У класі 306 головний комутатор встановлено безпосередньо в приміщенні. Його розмір становить 19 дюймів, а ємність – чотири посадкові місця формату "U". Весь щит заповнений обладнанням, що унеможливорює подальше розширення мережі та ускладнює обслуговування. З огляду на це, передбачено демонтаж існуючого щита та встановлення нової 19-дюймової телекомунікаційної шафи Triton з дев'ятьма вільними слотами "U".

Новий комутаційний щит буде закріплений на стіні та укомплектований двома новими комутаторами і двома патч-панелями. Перший комутатор, як і попередній, буде обслуговувати робочі місця в класі 306. Другий комутатор забезпечуватиме підключення між класами 307 і 306, а також основними класними приміщеннями третього поверху та другим поверхом. Крім того, другий комутатор буде з'єднано з новим шкільним маршрутизатором, який забезпечить вихід в Інтернет для всієї мережі.

### 3.1.3 Комп'ютерна кімната 307

У комп'ютерній кімнаті 307 комутатор розміщено безпосередньо на столі в кутку приміщення, що є технічно недоцільним та не відповідає вимогам щодо монтажу мережевого обладнання. У рамках модернізації мережі цей застарілий комутатор буде демонтовано, а замість нього на стіну буде встановлено комутатор, що раніше використовувався в кімнаті 306. Він все ще є функціональним та придатним для подальшого використання.

## 3.2 Пропозиція щодо розширення мережі

### 3.2.1 Обрана технологія

Під час розробки мережевої інфраструктури враховувався перспективний розвиток та можливе зростання навантаження в майбутньому. Як основну технологію обрано гігабітний Ethernet стандарту 1000BASE-T, що забезпечує швидкість передавання даних до 1000 Мбіт/с по мідному кабелю.

У якості кабельної системи було прийнято рішення використовувати структуровану систему категорії 5e, яка відповідає класу D згідно з міжнародними стандартами. Це – надійне, доступне та широко підтримуване рішення для локальних мереж, яке дозволяє забезпечити стабільний гігабітний зв'язок.

Для горизонтального прокладання кабелів було обрано неекрановану виту пару UTP, що повністю відповідає умовам розміщення в приміщеннях школи. Враховуючи низький рівень електромагнітних перешкод у будівлі, застосування неекранованого кабелю є технічно виправданим і фінансово ефективним рішенням.

### 3.2.2 Проектування точок підключення для розширеної мережі

При проектуванні нової інфраструктури точки підключення в уже існуючих комп'ютерних класах до уваги не бралися, оскільки там раніше було проведено розширення кабельної системи.

Натомість нові точки підключення передбачені в кабінеті директора, кабінеті вчителя, а також у кількох адміністративних і службових приміщеннях. Кількість точок визначалась після консультацій з адміністрацією навчального закладу з урахуванням перспективного збільшення кількості мережевих пристроїв.

Відповідно до узгоджених даних, загальна кількість точок підключення по школі становить 71. Із них 23 – це однопортові розетки, а 24 – двопортові розетки даних. Детальну інформацію щодо їх розміщення представлено на рисунках 3.1 та 3.2.

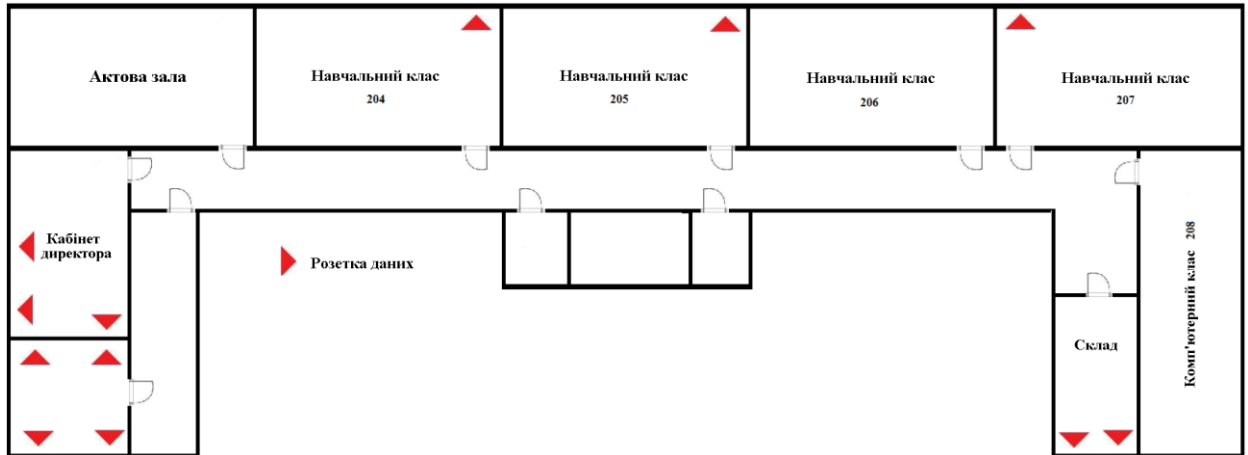


Рисунок 3.1 – Розміщення розеток даних на другому поверсі

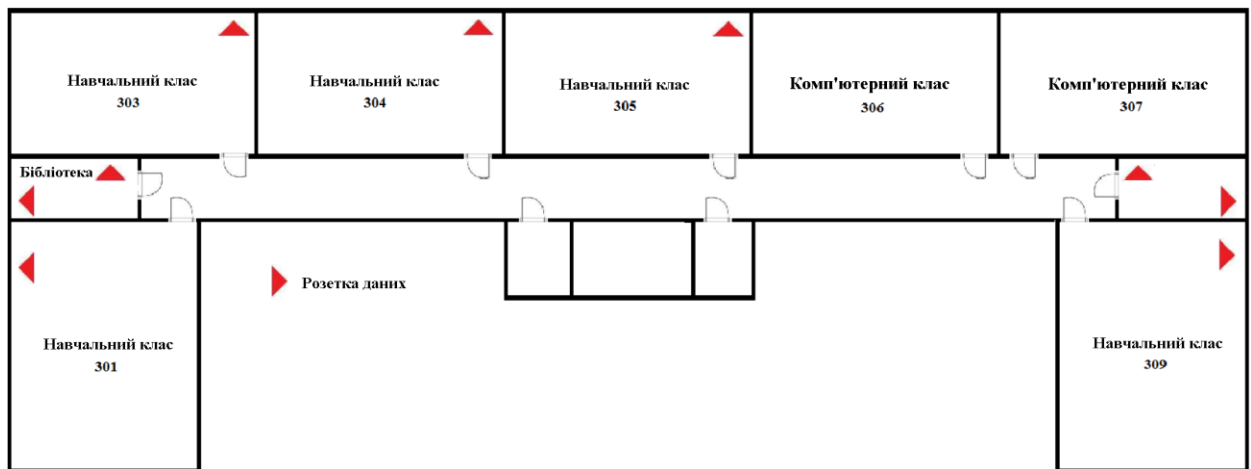


Рисунок 3.2 – Розміщення розеток даних на третьому поверсі

### 3.2.3 Кабелювання розширеної комп'ютерної мережі

Магістральна ділянка. Для організації магістральних з'єднань між усіма телекомунікаційними шафами школи доцільно застосувати оптичний багатомодовий кабель типу 50/125 мкм. Він забезпечує надійне з'єднання з високою пропускнуою здатністю на середні відстані. Кабель

завершуватиметься стандартними оптичними роз'ємами типу LC. Як оптимальний варіант обрано кабель Opticord LC–LC 50, що відповідає технічним вимогам для побудови локальної мережі освітнього закладу.

Горизонтальна ділянка. Для реалізації горизонтальної підсистеми структурованої кабельної системи обрано неекранований кабель UTP категорії 5e (Cat5e), класу D. Вибір зумовлений відповідністю даного типу кабелю сучасним вимогам до швидкісної передачі даних (до 1 Гбіт/с), а також його надійністю та доступністю. Пропонується використання продукції компанії PremiumCord, яка має позитивну репутацію щодо якості продукції. Обраний кабель призначений для фіксованого прокладання, відповідає вимогам стандартів та призначений для використання в середовищах з низьким рівнем електромагнітних завад.

Робоча секція. Кабелі в робочій зоні (від розеток до кінцевого обладнання) також обрано від виробника PremiumCord, з урахуванням сумісності з основною кабельною інфраструктурою.

### 3.2.4 Елементи розширеної комп'ютерної мережі

Прокладання кабелів між окремими приміщеннями передбачається виконати у кабель-каналах, розміщених під стелею вздовж стін. Ширина каналів обиратиметься залежно від кількості кабелів:

- при кількості понад 20 кабелів використовуватимуться кабель-канали розміром 60×40 мм;
- в інших випадках – канали розміром 40×20 мм.

Рекомендується використовувати кабельні канали українського виробника Plast ЕК (або альтернативно ІЕК Україна), які мають необхідні сертифікати відповідності та широко застосовуються в телекомунікаційних проєктах. У місцях проходження кабелів крізь стіни та стелі буде застосовано жорсткі електромонтажні труби, стійкі до механічних навантажень. Їх діаметр визначатиметься залежно від кількості кабелів у конкретному



сегменті. Такі труби також доцільно обрати від компанії Plast EK або іншого постачальника, представленого на українському ринку, за умови відповідності вимогам ДСТУ ІЕС 61386 щодо систем кабельних труб.

Застосування зазначених елементів кабельної системи забезпечить надійність, відповідність нормативним вимогам, легкість монтажу та естетичний вигляд всієї інфраструктури комп'ютерної мережі навчального закладу.

### 3.2.5 Проектування кабельних трас

Горизонтальна та магістральна кабельна розводка буде прокладена вздовж найдовшої сторони будівлі. Кабелі від шаф даних проходилимуть в електромонтажних рейках, змонтованих на стіні біля стелі на висоті 240 см. У кожній кімнаті, залежно від кількості точок підключення, кабель буде прокладено по електромонтажній шині до відповідної розетки передачі даних, розташованої на висоті близько 35 см від підлоги.

Проходи в стінах та підлозі будуть захищені жорсткими електромонтажними трубами з підвищеною механічною стійкістю.

Максимальна довжина окремого кабелю не перевищуватиме 90 метрів.

Перший маршрут стартує від шафи даних №1, розташованої у комп'ютерній кімнаті 306. Кабелі прокладатимуться в електроінсталяційній смузі на стіні біля стелі у напрямку бібліотеки, проходячи через основні аудиторії 305, 304 та 303, далі до бібліотеки (кімната 302) та основної аудиторії 301. У кожній кімнаті, відповідно до кількості точок підключення, кабелі будуть виведені в електроінсталяційну смугу до відповідних розеток даних.

Другий маршрут проходить від шафи даних №1 у комп'ютерній кімнаті 306 до шафи в кімнаті 308. Один кабель веде безпосередньо до шафи даних №2 у комп'ютерній кімнаті 307. Інші кабелі прокладені через комп'ютерну кімнату 307 до шафи і до навчального класу 309 до розеток даних.

Третій маршрут починається від шафи даних №1 у комп'ютерній кімнаті 306 і веде вниз через підлогу безпосередньо до шафи даних №3.

Проект кабельної траси третього поверху наведено на рисунку 3.3.

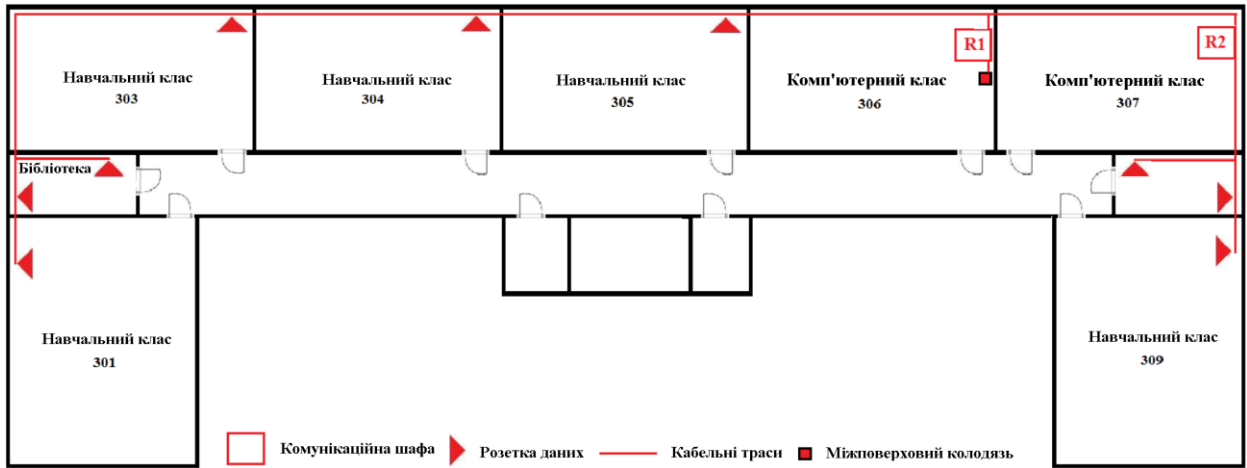


Рисунок 3.3 – Кабельної траси третього поверху

Схема прокладання кабелів другого поверху наведена на рисунку 3.4.

На другому поверсі перший маршрут починається від шафи даних № 3 у комп'ютерній кімнаті 206 і пролягає до кабінету директора (кімната 202). Кабелі проходять через основні аудиторії 205 та 204, де підключаються до відповідних розеток даних.

Від аудиторії 204 до шафи даних № 5 у кабінеті директора прокладається один кабель.

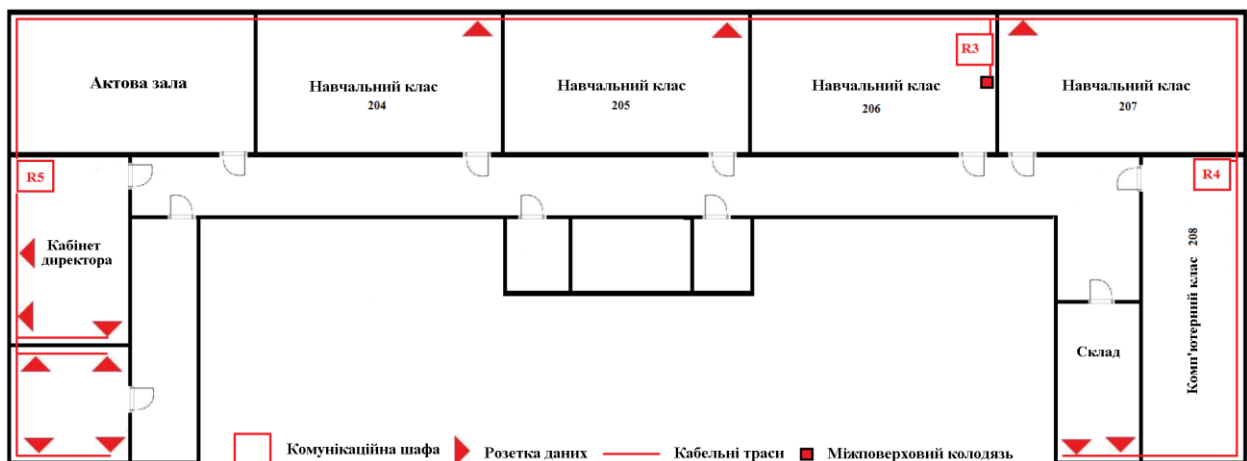


Рисунок 3.4 – Кабельної траси другого поверху

Другий маршрут стартує від шафи даних № 5 у кабінеті директора та веде до кабінету вчителів. Кабелі поетапно підключаються до розеток даних у цьому кабінеті.

Третій маршрут починається від шафи даних № 3 у комп'ютерній кімнаті 206 і проходить через клас 207, комп'ютерну кімнату 208 та серверну кімнату (кімната 209).

### 3.3 Проектування нового комп'ютерного класу

Новий комп'ютерний клас має містити 23 комп'ютери, щоб кожен учень мав власне робоче місце. Клас повинен відповідати чинним стандартам та нормам безпеки і комфорту.

Прийнято рішення розташувати новий комп'ютерний клас у кімнаті № 206 на другому поверсі. Основними аргументами на користь вибору саме цього приміщення стали:

Його розташування безпосередньо під комп'ютерним класом 306, де знаходиться головний комутатор даних, що полегшить прокладання кабелів і підключення мережі.

Розмір кімнати, який порівнянний з комп'ютерним класом 306 і відповідає потребам нового класу.

Топологія мережі комп'ютерного класу № 206 буде побудована за типом «зірка». Центром мережі стане інформаційна шафа, розташована безпосередньо в класі або поруч із ним. Від інформаційної шафи до кожного робочого місця буде прокладено індивідуальний кабель, що забезпечить стабільне та ефективне підключення кожного комп'ютера.

Такий тип топології забезпечує:

- високу надійність роботи мережі (відсутність впливу виходу з ладу одного з кабелів на інші робочі місця);
- зручність у обслуговуванні та модернізації;
- легкість виявлення та усунення несправностей.

Основний кабельний маршрут прокладатиметься від шафи даних уздовж підлоги в пластикових підлогових рейках, розташованих біля дверей класу. Перед кожним рядом офісних столів маршрут розгалужуватиметься в електромонтажних рейках, що ведуть до розеток даних. Розетки будуть розміщені на передній частині задньої стінки кожного столу для зручного підключення комп'ютерного обладнання. Детальна схема прокладання маршруту наведена на рисунку 3.5.

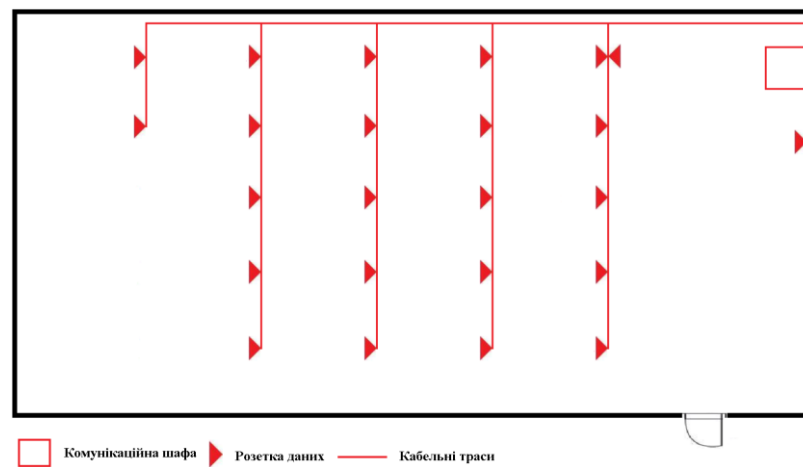


Рисунок 3.5 – Креслення трас структурованої кабельної мережі в комп'ютерному класі 206

### 3.4 Вибір мережевого обладнання



Рисунок 3.6 – Комутатор D-Link DGS-1210-28

Керований комутатор другого рівня DGS-1210-28 оснащений 24 портами 10/100/1000Base-T і 4 комбінованими портами 100/1000Base-T/SFP (рисунок 3.6). Пристрій підтримує енергоефективну технологію D-Link Green і має розширені функції керування та безпеки, що забезпечує високу продуктивність і масштабованість мережі.

Управління комутатором здійснюється через SNMP, веб-інтерфейс або спрощений командний рядок (CLI) за допомогою Telnet. Підтримка функції Auto Voice VLAN дозволяє автоматично визначати та пріоритезувати голосовий трафік. Пасивна система охолодження забезпечує безшумну роботу пристрою та сприяє підвищенню його надійності й довговічності.

Комутатор реалізує повний набір функцій рівня 2, зокрема IGMP Snooping, дзеркалювання портів (Port Mirroring), протокол Spanning Tree (STP) і протокол агрегації каналів LACP. Для оптимізації навантаження використовується управління потоком за стандартом IEEE 802.3x, що підвищує надійність передачі даних.

Підтримка швидкості до 2000 Мбіт/с у повнодуплексному режимі на кожному порту дозволяє забезпечити високу пропускну здатність для підключення кінцевих пристроїв.

Також передбачені функції діагностики кабелю та виявлення петель (Loopback Detection): перша дозволяє оцінити стан виті пари та виявити тип несправностей, друга – автоматично визначає та блокує порти з петлею, запобігаючи порушенням у роботі мережі.



Рисунок 3.7 – Комутатор D-Link DGS-1210-52

Керований комутатор рівня 2 DGS-1210-52 оснащений 48 портами 10/100/1000Base-T та 4 комбінованими портами 100/1000Base-T/SFP (рисунок 3.7).

Пристрій підтримує енергоощадну технологію D-Link Green і має розширені функції управління та безпеки, що забезпечує високу продуктивність і масштабованість мережі.

Керування комутатором реалізується за допомогою SNMP, зручного веб-інтерфейсу, а також спрощеного CLI через Telnet, що дозволяє легко інтегрувати пристрій у мережеву інфраструктуру.

Підтримка Auto Voice VLAN дає змогу автоматично визначати голосовий трафік і надавати йому найвищий пріоритет, що особливо важливо для VoIP-сервісів.

Комутатор має пасивну систему охолодження, яка забезпечує тиху роботу та сприяє збільшенню терміну експлуатації пристрою, що є перевагою для використання в офісному або житловому середовищі.



Рисунок 3.8 – Комутатор D-Link DGS-1210-16

Серія комутаторів D-Link DGS-1210 (рисунок 3.8) представляє собою Web Smart-комутатори нового покоління з підтримкою енергоощадної технології D-Link Green. Пристрої цієї серії поєднують в собі розширені функції керування та безпеки, що забезпечують високу продуктивність, надійність та масштабованість мережевої інфраструктури.

Комутатор DGS-1210-16 оснащений:

- 12 портами 10/100/1000 Мбіт/с для високошвидкісного підключення кінцевих пристроїв;
- 4 комбінованими портами 10/100/1000BASE-T/SFP, які забезпечують гнучкість при організації мережевих з'єднань, включно з оптоволоконними лініями.

Гігабітний широкосмуговий маршрутизатор TP-LINK TL-ER5120 з підтримкою балансування навантаження забезпечує надійне з'єднання для підприємств малого та середнього бізнесу завдяки гнучкій конфігурації портів і розширеним функціям безпеки (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – Маршрутизатор TP-LINK TL-ER5120

Основні характеристики:

- фіксований гігабітний порт WAN;
- 1 фіксований гігабітний порт LAN/DMZ;
- 3 гігабітні порти з можливістю перемикання режиму WAN/LAN, що дозволяє адаптувати пристрій до потреб мережі;
- перевірка ARP для захисту від спуфінгу
- захист від атак типу DoS (Denial of Service)
- фільтрація за URL-адресами та ключовими словами
- гнучкий контроль доступу для адміністраторів
- можливість блокування IM/P2P-додатків одним кліком — для швидкого контролю активності користувачів у мережі;
- вбудований PPPoE-сервер для зручного адміністрування локальної мережі.

### 3.5 Логічна схема мережі

У структурі комп'ютерної мережі використано сім комутаторів. чотири із них – з 24 портами для витії пари та 4 портами для оптичного кабелю. Два комутатори будуть на 48 портів для витії пари та 4 портами для оптичного кабелю. Один комутатор матиме 16 портів для витії пари та 4 порти для оптичного кабелю. Всі комутатори повинні підтримувати керування відповідно до стандарту 10/100/1000 Base-T. Для цих цілей обрано:

- 24-портовий керований комутатор D-Link DGS-1210-28;
- 48-портовий керований комутатор D-Link DGS-1210-52;
- 24-портовий керований комутатор D-Link DGS-1210-16.

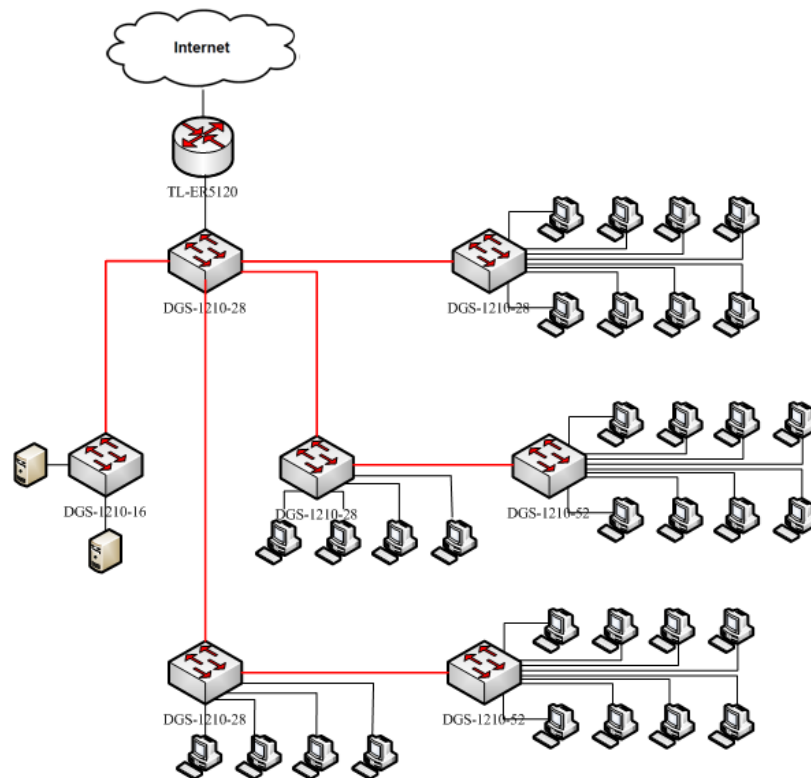


Рисунок 3.10 – Логічна схема мережі

Для забезпечення доступу до Інтернету та функціонування локальної мережі необхідний маршрутизатор з WAN-портом та LAN-портом, які підтримують швидкість до 1000 Мбіт/с. Важливою функцією є підтримка налаштування VPN-тунелів для безпечного віддаленого доступу. Враховуючи ці вимоги, рекомендовано маршрутизатор TP-LINK TL-ER5120. У перспективі можливе збільшення пропускної здатності Інтернет-з'єднання з відповідним оновленням апаратного забезпечення.

На рівні ядра мережі застосовується 24-портовий керований комутатор D-Link DGS-1210-28. Всі інші комутатори, окрім комутатора серверів, виконують функцію комутаторів рівня доступу.

Лінії зв'язку між комутаторами використовують багатомодове оптичне волокно.



## ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка пропозицій щодо розширення комп'ютерної мережі навчального закладу та створення нового комп'ютерного класу.

Комп'ютерна мережа спроектована таким чином, щоб забезпечити достатню кількість точок підключення та сучасні технології, що відповідатимуть майбутнім потребам закладу без зниження якості освітнього процесу. У процесі розробки були усунені недоліки існуючої мережі, зокрема щодо розміщення активного обладнання.

В кваліфікаційній роботі наведено схему розташування точок підключення та трас прокладання кабелів, а також пропозиції щодо встановлення шаф даних і системи маркування портів, патч-панелей, кабелів та розеток.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи було розроблено проєкт мультисервісної комп'ютерної мережі для невеликого населеного пункту. Особливу увагу приділено аналізу сучасних технологій побудови мультисервісних мереж та визначенню тенденцій їх подальшого розвитку.

За підсумками дослідження було прийнято рішення спроектувати мережу на основі технології WDM-PON, що зумовлено потенційним зростанням кількості користувачів у майбутньому.

Згідно з аналізом ринку телекомунікацій було підібрано обладнання для впровадження мультисервісної мережі у вибраному населеному пункті. Як станційне обладнання обрано OLT LG-Nortel EAST 1100 R5, що забезпечує створення надійної та якісної мережі на базі WDM-PON. У якості абонентських пристроїв запропоновано використовувати термінали LG-Nortel EARU 1112. Також було підібрано пасивне обладнання для реалізації топології типу «дерево».

Проєкт охоплює структурну схему мультисервісної мережі, план прокладки оптичного кабелю територією населеного пункту, схеми підключення обладнання, а також розрахунок оптичного бюджету.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Болілій В.О., Котьяк В.В. Комп'ютерні мережі. Навчальний посібник [Текст] / - Кіровоград: ЦОП Авангард, 2008. - 146с.
2. Костров Б.В., Смирнова Є.В., Козік П.В. Технології сучасних мереж Ethernet. Методи комутації та управління потоками даних / - ВНУ, 2012. - 272 с.
3. Трулав Дж. Мережі. Технології, прокладання, обслуговування. 3-тє вид / - НТ Прес, 2009. - 560 с. Кулаков Ю.А., Омелянський С.В. Комп'ютерні мережі. Вибір, встановлення, використання та адміністрування / - К.: Юніор, 2009. - 544с.
4. IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput IEEE Std 802.11. 2009.
5. Laura Ribeiro, Eduardo Souto Multi-Factor Dynamic Channel Assignment approach for Wi-Fi networks // IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC). 2018.
6. Rastislav Bencel, Kristián Košťál, Ivan Kotuliak, Michal Ries Common SDN control channel for seamless handover in 802.11 // Wireless Days (WD). 2018.