

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра комп'ютерної інженерії



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему Проектування мережі доступу у місті на базі
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)
технології Passive Optical Network

Здобувача Крушельницька М.О.
(прізвище, ініціали)

4 курсу 543а групи

Керівники: ст. викл. Барабаш Т.М.
(посада, прізвище та ініціали)

доц. Сахарова С.В.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: ст. викл. Ненов О.Л.
(посада, прізвище та ініціали)

д.е.н., проф. Басюркіна Н.Й.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 10.06 2023 р., протокол № 8

Завідувач кафедри комп. інженерії Сергій АРТЕМЕНКО
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса - 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерної інженерії, програмування та кіберзахисту
Кафедра комп'ютерної інженерії
Ступінь вищої освіти бакалавр
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітня програма Мережеві технології та інтернет речей

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри комп'ютерної інженерії
Сергій АРТЕМЕНКО
« 10 » серпня 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Крушельницької Маргарити Олександрівни

1. Тема роботи Проектування мережі доступу у місті на базі технології Passive Optical Network

Затверджена наказом університету від « 10 » серпня 2022 р., наказ № 440-03

2 Термін здачі здобувачем закінченої роботи 5 червня 2023 р.

3. Вихідні дані роботи

1. Характеристика території. 2. Дані з опитування популярності ІКП.

3. Кількість мешканців території. 4. Методи проектування мережі доступу.

1. Характеристика території. 2. Дані з опитування популярності ІКП.

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Вступ. 2. Формування вихідних даних та вимог для проекрованої мережі доступу.

3. Розрахунок структурних характеристик проекрованої мережі.

4. Розробка функціональної схеми мережі доступу на базі технології PON.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Слайд 1. Вступ. Слайд 2. Мета. Слайд 3. Етапи виконання. Слайд 4. Карта території.

Слайд 5. Перелік інфокомунікаційних послуг. Слайд 6. Схематична карта території.

Слайд 7. Місце розташування вузлів доступу. Слайд 8. Карта території з ВД та ВНП.

Слайд 9. Технологія PON. Слайд 10. Порівняння основних стандартів технології PON.

Слайд 11. Спрощені функціональні схеми для секторів.

Слайд 12. Функціональна схема проекрованої мережі доступу. Слайд 13. Висновки.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Економіка</i>	<i>Басюркіна Н.Й., д.е.н., проф.</i>		
<i>Охорона праці</i>	<i>Нєнов О.Л., к.т.н., ст. викл.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Барабаш Т.М., ст. викл.</i>		

7. Дата видачі завдання 30.09.2022

Керівник _____ *Тетяна БАРАБАШ*
_____ *Світлана САХАРОВА*

Завдання прийняв до виконання _____ *Маргарита КРУШЕЛЬНИЦЬКА*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування актуальності теми дипломного проекту.</i>	<i>23.02.2023</i>	
2.	<i>Аналізування даних на початковому етапі проектування мережі доступу.</i>	<i>17.03.2023</i>	
3.	<i>Визначення мети, об'єкту, завдань та предмету розробки.</i>	<i>20.03.2023</i>	
4.	<i>Визначення критеріїв для мережі доступу, яку необхідно розробити.</i>	<i>06.04.2023</i>	
5.	<i>Оцінка структурних показників проектування мережі доступу.</i>	<i>12.04.2023</i>	
6.	<i>Розробка функціональної схеми та їх взаємозв'язків.</i>	<i>29.04.2023</i>	
7.	<i>Аналіз комутаційного обладнання</i>	<i>10.05.2023</i>	
8.	<i>Оформлення пояснювальної записки.</i>	<i>21.05.2023</i>	
9.	<i>Підготовка графічного матеріалу.</i>	<i>02.06.2023</i>	

Керівники роботи _____ *Тетяна БАРАБАШ*
_____ *Світлана САХАРОВА*

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач - дипломник _____ *Маргарита КРУШЕЛЬНИЦЬКА*

АНОТАЦІЯ

Даний дипломний проєкт присвячений проєктуванню мережі доступу на базі технології *PON (Passive Optical Network)*. *PON* – це сучасна технологія передачі даних, що дозволяє використовувати оптичний кабель для передачі сигналів до клієнтів.

У роботі були розглянуті основні поняття, принципи роботи та характеристики технології *PON*, а також описані її переваги та недоліки. Також, були розглянуті варіанти розгалуження мережі та її структурна схема. Окрема увага була приділена проєктуванню архітектури мережі та її параметрів, зокрема розрахунку кількості клієнтів на один вузол. Були сформовані вимоги до мережі та розробки технічного завдання, далі відбулося проєктування мережі, яке включало розгляд основних принципів побудови мережі на основі технології *PON*. Особливу увагу було приділено аналізу навантаження на мережу, що створюється пунктами колективного доступу, а також проведеному економічному обґрунтуванню проєкту. У роботі були представлені основні правила техніки безпеки та норми з охорони праці.

Отже, цей дипломний проєкт мав на меті розробку оптимального проєкту мережі доступу на базі технології *PON*, що дозволить забезпечити ефективний та стійкий доступ до мережі Інтернет для великої кількості користувачів.

ABSTRACT

This diploma project is devoted to the design of an access network based on PON (Passive Optical Network) technology. PON is a modern data transmission technology that allows the use of optical cable to transmit signals to customers.

The paper considered the main concepts, principles of operation and characteristics of PON technology, as well as described its advantages and disadvantages. Also, options for network branching and its structural scheme were considered. Special attention was paid to the design of the network architecture and its parameters, in particular the calculation of the number of clients per node. The requirements for the network and the development of the technical task were formed, then the network design took place, which included consideration of the basic principles of building a network based on PON technology. Special attention was paid to the analysis of the load on the network created by the collective access points, as well as to the conducted economic justification of the project. The paper presented the basic rules of safety and occupational health and safety.

Therefore, this diploma project aimed to develop an optimal project of an access network based on PON technology, which will allow to provide effective and stable access to the Internet for a large number of users.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 СТВОРЕННЯ ПОЧАТКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ.....	12
1.1 Характеристика зони покриття мережі доступу.....	12
1.2 Прогнозування інфокомунікаційних послуг, які будуть доступні користувачам на мережі доступу.....	18
РОЗДІЛ 2 ФОРМУЛЮВАННЯ ВИМОГ ДО ПРОЄКТУВАННЯ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ.....	30
2.1 Створення груп користувачів інфокомунікаційних послуг.....	30
2.2 Визначення секторів, які будуть охоплені мережею доступу.....	34
2.3 Визначення кількості та місць розташування вузлів доступу в проєктованій мережі.....	36
РОЗДІЛ 3 ОБЧИСЛЕННЯ СТРУКТУРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЄКТОВАНОЇ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ.....	40
3.1 Розрахунок довжини ліній зв'язку для доступу до мережі.....	40
3.2 Обчислення пропускної здатності та навантаження локальних сегментів мережі доступу.....	41
3.3 Розробка структурної схеми мережі доступу.....	50
3.4 Обчислення пропускної здатності та навантаження транспортного сегменту мережі доступу.....	58
РОЗДІЛ 4 СТВОРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ PON.....	74
4.1 Аналіз загальних характеристик технології PON.....	74
4.2 Порівняльна характеристика різних стандартів технології PON.....	78

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування мережі доступу у місті на базі технології <i>Passive Optical Network</i>	Лім.	Арк.	Акрушіє
Розробив		Маргарита КРУШЕЛЬНИЦЬКА				6	131	
Перевірів		Тетяна БАРАБАШ				гр. 543, ОНТУ		
Рецензент		Андрій СЕВОСТЬЯНЕНКО						
Нормоконтроль		Тетяна БАРАБАШ						
Затвердив		Сергей АРТЕМЕНКО						

4.3	Вибір обладнання <i>PON</i>	85
4.4	Синтез функціональної схеми проекрованої мережі доступу.....	91
4.5	Розробка функціональної схеми проекрованої мережі доступу з урахуванням потреб користувачів та вимог проектування.....	94
5	ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ.....	98
5.1	Основні завдання організаційно-економічного та маркетингового обґрунтування проекту.....	98
5.2	Розрахунок науково-технічної ефективності.....	100
5.3	Проведення оцінки науково-технічного рівня розробки.....	102
5.4	Розрахунок економічної ефективності проекту.....	104
6	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	106
6.1	Вимоги до робочого простору персонального комп'ютера Користувача.....	106
6.2	Основні небезпечні фактори, які можуть вплинути на користувача...	107
6.3	Вимоги безпеки перед початком роботи з комп'ютером.....	108
6.4	Вимоги безпеки при роботі з комп'ютером.....	109
6.5	Небезпеки комп'ютерного обладнання.....	109
6.6	Перерви під час роботи за комп'ютером.....	110
6.7	Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	110
6.8	Правила безпечної експлуатації волоконно-оптичних кабелів.....	111
	ВИСНОВКИ.....	113
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	114
	ДОДАТОК А.....	115
	ДОДАТОК Б.....	117
	ДОДАТОК В.....	118
	ДОДАТОК Г.....	120
	ДОДАТОК Д.....	121
	ДОДАТОК Е.....	124
	ДОДАТОК Є.....	125

ВСТУП

Однією зі стратегічних концепцій розвитку інфокомунікацій є створення глобальної інфраструктури інформаційного зв'язку. Згідно з даною концепцією необхідно розробляти рівні мережі, що є ключовим для процесу розвитку інфраструктури, а однією з найважливіших концепцій є рівень доступу. Кожен користувач взаємодіє з рівнем доступу і якість послуг, які надаються кожному користувачеві, залежить від характеристик рівня доступу, такі інновації можуть створювати нові можливості для користувачів та підвищувати ефективність та продуктивність в різних сферах бізнесу та життя людей.

Розширення спектру послуг інфокомунікацій означає розширення асортименту та різноманітності послуг, які надаються в галузі інформаційних технологій та зв'язку. Це може включати в себе такі послуги, як телекомунікаційні послуги, інтернет-послуги, мережеві послуги, послуги з обробки даних, послуги зв'язку та багато інших. Проектування рівня доступу є актуальною задачею в наш час, і найбільш перспективною для мереж доступу є *PON*.

PON є технологією передачі даних, яка використовує оптичні волоконні лінії передачі, що дозволяє передавати великий обсяг даних з високою швидкістю та відстанню до кількох кілометрів без зниження якості сигналу. Технологія *PON* забезпечує передачу даних між центральним офісом та підключеними абонентами за допомогою одного оптичного волокна, що розділяється на кілька відгалужень. Це дозволяє зменшити кількість необхідних кабелів та обладнання, що відповідно знижує вартість мережі та полегшує її управління.

Перед проектуванням мережі доступу на базі технології *PON*, необхідно провести аналіз потреб користувачів та визначити необхідність підключення до мережі. Після цього вибирається оптимальний тип обладнання та його конфігурація, що відповідає вимогам користувачів. Для мережі *PON* необхідно

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовувати спеціальне обладнання, таке як оптичний лінійний термінал (*OLT*) та оптичні мережеві термінали.

Інформаційно-комунікаційні послуги (ІКП), які можуть надаватися в технології *PON*, включають в себе: інтернет-послуги – це передача даних з високою швидкістю і надійністю, застосування *PON* дозволяє підключати абонентів до мережі інтернет зі швидкістю до 1 Гбіт/с, також телевізійні послуги – надання доступу до кабельного/інтернет-телебачення, *PON* дозволяє передавати велику кількість каналів з високою якістю зображення і звуку. Інші послуги - до інших послуг, що можуть надаватися в технології *PON*, можна віднести передачу даних відеоспостереження, інтерактивні послуги (наприклад, ігри, віртуальні тури), послуги обробки даних в хмарних системах.

PON – технологія пасивних оптичних мереж тому що вона має такі основні переваги:

- підтримка різноманітного виду трафіку (дані, відео, голос);
- велика ємність, система без втрати якості може обробляти потоки від кількох ресурсів одночасно. До одного абонентського порту можна підключити кілька комп'ютерів, телевізорів, *IP*-телефонів та інше;
- скорочення витрат на обслуговування через те, що у *PON* використовуються пасивні відгалужувачі, які не потребують електричного живлення та додаткового обслуговування;
- оптимальне використання матеріалу та простота підключення, підключення максимальної кількості абонентів до одного волокна допомагає використовувати меншу кількість кабелю, що може виразитись у суттєвих цифрах економії.

Побудова нових мереж доступу та встановлення сучасного телекомунікаційного обладнання - це процес розробки та впровадження нових телекомунікаційних мереж з використанням останніх досягнень технологій та обладнання.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей процес починається з проведення досліджень, де визначається потреба в новій мережі та її функціональні вимоги. Після цього складається проєкт нової мережі, в якому враховуються всі необхідні елементи: маршрутизатори, комутатори, сервери, а також обладнання для передачі даних, таке як оптичне волокно.

Далі, проводиться розкладка мережі та монтаж обладнання на місці. Крім того, проводяться налаштування мережевих протоколів та конфігурування всього обладнання. Важливим етапом є тестування нової мережі та встановлення її працездатності, що дозволяє виявити можливі недоліки та проблеми.

Заключним етапом є підключення користувачів до нової мережі та надання їм доступу до телекомунікаційних послуг. Після цього проводиться технічна підтримка та обслуговування мережі для забезпечення її надійності та безперебійної роботи.

Побудова нових мереж доступу та встановлення сучасного телекомунікаційного обладнання є важливим етапом у забезпеченні якісних телекомунікаційних послуг та задоволення потреб користувачів у швидкому та надійному доступі до інформації та мережевих ресурсів.

Будівництво нових мереж доступу та встановлення сучасного телекомунікаційного обладнання відповідають вимогам, викладеним у державних програмах та законодавчих документах, що регулюють інформаційні технології. Один з таких документів – «Закон України про Національну програму інформатизації», який був прийнятий у 1998 році та оновлений останньою редакцією від 16.10.2020 року. Національна програма інформатизації - це низка пов'язаних проєктів, спрямованих на реалізацію державної політики та пріоритетних напрямків створення сучасної інформаційної інфраструктури України. Метою цієї програми є забезпечення громадян та суспільства швидким та достовірним доступом до повної інформації шляхом використання сучасних інформаційних технологій, а також забезпечення інформаційної безпеки держави. Для досягнення цих

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цілей, Національна програма інформатизації концентрує та раціонально використовує фінансові, матеріально-технічні та інші ресурси, виробничий і науково-технічний потенціал держави, та координує діяльність органів державної влади, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ, організацій усіх форм власності і громадян у сфері інформатизації.

Наразі, важливими нормативними документами у сфері впровадження інформаційних технологій та мереж є «Закон України про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки» від 2007 року, «Закон України про телекомунікації» від 2003 року (остання редакція від 24.10.2020), «Закон України про Концепцію Національної програми інформатизації» від 1998 року (остання редакція від 03.07.2020).

Для успішного проектування мережі доступу необхідно виконати послідовність дій, щоб досягти мети. Перш за все, необхідно провести дослідження території та створити докладний опис картографії, а також встановити характеристики ІКП, що будуть необхідні користувачам. Далі, необхідно визначити місця розташування вузлів доступу, розрахувати довжину ліній доступу для кожного сектору та визначити інтенсивність навантаження та пропускну спроможність локального сегменту мережі доступу для усіх секторів. За допомогою сформованої структурної схеми проєктованої мережі можна визначити інтенсивність навантаження та пропускну спроможність транспортного сегменту мережі. На останніх етапах необхідно обрати оптичне обладнання для реалізації мережі та розробити функціональну схему.

Дотримання цих кроків дозволить створити оптимальну та якісну мережу доступу.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

СТВОРЕННЯ ПОЧАТКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ

1.1 Характеристика зони покриття мережі доступу

Для проєктування мережі доступу (МД), необхідно визначити характеристики території. Основними параметрами, які потрібно визначити, є наступні:

- розміри території та географічне положення території.: необхідно визначити площу території, яку потрібно покрити мережею доступу. Від цього залежить кількість підключених користувачів та довжина мережі;
- кількість користувачів: потрібно визначити, скільки користувачів будуть підключені до мережі. Це може бути кількість окремих квартир в будинку, кількість жителів в мікрорайоні або в цілому місті, їх потреби та тип підключення. Від цього залежить вибір технології та обладнання для побудови мережі.;
- вимоги до швидкості передачі даних: необхідно визначити, яку швидкість передачі даних необхідно забезпечити для користувачів. Це може бути високошвидкісне підключення до Інтернету, відео-конференції, мультимедійні додатки та інше;
- список найпопулярніших ІКП.

Виходячи з пунктів вихідних даних, надамо характеристику зони проєктування.

Територія для проєктування МД є селище міського типу – Баришівка (Київська область, Броварський район). Житлова площа масиву складає 14,3 км². Можна виділити, що основний тип будов побудованих на території – це п'ятиповерховий житловий масив, двоповерхові та триповерхові будинки, одноповерхові приватні будинки. Крім житлових будинків, на території є ігровий майданчик та ліс, який оточує все селище навколо, а також громадські

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будівлі: 1 торговельно розважальний центр, 2 пошти, 2 аптеки, 2 банка, 2 поліції, 2 церкви, 1 лікарня, 2 музея, 3 ресторани, 1 мерія, 1 кінотеатр, 1 театр, 2 готеля, 3 магазини, 1 університет, 2 школи, 2 дитячих садка. Схема місцевості наочно показує, що вона побудована за радіальною системою.

Дивлячись на карту селища, можна побачити, що п'ятиповерхові житлові масиви та одноповерхові приватні будинки розташовані на північному заході, а всі двоповерхові та триповерхові будинки знаходяться на південному заході і сході, також громадські будівлі перебувають у північному сході.

Характеристика будівель, розташованих на території:

- п'ятиповерховий житловий масив – п'ять під'їздів по чотири квартири на поверсі. $S_{5\text{жм}}=25\times 10\text{ м}^2$; сто квартир (шість будинків) = шістисот точок підключення.
- триповерхові – два під'їзд по чотири квартири на поверсі.
 $S_{3\text{-х пов. буд.}}=20\times 10\text{ м}^2$; двадцять чотири квартири (двадцять два будинки) п'ятсот двадцять вісім точок підключення.
- двоповерхові будинки – шість під'їзд по чотири квартири на поверсі.
 $S_{2\text{-но пов. буд.}}=120\times 10\text{ м}^2$; сорок вісім квартир (вісімнадцять будинків) вісімсот шістдесят чотири точок підключення.
- одноповерхові приватні будинки – вісім будинків. $S_{1\text{-но пов. буд.}}=15\times 10\text{ м}^2$. Вісім точок.

Одним з головних елементів, який потрібно враховувати при проектуванні мережі доступу, є ємність мережі, тобто кількість точок підключення до мережі доступу. Кожна точка підключення буде розташована в одному житловому приміщенні, тому для визначення кількості підключень необхідно розрахувати кількість помешкань (квартир, будівель приватного сектору). За припущенням, що в середньому в кожній будівлі проживає 5 осіб, можна визначити кількість сімей.

$$N_{\text{буд.}}=N_{\text{кмл}}/5$$

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тобто отримуємо:

$$N_{\text{буд.}} = 10000/5 = 2000 \text{ (помешкань)}$$

Таким чином для будівництва МД буде встановлено 2000 точок підключення (ТП). Якщо у квартирі проживає в середньому 5 мешканців, отримуємо кількість осіб, які проживатимуть у всіх будівлях.

$$N_{\text{мешк. МД}} = 2000 * 5 = 10000 \text{ чол.}$$

Тепер, зазначимо кількість ТП, які будуть розміщені у будинках загального користування:

- Торговельно Розважальний Центр: ТП 15. ($S_{\text{три}} = 520 \times 280 \text{ м}^2$), в ньому працює 250 людей. В ньому є продовольчі магазини, магазини з одягом, різні розваги для дітей, кафе та багато іншого.
- Пошта: ТП 4. ($S_{\text{пошта}} = 20 \times 45 \text{ м}^2$), в кожній з них працює по 5 людей. Касирів, які приймають посылки та обслуговують клієнтів в кожному по двоє.
- Аптека: ТП 4. ($S_{\text{аптека}} = 20 \times 20 \text{ м}^2$), в кожній з них працює по 4 чоловіка. Касирів, які обслуговують клієнтів в кожному по двоє.
- Банк: ТП 6. ($S_{\text{банк}} = 50 \times 25 \text{ м}^2$), територія обслуговування є невеликою, працює приблизно по 20 осіб.
- Поліція: ТП 3. ($S_{\text{поліція}} = 40 \times 20 \text{ м}^2$), місто маленьке, тому поліції багато не потрібно, з цього роблю висновок, що працює на кожній точці по 15 осіб.
- Церква: ТП 2. ($S_{\text{церква}} = 40 \times 20 \text{ м}^2$), вважаю, що в кожному з двох приміщень не багато точок підключення, тому вистачить по одному на приміщення, у кожному приміщенні працює 10 людей.
- Лікарня: ТП 2. ($S_{\text{лікарня}} = 230 \times 100 \text{ м}^2$), у лікарні є декілька будівель, в цілому працює 170 осіб.
- Музей: ТП 2. ($S_{\text{музей}} = 50 \times 30 \text{ м}^2$), має в персоналі 10 людей, в яких є обов'язки проводити розповіді про експонати, завідуючий та директор.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Ресторан: ТП 3. ($S_{\text{ресторан}} = 40 \times 40 \text{ м}^2$), в кожному з них працює по 10 людей, з врахуванням офіціантів, барменів та іншого персоналу.
- Мерія: ТП 1. ($S_{\text{мерія}} = 30 \times 15 \text{ м}^2$), містечко невелике, тому працює 10 осіб.
- Кінотеатр: ТП 2. ($S_{\text{кінотеатр}} = 45 \times 45 \text{ м}^2$), в ньому може працювати 15 осіб, це прибиральниці, касири, директор, білітери.
- Театр: ТП 1. ($S_{\text{театр}} = 40 \times 30 \text{ м}^2$), працює 20 осіб, які займають посаду директора, акторів, білітерів та робітники кіхні.
- Готель: ТП 2. ($S_{\text{готель}} = 45 \times 20 \text{ м}^2$), працює 5 осіб у кожній точці.
- Магазин: ТП 6. ($S_{\text{магазин}} = 20 \times 20 \text{ м}^2$), в цьому у кожному працює по 10 осіб, на касі по двоє та у залі по п'ять.
- Університет: ТП 10. ($S_{\text{університет}} = 50 \times 20 \text{ м}^2$), в такому місті небагато працівників, бо мало спеціальностей, тому всього 100 осіб викладають предмети.
- Школа: ТП 4. ($S_{\text{школа}} = 30 \times 20 \text{ м}^2$), разом з учнями, викладачами, медпунктом та іншими частинами налічує приблизно 300 чоловік.
- Дитячий садок: ТП 2. ($S_{\text{дитячий садок}} = 30 \times 20 \text{ м}^2$), разом з дітьми, вихователями та медпунктом налічує приблизно 40 чоловік.

Тобто, загалом 69 ТП у приміщеннях загального користування. Таким чином сумарна кількість ТП для побудови МД дорівнює:

$$N_{\text{ТП МД}} = N_{\text{ТП кв}} + N_{\text{ТП адс}}$$

Тобто отримуємо:

$$N_{\text{ТП МД}} = 2000 + 69 = 2069$$

Загальна кількість ТП з урахуванням об'єктів загального користування складає 2069 ТП. Таким чином, проектувана мережа доступу повинна забезпечити надання послуг всім мешканцям селища. Карта території з усіма об'єктами наведена на рисунку 1.1.

Масштаб карти 1 см: 100.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

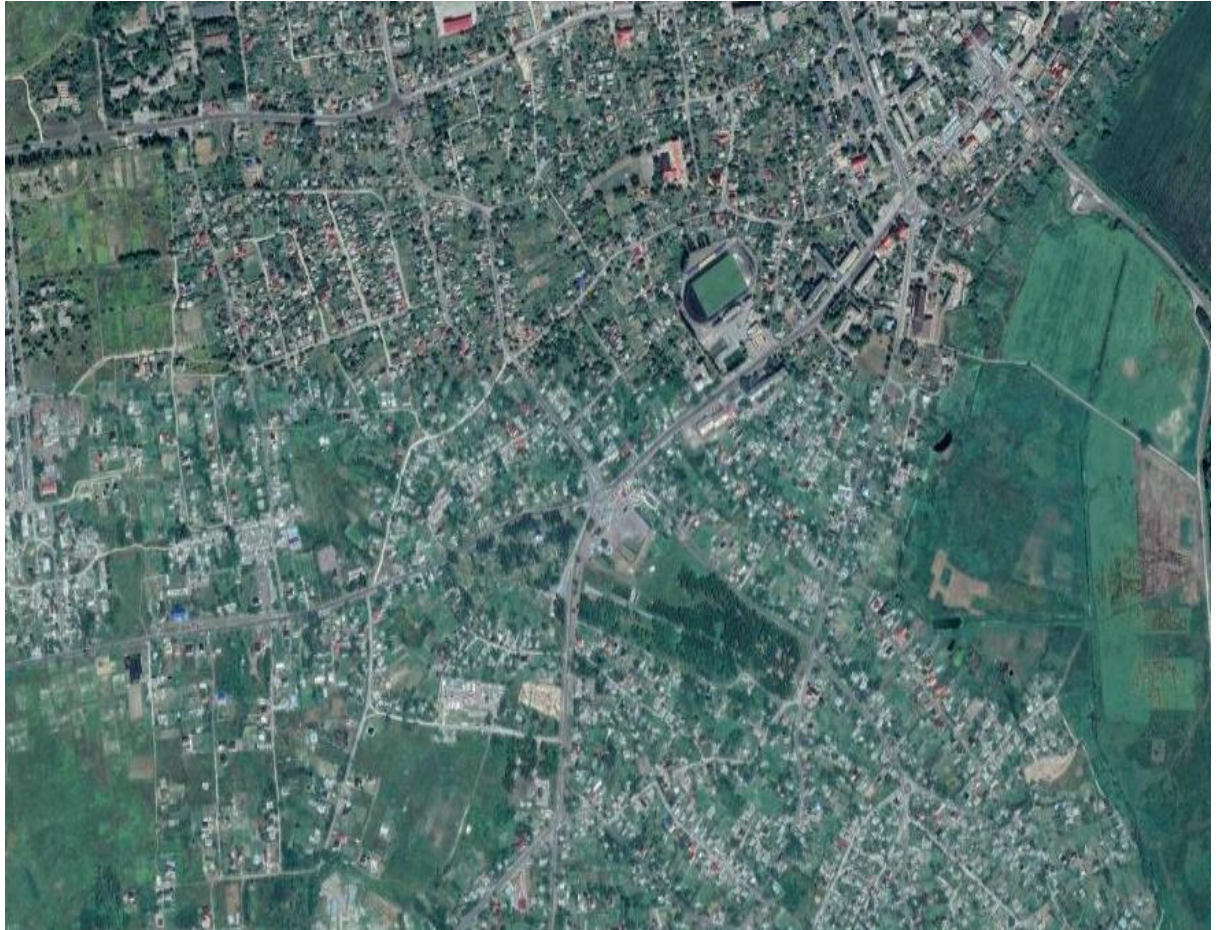


Рисунок 1.1 – Карта території

Задля полегшення роботи з картою, надалі будемо користуватися схематичною картою території, яку зображено на рис. 1.2. Масштаб карти 1 см: 100 м.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.440-03.1.5

Арк.

16

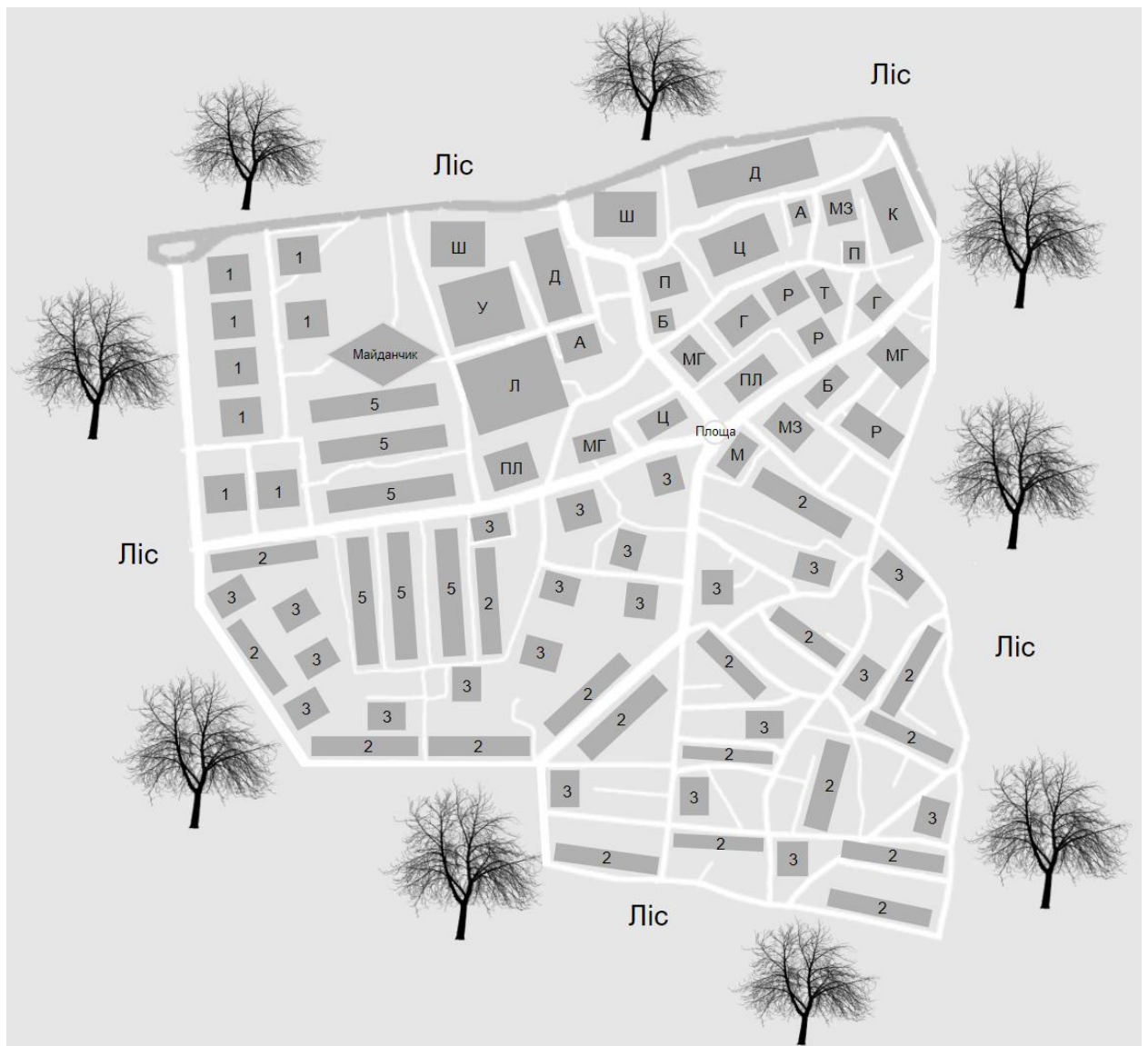
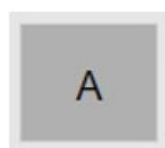


Рисунок 1.2 – Схематична карта території

На мапі є короткі позначки, які розшифровуються:

- Одноповерхові приватні будинки позначені на карті цифрою 1.
- Двоповерхові та трьохповерхові будинки на карті цифрою 2 та 3.
- П'яти поверховий житловий масив на карті позначений цифрою 5.

Для інших секторів, такх як адміністративна зона, я зробила звичайні позначки, яким дала назву та розшифрувала знизу.



– Аптека;



– готель;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.440-03.1.5

Арк.

17

Б – банк;

К – кіно;

Л – лікарня;

М – мерія;

МГ – магазин;

МЗ – музей;

П – пошта;

Д – дитячий садок;

ПЛ – поліція;

Р – ресторан;

Т – театр;

У – університет;

Ц – церква;

Ш – школа.

1.2 Прогнозування інфокомунікаційних послуг, які будуть доступні користувачам на мережі доступу

Сформуємо перелік інфокомунікаційних послуг, які будуть надаватися користувачам МД. За результатами опитування, що проводились серед користувачів, був обран перелік ІКП:

- послуга передачі сигналів пожежної сигналізації;
- послуга передачі сигналів телебачення стандартної чіткості (*Standard-Definition Television, SDTV 480i*);

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.440-03.1.5

Арк.

18

- послуга доступу до пірінгових мереж *P2P (Peer-To-Peer)*;
- послуга передачі мови за допомогою *Skype*;
- послуга інтернет-радіо онлайн 92 кбіт/с;
- послуга інтернет-радіо онлайн 128 кбіт/с;
- послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок);
- послуга доступу до соціальних мереж;
- послуга доступу до відеохостингу *YouTube (360p)*;
- послуга доступу до відеохостингу *YouTube (1080p)*;
- послуга доступу до відеохостингу *YouTube (2160p)*;
- послуга перегляду *IPTV (Internet Protocol Television)* надвисокої чіткості;
- послуга передачі промови на базі протоколу *IP (IP-телефонія)*;
- послуга тактильних відчуттів;
- послуга відеоконференції на базі кодека *HD*;
- послуга передачі сигналів охоронної сигналізації;
- послуга передачі сигналів телебачення високої чіткості (*High-Definition Television, HDTV 1080p*);
- послуга покупки в інтернет магазині;
- послуга онлайн-ігор;
- послуга дистанційного навчання;

Кожна послуга є унікальною і включає в себе різні параметри та характеристики, тому для переліку ІКП існує чотири основні класи обслуговування згідно концепції *Quality of Service (QoS)*, яка припускає різні способи обслуговування з метою підтримки заданої якості їх надання.

Концепція *QoS* передбачає розподіл ресурсів мережі між різними потоками даних відповідно до їх важливості та вимог користувачів. Це забезпечує ефективне використання мережевих ресурсів та гарантує відповідну якість обслуговування (*QoS*). Кожен з цих класів має відповідні характеристики і призначений для обслуговування певних типів трафіку.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Клас *A* – це найвищий пріоритет обслуговування, який призначений для критичних за часом додатків. Цей клас включає в себе трафік, який потребує найвищої пропускної здатності та найменшої затримки. Прикладами додатків, що вимагають такого класу обслуговування, є відеоконференції, голосові дзвінки та онлайн-ігри.

Клас *B* – це клас обслуговування з середнім пріоритетом, який призначений для додатків, що потребують високої пропускної здатності, але можуть терпіти певний затримки. Цей клас включає в себе трафік, який вимагає стабільної швидкості передачі даних, наприклад, відео з високою роздільною здатністю та онлайн-стрімінг.

Клас *C* – це клас обслуговування з низьким пріоритетом, який призначений для додатків, які не потребують великої пропускної здатності та можуть терпіти значні затримки. Цей клас включає в себе трафік, який не є критичним за часом, наприклад, електронна пошта, форуми або інші подібні застосунки.

Клас *D* – відноситься до класу обслуговування з найнижчим пріоритетом. Він призначений для трафіку, який може бути відкладений та обробляється тільки в тому випадку, якщо в мережі доступно достатня пропускна здатність. Клас *D* використовується для резервування пропускної здатності для класів обслуговування з вищим пріоритетом та для трафіку, який не вимагає гарантованої якості обслуговування.

Для розрахунку структурних параметрів мережі, тобто пропускної спроможності мережі доступу, і визначення вимог користувачів проектованої мережі, аналізуються характеристики ІКП, що надаються користувачам МД.

Послуга передачі сигналів пожежної сигналізації реалізує передачу сигналу на пульт пожежної охорони. Пожежна сигналізація будується на базі пожежного приймально-контрольного приладу і пожежних сповіщувачів. Тип переданої інформації дані, інформаційна швидкість доступу 128 (Кбіт/с) готовність мережі 98 %, час доступу до служби 5 (с), припустимий коефіцієнт

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

помилки 10^{-8} , припустимий час затримки 1 (с). Зв'язок системи сигналізації з пультом охорони може виконуватись різними способами:

- за допомогою виділеної або спільної використовуваної лінії;
- через мобільний *GSM*-комутатор;
- через комп'ютерну локальну мережу.

Послуга передачі сигналів телебачення стандартної чіткості (Standard-Definition Television, SDTV 480i) – різновид телевізійної системи, що базуються на стандартах розкладання 525/60 (480i) та 625/50 (576i). Існує аналогове та цифрове телебачення стандартної чіткості, проте термін *SDTV* найчастіше застосовується по відношенню до цифрового телебачення. Наприклад, стандарт у Північній Америці для тюнера *SDTV* – роздільна здатність 480i. Це означає, що телевізор відтворює зображення, що складається з 480 рядків, що чергуються, у вертикальному кадрі. Залежно від співвідношення сторін тюнер *SDTV* представляє зображення шириною від 704 до 720 пікселів. Європейський стандарт *SDTV* має роздільну здатність 525 черезрядкових ліній, і лише 480 з них використовуються для представлення інформації про сигнал. Тюнер *SDTV* зазвичай представляє зображення з співвідношенням сторін екрана 4:3. Це означає, що ширина зображення, що передається, трохи більше, ніж висота зображення. Деякі *SDTV*-тюнери разом з усіма *HDTV*-тюнерами представляють зображення зі співвідношенням сторін екрана 16:9. Деякі моделі телевізорів, поряд з кількома приставками, дозволяють користувачеві розтягувати сигнал *SD*, отриманий у співвідношенні 4:3, щоб покрити співвідношення сторін 16:9 у повноекранному *HDTV*. Цей процес розтягування погіршує якість роздільної здатності та не замінює *HDTV*-тюнер.

Тип переданої інформації звук і рухоме зображення, припустимий час затримки 0,15 (с), інформаційна швидкість доступу 4096 (Кбіт/с), доступний коефіцієнт помилки 10^{-8} , Готовність мережі 99,7%, час доступу до служби 5 (с). Критичним параметром є час затримки.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Послуга доступу до пірінгових мереж P2P (peer-to-peer). Для прикладу розглянемо найпопулярніший пірінговий протокол *BitTorrent*.

BitTorrent (букв. англ. «бітовий потік») - пірінговий (P2P) мережевий протокол для кооперативного обміну файлами через Інтернет.

Файли передаються частинами, кожен *torrent*-клієнт, отримуючи (завантажуючи) ці частини, водночас віддає (закачує) їх іншим клієнтам, що знижує навантаження і залежність від кожного клієнта-джерела та забезпечує надмірність даних.

Кожен клієнт має можливість тимчасово блокувати віддачу іншому клієнту (*choke*). Це робиться для ефективнішого використання каналу віддачі. Крім того, при виборі — кого розблокувати, перевага надається бенкетам, які самі передали цьому клієнту багато сегментів. Таким чином, бенкети з високими швидкостями віддачі заохочують один одного за принципом «ти мені, я тобі».

Обмін сегментами ведеться за принципом "ти - мені, я - тобі" симетрично у двох напрямках. Клієнти повідомляють один одному про наявні у них сегменти при підключенні і потім при отриманні нових сегментів, і тому кожен клієнт може зберігати інформацію про те, які сегменти мають інші підключені бенкети. Порядок обміну вибирається таким чином, щоб спочатку клієнти обмінювалися найрідкіснішими сегментами: таким чином підвищується доступність файлів у роздачі.

Обмін даними починається, коли обидві сторони в ньому зацікавлені, тобто кожна зі сторін має сегменти, яких немає в іншій. Кількість переданих сегментів підраховується, і якщо одна із сторін виявляє, що передає в середньому більше, ніж приймає, вона блокує на деякий час віддачу іншій стороні. Таким чином, у протокол закладено захист від лікерів.

Розглянемо приклад, коли користувач завантажує один *torrent* файл з максимальним блоком даних від одного користувача.

Час затримки отримано із стандартних налаштувань *torrent-tacker* сайту (місце видачі *torrent* файлів користувачеві) та клієнтських програм (*uTorrent*

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та *aria2c*). Вид інформації – дані, допустимий час затримки 60-2700 (мс), мінімальна інформаційна швидкість 4096 (Кбіт/с), коефіцієнт помилок 10^{-7} .

Послуга передачі мови за допомогою програми *Skype*. *Skype* - це програмний продукт, який дозволяє в реальному часі обмінюватися текстовими повідомленнями, організовувати голосовий та відео зв'язки з людьми, які є мають для Вас велике значення де б вони не знаходилися.

Вона забезпечує також і передачу даних. Показник швидкості варіюється залежно від запитуваної якості клієнтом. Відповідно, вона може становити: 512 Кбіт/с, 1024 Кбіт/с, 2048 Кбіт/с і 8192 Кбіт/с. Вид інформації – мова, відео та текст. Необхідна інформаційна швидкість – 512 Кбіт/с. Коефіцієнт помилок становить 10^{-6} . Критичним параметром є затримка, то припустимий час затримки повинен становити не більше 150 (мс).

Послуга Інтернет-радіо онлайн 92 Кбіт /с та 128 Кбіт/с. Інтернет-Радіо – група технологій передачі потокових аудіоданих через мережу інтернет. Також у якості терміна інтернет-радіо може розумітися радіостанція, що використовує для віщання технологію потокового віщання в Інтернет.

Крім потоку звукових даних звичайно передаються також текстові дані, щоб у плеєрі відображалася інформація про станцію й про поточну композицію.

Тип переданої інформації звук, мінімальна інформаційна швидкість для роботи даної послуги – 92 (Кбіт/с) доступний час затримки 1 (с), а 128 (Кбіт/с), доступний час затримки 0.5 (с), готовність мережі 96%, час доступу до служби 5 (с), припустимий коефіцієнт 10^{-6} . Інтернет-радіо чутливе до затримок і до коефіцієнта помилок.

Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок). Серфінгом в Інтернеті називають перегляд сторінок веб-сайтів. Читаючи новини, статті, сторінки в соціальних мережах ми хіба що серфім (від англ. *surfing* - «катання по поверхні») в інтернет просторі. На початку існування Інтернету, коли кількість сайтів була невелика, за допомогою веб-серфінгу можна було за кілька днів дослідити всю WWW-павутину.

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вид інформації – дані, допустимий час затримки 30-50 (мс), мінімальна інформаційна швидкість 1200 (Кбіт/с), коефіцієнт помилок 10^{-7} .

Послуга доступу до соціальних мереж: *Telegram, Instagram* – призначена для побудови, відображення та організації соціальних взаємин, ідентифікована *web*-адресою програмна послуга зі стандартизованими інтерфейсами. У побуті *web*-сервісами називають послуги, що надаються в інтернеті. Цими *web*-сервісами можна користуватися незалежно від місця доступу в інтернет, комп'ютера або браузера. Тип переданої інформації дані, інформаційна швидкість доступу не менша 128 (Кбіт/с), оптимальна швидкість – 1024 (Кбіт/с). готовність мережі 99.5%, час доступу до служби 10(с), припустимий коефіцієнт помилок 10^{-7} , припустимий час затримки 0.5 (с).

Послуга доступу до відеохостингу *YouTube* (360p, 1080p, 2160p). *YouTube* - відеохостинг, що надає користувачам послуги зберігання, доставки та показу відео. *YouTube* став найпопулярнішим відеохостингом та другим сайтом у світі за кількістю відвідувачів.

У мене задані якості відео майже з найменшого який існує до майже найбільшого, який є, тому потрібно розрахувати швидкість таким чином, щоб користувач зміг дивитися як на маленькій так і на високій якості або ж поділити ці якості між користувачами, які мають високу та маленьку швидкість Інтернету.

Інформаційна швидкість доступу 1024 Кбіт/с, 2048 Кбіт/с і 8192 Кбіт/с. Вид інформації – відеохостинг, необхідна інформаційна швидкість – 750 Кбіт/с, коефіцієнт помилок становить 10^{-6} .

Послуга перегляду *IPTV (Internet Protocol Television)* надвисокої якості. *IPTV* – це технологія, розрахована на стабільний високошвидкісний обмін даними в мережі. Інакше чіткої картинки, деталізації, швидкої зміни планів не видно. Будуть проблеми з буферизацією, ролики підгальмовуватимуть. *IPTV* використовує Інтернет-протокол (*IP*) для передачі телевізійних каналів у телевізійну приставку користувачів. *IPTV* відрізняється від кабельного та супутникового, пропонуючи контент через ту ж клієнт-серверну модель, яка

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

постачає Інтернет до будинку, тобто через звичайний інтернет-кабель або *Wi-Fi*.

Характерною рисою *IPTV* є можливість використання потокового мультимедіа. Інформаційна швидкість доступу 1024 (Кбіт/с), Вид інформації – телебачення. Необхідна інформаційна швидкість – 128 Кбіт/с. Коефіцієнт помилок становить 10^{-7} .

Послуга передачі промови на базі протоколу *IP* (*IP*-телефонія). *IP*-телефонія - телефонний зв'язок за протоколом *IP*. Під *IP*-телефонією мається на увазі набір комунікаційних протоколів, технологій та методів, що забезпечують традиційні для телефонії набір номера, додзвон і двостороннє голосове спілкування, а також відеоспілкування через Інтернет або будь-які інші *IP*-мережі. Пропускна спроможність (швидкість) інтернет-каналу для однієї розмови 100 (Кбіт/с).

Весь процес роботи *IP*-телефонії для передачі промови, можна схематично описати трьома простими кроками:

- Люди з промовою набирає номер людині, які він буде її розповідати.
- За допомогою *IP* шлюзу його телефонний сигнал оцифровується та через Інтернет передається на шлюз людині-слухачу.
- На шлюзі людини-слухача цифровий сигнал перетворюється назад на аналоговий і абонент чує голос співрозмовника, як вони спілкувалися по звичайному телефону.

Послуга тактильних відчуттів. Тактильний інтернет (*Tactile Internet*) – передача тактильних відчуттів, дотиків на будь-які відстані з мінімальною затримкою. Нову якість таких послуг може забезпечити мобільна мережа п'ятого покоління *5G*. Виходячи з рекомендацій *3GPP* та *ITU*, тактильний Інтернет є одним з основних додатків мереж зв'язку *5G* (*5G/IMT2020*). Тактильний Інтернет являє собою нову парадигму телекомунікацій, яка може підтримувати передачу тактильних відчуттів, що є основним застосуванням цього концепція. Тактильний інтернет здатний передавати не лише інформацію, а й відчуття: дотик, рух, дія. З його допомогою можна вчити

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

малювати, грати на музичних інструментах, робити віддалені хірургічні операції, тобто все, що вимагає навичок «дрібної моторики».

Характеристики мережі:

- Нульові затримки – затримки не більше 1 (мс).
- Надійність – виконання критичних завдань (наприклад, віддалена операція) неприпустимі втрати у мережі, відмова устаткування тощо.
- Висока швидкість передачі даних – понад 10 (Гбіт/с).
- Висока щільність мережі – підтримка підключення понад 100 пристроїв на 1 кв.

Послуга відеоконференції на базі кодека *HD*. Відеоконференція – це технологія, яка дозволяє людям бачити і чути один одного, обмінюватися даними та спільно обробляти їх в інтерактивному режимі, використовуючи можливості звичного для всіх комп'ютера, максимально наближаючи спілкування на відстані до реального живого спілкування.

Термінали "все-в-одному" *TE30* забезпечують відеоконференцзв'язок високої чіткості. Цей компактний пристрій на базі *IP* включає камеру, мікрофон і *HD*-кодек, і відрізняється простотою встановлення та експлуатації. Завдяки інтелектуальному голосовому набору користувачам достатньо вимовити назву конференції, щоб приєднатися до неї. Підтримка *H.264 HP* у поєднанні з запатентованою технологією *Huawei VME (Video Motion Enhancement)* забезпечує надання високоякісного двопотокового відео 1080p при невеликій смузі пропускання. Завдяки вбудованому *Wi-Fi*, підтримці *IPv4/IPv6* та *API*-інтерфейсам для інтеграції та налаштування, *TE30* ідеально підходить для перетворення невеликих та середніх конференц-залів на ультрасучасні відеоконференц-центри.

Послуга передачі сигналів охоронної сигналізації реалізується через передачу сигналів на пульт охорони, в свою чергу пультом охорони завідує людина, яка дивиться на сигнали, які можуть податися. Охоронна сигналізація – система приладів, що використовуються для охорони об'єктів та приміщень будь-якого призначення. Головна перевага, яку має охоронна сигналізація, –

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

це швидкість її реагування, надійність та автономність. Охоронна система будується за принципом многорубіжної схеми.

Залежно від виду роботи, охоронні сигналізації діляться:

- Автономна система охоронної сигналізації. Головне завдання такої системи - це привернення уваги оточуючих. У разі проникнення зловмисника спрацьовує тривожна звукова сирена. Основний мінус цього типу сигналізації - відсутність можливості виведення на пульт охорони.
- Активна або пультава система охоронної сигналізації. У таких системах реалізована можливість передачі тривожного сигналу на пульт охорони.
- Бездротова *GSM* охоронна сигналізація. Робота системи забезпечується через *GSM* канал. Має на увазі використання бездротових датчиків, сповіщення власника про загрозу за коштами мобільного зв'язку.

За допомогою *GSM/GPRS* комунікатора. Останнім часом, з розвитком технологій, найбільш швидкий, дешевий та надійний метод. Знаючи ці особливості, багато пультавих організацій пропонують передачу повідомлень в основному каналі *GPRS* з резервуванням в *CSD*. Тип переданої інформації – це дані, а інформаційна швидкість доступу приблизно 128 (Кбіт/с), готовність мережі має 98%, час доступу до служби 5 (с), припустимий коефіцієнт помилок 10^{-8} , припустимий час затримки 1 (с).

Послуга передачі сигналів телебачення високої чіткості (*High- Definition Television, HDTV 1080p*) – телебачення у високої чіткості різновид телевізійних мовних стандартів, заснованих на стандартах розкладання зображення, що перевищують по спроможності як телебачення стандартної чіткості, так і телебачення підвищеної чіткості. Телебаченням високої чіткості вважається система телебачення з роздільною здатністю по вертикалі і горизонталі, збільшеною приблизно вдвічі порівняно зі стандартною.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Телевізійна система, параметри якої обрані виходячи з відстані спостереження, рівного трьом висот спостережуваного зображення. Таким чином, підвищена чіткість дозволяє розглядати зображення з більш близької відстані, ніж телебачення стандартної чіткості, або використовувати екрани великих розмірів при спостереженні з тих же відстаней. При цьому рядкова структура зображення і його окремі елементи залишаються непомітними 1080p: стандарт з прогресивною розгорткою допускає використання кадрових частот 24, 25, 30, 50 або 60 кадрів в секунду і їх дробові значення, кратні 1,001.

Ці формати можуть використовуватися приймальним і передавальним устаткуванням, що підтримує кодування *H.264* на рівні 4.1 і вище. Тип переданої інформації звук і рухоме зображення, інформаційна швидкість доступу 10240 (Кбіт/с), готовність мережі 99.7%, час доступу до служби 5 (с), припустимий коефіцієнт помилок 10^{-8} , припустимий час затримки 0,15 (с). Критичним параметром послуги є час затримки.

Послуга покупки в інтернет магазині .Покупки в інтернет магазині - це покупки товарів для вкрай зайнятих людей або людей з обмеженими можливостями. Інтернет-магазини зазвичай доступні 24 години на добу. Все, що потрібно – це вихід в інтернет та доступний спосіб оплати: кредитні картки, електронні гроші або оплата готівкою при отриманні.

В загалі, все залежить від сайту де ви замовляєте, буває таке, що розробники роблять дуже не продуктивний сайт, де довго завантажуються картинки, все перемішано, кошик не працює, тут навіть швидкий інтернет не допоможе. Якщо, з сайтом все добре, то користувачу знадобиться 10 (Мбіт/с), максимальна затримка під час передачі пакетів має становити не більше 100 (мс). Коефіцієнт помилок становить 10^{-8} .

Послуга онлайн-ігор. Онлайн-гра – комп'ютерна гра, що використовує постійне з'єднання з Інтернетом. На відміну від гри через мережу, де з'єднання по інтернету з однією або великою кількістю гравців є додатковою можливістю, онлайн-ігри вимагають постійного підключення до інтернету.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гра в режимі онлайн вимагає досить хорошого інтернет-з'єднання, яке дозволить підтримувати стабільний зв'язок гравців з сервером.

У різних ігор різні вимоги до швидкостей відповідно. У будь-якому випадку канали зв'язку повинні мати високу пропускну здатність. Якість реалізації онлайн ігри на комп'ютері можна визначити наступними часовими межами:

- до 50 (мс) – якість гри буде на високому рівні;
- від 150 (м) – якість гри залишає бажати кращого.

Закрийте сайти, які можуть знижувати швидкість інтернету. Втрата пакетів повинна бути мінімальною, до 0,5 (с).

Якщо говорити в загальному, то онлайн ігри не особливо вимогливі до швидкості інтернет-з'єднання Так, наприклад, для *Warcraft*, *DOTA2* і *GTA-online* достатньо буде 512 (Кбіт/с), а для *WoT* і *Counter Strike* – 256-512 (Кбіт/с).

Послуга дистанційного навчання. Під дистанційним навчанням мається на увазі будь-яке навчання, яке відбувається, коли учні не присутні фізично на уроці, наприклад, урок/пара проводиться через *Microsoft Teams*, де вчитель може виставляти завдання, а учень робити їх. Також, там можна передавати повідомлення, файли, та робити відеоконференцію.

Показник швидкості варіюється залежно від запитуваної якості клієнтом. Тобто, якщо людині потрібно і камера, і звук, і голосовий супровід, то швидкість потрібна більша. Так, вона може становити: 512 (Кбіт/с), 1024 (Кбіт/с), 2048 (Кбіт/с) та 8192 (Кбіт/с). Вид інформації – мова. Необхідна інформаційна швидкість – 64 (Кбіт/с). Коефіцієнт помилок становить 10^{-6} . Критичним параметром являється затримка, то припустимий час затримки повинен становити не більше 150 (мс). Так як дана послуга працює з врахуванням реального масштабу часу, за концепцією *QoS* відноситься до класу А.

Тому, проектувана МД повинна бути побудована відповідно до концепції мережі доступу і надавати своїм користувачам певну кількість послуг стандартизованої якості.

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ФОРМУЛЮВАННЯ ВИМОГ ДО ПРОЄКТУВАННЯ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ

2.1 Створення груп користувачів інфокомунікаційних послуг

Серед усіх користувачів мережі доступу виділено **2 категорії**: квартирні користувачі ($N_{\text{ТП КВ}} = 2000$) та діловий сектор ($N_{\text{ТП АДС}} = 69$) із врахуванням вказаних категорій сформовано **5 груп користувачів**, а саме:

Група 1 – «А» є квартирними користувачами з великими доходами. Ця група має максимальне навантаження мережі, тобто в них необмежений та швидкісний трафік. Чисельність групи я візьму з першого розділу, де визначалися квартири та їх користувачі, тому для мене це люди, які проживають у 1-но поверхових будинках приватних будинках. Кількість ТП для групи А дорівнюватиме 8.

Група 2 – «В» квартирними користувачами, які живуть не в приватних будинках. Вони проживають у 2-х та 3-х поверхових будинках, це стандартні будинки, з більш великою кількістю користувачу. Чисельність групи також беру з того пункту. Кількість ТП для групи В дорівнюватиме 1392.

Група 3 – «С» також відносяться до квартирних користувачів але тут ще більше користувачів живуть. Вони проживають у 5-ти поверхових будинках. Кількість ТП для групи С дорівнюватиме 600.

Група 4 – «D» – адміністративно-ділова: торговельно розважальний центр 1 шт., пошта 2 шт., аптека 2 шт., банк 2 шт., поліція 2 шт., церква 2 шт., лікарня 1 шт., музей 2 шт., ресторан 3 шт., мерія 1 шт., кінотеатр 1 шт., театр 1 шт., готель 2 шт., магазин 3 шт., університет 1 шт., школа 2 шт., дитячий садок 2 шт. Вони проживають у 5-ти поверхових будинках. Кількість ТП для групи D дорівнюватиме 53.

Група 5 – «E» – навчальні заклади: університет 1 шт., школа 2 шт., дитячий садок 2 шт. Кількість ТП для групи E дорівнюватиме 16.

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для кожної групи був створений перелік інфо-комунікаційних послуг. В цих же таблицях наведено основні параметри якості надання кожної послуги та сформуємо сумарні вимоги до проектованої мережі зі сторони групи користувачів.

Послуги, що замовлені користувачами групи 1 – «А»:

Таблиця 2.1

Вимоги групи користувачів «А»

Параметри надання Послуги	Вид інформації	Інформаційна швидкість (кбіт/с)	Макс. час затримки (мс)	Коеф. помилки	Час доступу (с)
Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	Дані	1200	300	10^{-7}	1,5
Послуга доступу до соціальних мереж	Дані	1200	300	10^{-7}	1
Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube</i> 2160p	Рух. зобр., аудіо	2048	150	10^{-8}	1
Послуга перегляду <i>IPTV (Internet Protocol Television)</i> надвисокої якості	Рух. зобр., аудіо	8192	150	10^{-7}	1
Послуга тактильних відчуттів	Рух. зобр., дані	1200	150	10^{-7}	0,05
Послуга передачі сигналів телебачення високої чіткості (<i>High- Definition Television, HDTV</i> 1080p)	Дані	4112	600	10^{-7}	0,05-1
Послуга покупки в інтернет магазині	Дані	1200	300	10^{-7}	0,05-1
Послуга онлайн-ігор	Дані	2048	150	10^{-7}	0,05-1
Послуга дистанційного навчання	Дані, мова, відео	2048	150	10^{-7}	0,05-1
Сумарні вимоги	Рух. зобр., дані, аудіо, відео, мова	23248	150	10^{-8}	1

Послуги, що замовлені користувачами групи 2 – «В»:

Таблиця 2.2

Вимоги групи користувачів «В»

Послуги / Параметри надання	Вид інформації	Інформаційна швидкість (кбіт/с)	Макс. час затримки (мс)	Коеф. помилки	Час доступу (с)
Послуга передачі мови за допомогою програми <i>Skype</i>	Рух. зобр., мова	320	500	10^{-8}	0,03
Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	Дані	1200	300	10^{-7}	1,5
Послуга доступу до соціальних мереж	Дані	1200	300	10^{-7}	1
Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube 1080p</i>	Рух. зобр., аудіо	1080	300	10^{-7}	1
Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	Відео, аудіо	640	150	10^{-6}	0,05-1
Послуга покупки в інтернет магазині	Дані	1200	300	10^{-7}	0,05-1
Послуга онлайн-ігор	Дані	2048	150	10^{-7}	0,05-1
Послуга дистанційного навчання	Дані, мова, відео	320	500	10^{-8}	0,03
Сумарні вимоги	Рух. зобр., дані, аудіо, відео, мова	8008	150	10^{-8}	1

Послуги, що замовлені користувачами групи 3 – «С»:

Таблиця 2.3

Вимоги групи користувачів «С»

Послуги / Параметри надання	Вид інформації	Інформаційна швидкість (кбіт/с)	Макс. час затримки (мс)	Коеф. помилки	Час доступу (с)
Послуга передачі сигналів телебачення стандартної чіткості (<i>Standard-Definition Television, SDTV 480i</i>)	Відео, аудіо	1080	150	10^{-8}	1
Послуга Інтернет-радіо онлайн 128 Кбіт/с	Дані	128	600	10^{-7}	0,05-1
Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	Дані	1200	300	10^{-7}	1,5

Продовження таблиці 2.3

Послуга доступу до соціальних мереж	Дані	1200	300	10^{-7}	1
Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube 360p</i>	Відео, аудіо	1200	300	10^{-7}	1
Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	Відео, аудіо	640	150	10^{-6}	0,05-1
Послуга покупки в інтернет магазині	Дані	1200	300	10^{-7}	0,05-1
Послуга дистанційного навчання	Дані, мова, відео	320	500	10^{-8}	0,03
Сумарні вимоги	Дані, аудіо, відео, мова	6968	150	10^{-8}	1

Послуги, що замовлені користувачами групи 4 – «D»:

Таблиця 2.4

Вимоги групи користувачів «D»

Параметри надання Послуги	Вид інформації	Інформаційна швидкість (кбіт/с)	Макс. час затримки (мс)	Коеф. помилки	Час доступу (с)
Послуга передачі сигналів пожежної сигналізації	Сигнал	128	1000	10^{-8}	0,05-1
Послуга доступу до пірінгових мереж <i>P2P (peer-to-peer)</i>	Дані	512	1000	10^{-7}	1
Послуга Інтернет-радіо онлайн 92 Кбіт/с	Дані	92	800	10^{-7}	0,05-1
Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	Дані	1200	300	10^{-7}	1,5
Послуга передачі промови на базі протоколу <i>IP (IP-телефонія)</i>	Аудіо	64	600	10^{-6}	1
Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	Відео, аудіо	640	150	10^{-6}	0,05-1
Послуга передачі сигналів охоронної сигналізації	Сигнал	128	1000	10^{-8}	0,05-1
Сумарні вимоги	Сигнал, дані, аудіо, відео	2764	150	10^{-8}	1

Послуги, що замовлені користувачами групи 5 – «E»:

Таблиця 2.4

Вимоги групи користувачів «E»

Послуги	Параметри надання	Вид інформації	Інформаційна швидкість (кбіт/с)	Макс. час затримки (мс)	Коеф. помилки	Час доступу (с)
Послуга передачі сигналів пожежної сигналізації		Сигнал	128	1000	10^{-8}	0,05-1
Послуга передачі мови за допомогою програми <i>Skype</i>		Рух. зобр., мова	320	500	10^{-8}	0,03
Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)		Дані	1200	300	10^{-7}	1,5
Послуга передачі промови на базі протоколу <i>IP</i> (<i>IP</i> -телефонія)		Ауді	64	600	10^{-6}	1
Послуга тактильних відчуттів		Рух.зобр, дані	1200	150	10^{-7}	0,05
Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>		Відео, ауді	640	150	10^{-6}	0,05-1
Послуга дистанційного навчання		Дані, мова, відео	320	500	10^{-8}	0,03
Сумарні вимоги		Сигнал, дані, ауді, відео, рух.зоб	3872	150	10^{-8}	1

2.2 Визначення секторів, які будуть охоплені мережею доступу

Сектор – це частина території, якій надається певна кількість однакових інфотелекомунікаційних послуг. Таким чином, сектор – це територія, на якій розміщені користувачі однієї групи, які потребують однаковий прелік ІКП.

Кількість секторів дорівнює кількості груп користувачів, що сформовані (групи *A, B, C, D, E*), тобто 5.

При використанні однорівневої структури підключення користувачів до вузлів надання послуг, в кожному секторі встановлюється один вузол доступу.

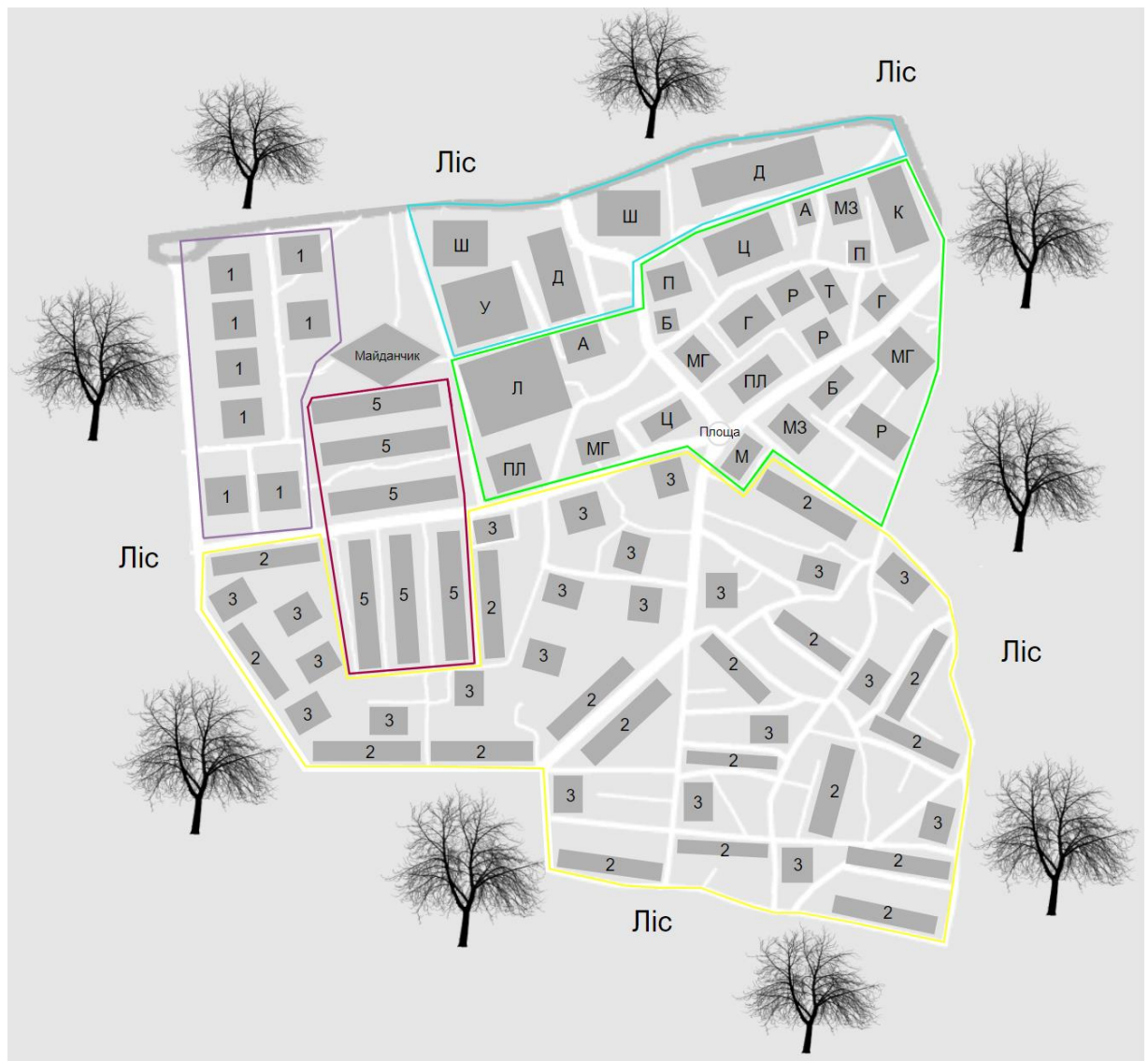






Рисунок 2.1 – Границі розташування груп користувачів

Умовні графічні секторів, на яких розташовані користувачі різних груп, позначено різними кольорами:

-  – сектор групи користувачів *A*;
-  – сектор групи користувачів *B*;
-  – сектор групи користувачів *C*;
-  – сектор групи користувачів *D* - «Адміністративні заклади»;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



– сектор групи користувачів *E* - «Навчальні заклади».

2.3 Визначення кількості та місць розташування вузлів доступу в проєктованій мережі

Розташування вузлів доступу на території залежить від конкретної ситуації та потреб користувачів мережі. Однак, є деякі загальні рекомендації, які можна враховувати при плануванні розташування вузлів доступу:

- покриття території: Вузли доступу потрібно розташовувати таким чином, щоб забезпечити максимальне покриття території. Це означає, що вузли повинні бути розміщені на рівномірній відстані один від одного, щоб уникнути пропусків у покритті;
- специфіка місця: Розташування вузлів доступу також повинно враховувати специфіку місця. Наприклад, якщо мережа має обслуговувати великий офіс, вузли можна розташувати в кількох місцях всередині офісу, щоб забезпечити максимальне покриття. Якщо ж мережа має обслуговувати великий будинок, вузли можна розташувати на різних поверхах, щоб забезпечити максимальне покриття кожного поверху;
- безпека: Вузли доступу повинні бути розташовані в безпечних місцях, щоб уникнути викрадення або пошкодження обладнання. Це може означати розміщення вузлів доступу в закритих приміщеннях або в місцях з обмеженим доступом;
- легкість обслуговування: Вузли доступу повинні бути розташовані таким чином, щоб їх було легко обслуговувати. Це може означати розташування вузлів доступу в місцях з легким доступом для технічних спеціалістів, які будуть здійснюватись.

Після розбиття території на сектори, потрібно визначити, де будуть стояти вузли доступу (ВД) для кожної групи. Для цього, буде обрано оптимальне розташування для кожного ВД, який будуть пов'язувати тільки

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ОБЧИСЛЕННЯ СТРУКТУРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЕКТОВАНОЇ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ

3.1 Розрахунок довжини ліній зв'язку для доступу до мережі

Вибір методу розрахунку середньої довжини лінії доступу локального сегменту залежить від розмірів сектора, де буде організована саме ця лінія доступу, для заданої структури мережі доступу та варіанту підключення користувачів до ВНО.

Так як задана радіальна структура МД та спосіб підключення до ВНО: усі точки доступу підключаються до ВНО тільки через один вузол доступу, тобто мережа доступу має однорівневу структуру, для розрахунку довжини лінії доступу я використовувала формулу:

$$l = \frac{2R\alpha_k}{3} \quad (3.1)$$

R – радіус території, що розглядається;

α_k – коефіцієнти кривізни прокладки ЛД, значення якого змінюється в діапазоні від 1,1.

Проведу розрахунок середньої довжини ЛД для кожного сектора:

Сектор A має $R = 449$;

Сектор B має $R = 983$;

Сектор C має $R = 467$;

Сектор D має $R = 840$;

Сектор E має $R = 653$.

Визначення середньої довжини ЛД для сектору A :

$$l_{\text{ср ЛД}} = \frac{2 * 449 * 1,1}{3} = \frac{987,8}{3} = 329,3$$

Визначення середньої довжини ЛД для сектору B :

$$l_{\text{ср ЛД}} = \frac{2 * 983 * 1,1}{3} = \frac{2162,6}{3} = 721$$

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення середньої довжини ЛД для сектору С:

$$l_{\text{ср ЛД}} = \frac{2 * 467 * 1,1}{3} = \frac{1027,4}{3} = 342,5$$

Визначення середньої довжини ЛД для сектору D:

$$l_{\text{ср ЛД}} = \frac{2 * 840 * 1,1}{3} = \frac{1848}{3} = 616$$

Визначення середньої довжини ЛД для сектору E:

$$l_{\text{ср ЛД}} = \frac{2 * 653 * 1,1}{3} = \frac{1436,6}{3} = 479$$

Так як отримані значення середньої довжини лінії доступу локального сегменту менше 1 км, то прийнятий спосіб підключення користувачів до ВВП по однорівневій структурі є вірним.

3.2 Обчислення пропускну́ї здатності та навантаження локальних сегментів мережі доступу

Сформуємо таблицю параметрів навантаження для заданих ІКУ, у якій для кожної ІКУ_{ММх} і кожної групи користувачів проектованої мережі доступу, визначимо такі параметри:

- середня тривалість сеансу в ГНН, з - t_i ;
- середня питома сумарна кількість викликів у ЧПН – С;
- висхідна/низхідна швидкість передачі, кбіт/с;
- клас послуги відповідно до концепції *QoS (Quality of Service)*.

Таблиця 3.1

Параметри навантаження для заданих ІКУ

Послуги	Клас послуги	Низхідна/ висхідна швидкість кбіт/с	Середня тривалість сеансу обслуговування в ГНН, с		Середнє питоме сумарне число запитів в ГНН, τ	
			діловий сектор	кварт. сектор	діловий сектор	кварт. сектор
Послуга веб-серфінгу (Перегляд гіпертекстових сторінок)	В	300/1200	1800	1800	1,5	1,5

Продовження таблиці 3.1

Послуга Інтернет-радіо онлайн 128 Кбіт/с	В	128/128	–	2700	–	0,05
Послуга Інтернет-радіо онлайн 92 Кбіт/с	В	92/92	1800	–	1	–
Послуга передачі сигналів телебачення стандартної чіткості (<i>Standard-Definition Television, SDTV 480i</i>)	А	1080/8192	–	3600	–	1
Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube</i> (2160p)	В	2048/8192	–	2700	–	1
Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube</i> (1080p)	В	1080/8192	–	2700	–	1
Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube</i> (360p)	В	360/1200	–	2700	–	1
Послуга покупки в інтернет магазині	В	600/1200	1800	1800	1	1
Послуга тактильних відчуттів	В	1200/1200	1800	1800	0,05	0,05
Послуга доступу до соціальних мереж	В	64/1200	–	1800	–	1
Послуга онлайн-ігор	А	600/2048	–	3600	–	1
Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	А	640/640	300	300	1	1
Послуга передачі сигналів пожежної сигналізації	В	128/128	30	–	1	–
Послуга передачі сигналів охоронної сигналізації	В	128/128	30	–	1	–

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.440-03.1.5

Арк.

42

Продовження таблиці 3.1

Послуга передачі мови за допомогою програми <i>Skype</i>	A	320/320	300	300	0,03	0,03
Послуга перегляду <i>IPTV (Internet Protocol Television)</i> надвисокої якості	A	8192/8192	–	2400	–	1
Послуга доступу до пірінгових мереж <i>P2P (peer-to-peer)</i>	B	512/2700	3600	–	1	–
Послуга передачі промови на базі протоколу <i>IP (IP-телефонія)</i>	B	64/64	3600	–	1	–
Послуга передачі сигналів телебачення високої чіткості (<i>High-Definition Television, HDTV 1080p</i>)	A	4112/4112	–	2400	–	1
Послуга дистанційного навчання	A	320/640	300	300	0,03	0,03

Проведемо розрахунок питомого навантаження локального сегмента ЛД, створюваного однією ІКУ_{ММх} окремо для низхідного та висхідного потоків за формулою:

- $V_{ЛДi} = \frac{C_i * \tau_i * R_i}{3600}$, де τ_i – середня тривалість сеансу в ГНН, с;
- C – Середня питома сумарна кількість викликів у ЧНН ;
- R_i – Низхідна/висхідна швидкість, кбіт/с;
- $V_{ЛД}$ Послуга веб-серфінгу (Перегляд гіпертекстових сторінок) низ $= \frac{300 * 1800 * 1,5}{3600} = 225$ Кбіт/с;
- $V_{ЛД}$ Послуга веб-серфінгу (Перегляд гіпертекстових сторінок) вис $= \frac{1200 * 1800 * 1,5}{3600} = 900$ Кбіт/с;

На основі розрахунків $V_{\text{ЛДі низ}}$ та $V_{\text{ЛДі вис}}$ побудуємо таблицю.

Таблиця 3.2

Розрахунок питомого навантаження локального сегмента ЛД

№ Послуги	Назва послуги	Категорія користувачів			
		Квартирні		Адміністративні	
		$V_{\text{ЛДі низ}}$	$V_{\text{ЛДі вис}}$	$V_{\text{ЛДі низ}}$	$V_{\text{ЛДі вис}}$
1	Послуга веб-серфінгу (Перегляд гіпертекстових сторінок)	225	900	225	900
2	Послуга Інтернет-радіо онлайн 128 Кбіт / с	4,8	4,8	–	–
3	Послуга Інтернет-радіо онлайн 92 Кбіт/с	–	–	460	460
4	Послуга передачі сигналів телебачення стандартної чіткості (<i>Standard- Definition Television, SDTV</i> 480i)	1080	8192	–	–
5	Послуга доступу до відеохостінгу <i>YouTube</i> (2160p)	1536	6144	–	–
6	Послуга доступу до відеохостінгу <i>YouTube</i> (1080p)	810	6144	–	–
7	Послуга доступу до відеохостінгу <i>YouTube</i> (360p)	270	900	–	–
8	Послуга покупки в інтернет магазині	300	600	300	600
9	Послуга тактильних відчуттів	30	30	30	30
10	Послуга доступу до соціальних мереж	320	900	–	–
11	Послуга онлайн-ігор	1200	4096	–	–
12	Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	53,3	53,3	53,3	53,3
13	Послуга передачі сигналів пожежної сигналізації	–	–	1,1	1,1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.440-03.1.5

Арк.

44

Продовження таблиці 3.2

14	Послуга передачі сигналів охоронної сигналізації	–	–	1,1	1,1
15	Послуга передачі мови за допомогою програми <i>Skype</i>	0,8	0,8	0,8	0,8
16	Послуга перегляду <i>IPTV (Internet Protocol Television)</i> надвисокої якості	5461,3	5461,3	–	–
17	Послуга доступу до пірінгових мереж <i>P2P (peer-to-peer)</i>	–	–	512	2700
18	Послуга передачі промови на базі протоколу <i>IP (IP-телефонія)</i>	–	–	64	64
19	Послуга передачі сигналів телебачення високої чіткості (<i>High- Definition Television, HDTV 1080p</i>)	2741,3	2741,3	–	–
20	Послуга дистанційного навчання	0,8	1,6	0,8	1,6

Проведемо розрахунок інтенсивності навантаження для сектора А.

Таблиця 3.3

Розрахунок інтенсивності навантаження для сектора А

№ Послуги	Послуги групи А	ВЛДі низ	ВЛДі вис
1	Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	225	900
2	Послуга доступу до соціальних мереж	320	900
3	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube 2160p</i>	1536	6144
4	Послуга перегляду <i>IPTV (Internet Protocol Television)</i> надвисокої якості	5461,3	5461,3
5	Послуга тактильних відчуттів	30	30
6	Послуга передачі сигналів телебачення високої чіткості (<i>High- Definition Television, HDTV 1080p</i>)	2741,3	2741,3
7	Послуга покупки в інтернет магазині	300	600

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.440-03.1.5

Арк.

45

Продовження таблиці 3.3

8	Послуга онлайн-ігор	1200	4096
9	Послуга дистанційного навчання	0,8	1,6
	Сума	11814,4	18974,1
		Сумарна інтенсивність навантаження: 31789 Кбіт/с	

Для сектора А $\omega_{\text{длс}} = 37789 \text{ Кбіт/с} = 31,789 \text{ Мбіт/с}$

Розрахунок інтенсивності навантаження для сектора В.

Таблиця 3.4

Розрахунок інтенсивності навантаження для сектора В

№ Послуги	Послуги групи В	ВЛДі низ	ВЛДі вис
1	Послуга передачі мови за допомогою програми <i>Skype</i>	0,8	0,8
2	Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	225	900
3	Послуга доступу до соціальних мереж	320	900
4	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube 1080p</i>	810	6144
5	Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	53,3	53,3
6	Послуга покупки в інтернет магазині	300	600
7	Послуга онлайн-ігор	1200	4096
8	Послуга дистанційного навчання	0,8	1,6
	Сума	2909,9	17795,7
		Сумарна інтенсивність навантаження: 20706 Кбіт/с	

Для сектора В $\omega_{\text{длс}} = 20706 \text{ кбіт/с} = 20,706 \text{ Мбіт/с}$

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок інтенсивності навантаження для сектора С.

Таблиця 3.5

Розрахунок інтенсивності навантаження для сектора С

№ Послуги	Послуги групи С	ВЛДі низ	ВЛДі вис
1	Послуга передачі сигналів телебачення стандартної чіткості (<i>Standard-Definition Television, SDTV 480i</i>)	1080	8192
2	Послуга Інтернет-радіо онлайн 128 Кбіт/с	4,8	4,8
3	Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	225	900
4	Послуга доступу до соціальних мереж	320	6000
5	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube 360p</i>	270	900
6	Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	53,3	53,3
7	Послуга покупки в інтернет магазині	300	600
8	Послуга дистанційного навчання	0,8	1,6
	Сума	2253,9	16651,7
		Сумарна інтенсивність навантаження: 18906 Кбіт/с	

Для сектора С $\omega_{\text{длс}} = 18906 \text{ Кбіт/с} = 18,906 \text{ Мбіт/с}$

Розрахунок інтенсивності навантаження для сектора D.

Таблиця 3.6

Розрахунок інтенсивності навантаження для сектора D

№ Послуги	Послуги групи D	ВЛДі низ	ВЛДі вис
1	Послуга передачі сигналів пожежної сигналізації	1,1	1,1
2	Послуга доступу до пірінгових мереж <i>P2P (peer-to-peer)</i>	512	2700
3	Послуга Інтернет-радіо онлайн 92 Кбіт/с	460	460
4	Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	225	900

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.440-03.1.5

Арк.

47

Продовження таблиці 3.6

5	Послуга передачі промови на базі протоколу <i>IP</i> (<i>IP</i> -телефонія)	64	64
6	Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	53,3	53,3
7	Послуга передачі сигналів охоронної сигналізації	1,1	1,1
	Сума	1316,5	4179,5
		Сумарна інтенсивність навантаження: 5496 Кбіт/с	

Для сектора *D* $\omega_{\text{лдлс}} = 5496 \text{ Кбіт/с} = 5,496 \text{ Мбіт/с}$

Розрахунок інтенсивності навантаження для сектора *E*.

Таблиця 3.7

Розрахунок інтенсивності навантаження для сектора *E*

№ Послуги	Послуги групи <i>E</i>	ВЛДі низ	ВЛДі вис
1	Послуга передачі сигналів пожежної сигналізації	1,1	1,1
2	Послуга передачі мови за допомогою програми <i>Skype</i>	0,8	0,8
3	Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	225	900
4	Послуга передачі промови на базі протоколу <i>IP</i> (<i>IP</i> -телефонія)	64	64
5	Послуга тактильних відчуттів	30	30
6	Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	53,3	53,3
7	Послуга дистанційного навчання	0,8	1,6
	Сума	375	1050,8
		Сумарна інтенсивність навантаження: 1426 Кбіт/с	

Для сектора *E* $\omega_{\text{лдлс}} = 1426 \text{ Кбіт/с} = 1,426 \text{ Мбіт/с}$

Пропускна спроможність вузла доступу залежить від кількості точок підключення, та пропускної спроможності лінії доступу локального сегменту у секторі і визначаються за формулою:

$$\omega_{\text{вд}} = \omega_{\text{лдлс}} * N_{\text{тп вдр}} \quad (3.2)$$

де $\omega_{\text{лдлс}}$ – пропускна спроможність лінії доступу локального сегменту (розраховано у пункті 3.4);

$N_{\text{тп вдр}}$ – розрахункове значення кількості точок підключення до конкретного вузла доступу

$$N_{\text{тп вдр}} = (N_1 + N_2) * \gamma \quad (3.3)$$

N_1 – кількість точок підключення термінального обладнання користувачів всіх категорій, включених в цей ВД;

N_2 – кількість пунктів колективного доступу організованих у даному секторі;

γ - коефіцієнт, який враховує експлуатаційний запас на сегменті локального доступу (збільшення на 15%).

Проводимо розрахунки пропускної спроможності вузла доступу для сектору А:

$$N_1 = 8$$

$$N_2 = 8 * 0,04 = 1$$

$$N_{\text{тп вдр}} = (8 + 1) * 1,15 = 11$$

$$\omega_{\text{вд}} = 31,789 \text{ Мбіт/с} * 11 = 0,416 \text{ Гбіт/с}$$

Проводимо розрахунки пропускної спроможності вузла доступу для сектору В:

$$N_1 = 1392$$

$$N_2 = 1392 * 0,04 = 56$$

$$N_{\text{тп вдр}} = (1392 + 56) * 1,15 = 1457$$

$$\omega_{\text{вд}} = 18,706 \text{ Мбіт/с} * 1457 = 30,2 \text{ Гбіт/с}$$

Проводимо розрахунки пропускної спроможності вузла доступу для сектору С:

$$N_1 = 600$$

$$N_2 = 600 * 0,04 = 24$$

$$N_{\text{тп вдр}} = (600 + 24) * 1,15 = 718$$

$$\omega_{\text{вд}} = 18,906 \text{ Мбіт/с} * 718 = 13,5 \text{ Гбіт/с}$$

Проводимо розрахунки пропускної спроможності вузла доступу для сектору D:

$$N_1 = 53$$

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_2 = 53 * 0,04 = 3$$

$$N_{\text{тп вдр}} = (53 + 3) * 1,15 = 65$$

$$\omega_{\text{вд}} = 5,496 \text{ Мбіт/с} * 65 = 0,358 \text{ Гбіт/с}$$

Проводимо розрахунки пропускної спроможності вузла доступу для сектору *E*:

$$N_1 = 16$$

$$N_2 = 16 * 0,04 = 1$$

$$N_{\text{тп вдр}} = (16 + 1) * 1,15 = 20$$

$$\omega_{\text{вд}} = 1,426 \text{ Мбіт/с} * 20 = 0,0285 \text{ Гбіт/с}$$

3.3 Розробка структурної схеми мережі доступу

Структурна схема проєктованої мережі доступу формується згідно із структурними параметрами, які розраховані в розділах 5 та 6 , тобто для побудови мережі доступу необхідно врахувати наступні характеристики мережі:

- Кількість секторів мережі - 5;
- Кількість ВВП (ВНО) - 3;
- Кількість вузлів доступу мережі, дорівнює кількості секторів , тобто п'ять, так як для побудови проєктованої мережі, обрано структура підключення користувачів до вузлів надання послуг однорівнева, яка передбачає наявність одного вузлу в одному секторі.
- Кількість точок підключення кожного сектору у тому числі з урахуванням резерву.

Для побудови структурної схеми необхідно виконати наступні дії.

Визначимо взаємозв'язок між вузлами доступу та вузлами надання послуг, для цього проведемо розподіл послуг по ВВП. Згідно завдання проєктована мережа буде надавати 20 послуг, при цьому кожний ВВП послуг. Перелік послуг які надає кожний ВВП наведемо у Таблиці 3.8.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розподіл послуг по ВНП

ВНП №	Перелік послуг
ВНП 1	Послуга перегляду <i>IPTV (Internet Protocol Television)</i> надвисокої якості
	Послуга передачі сигналів телебачення високої чіткості (<i>High- Definition Television, HDTV 1080p</i>)
	Послуга передачі сигналів телебачення стандартної чіткості (<i>Standard-Definition Television, SDTV 480i</i>)
	Послуга Інтернет-радіо онлайн 128 Кбіт/с
	Послуга Інтернет-радіо онлайн 92 Кбіт/с
ВНП 2	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube 2160p</i>
	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube 1080p</i>
	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube 360p</i>
	Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>
	Послуга передачі мови за допомогою програми <i>Skype</i>
	Послуга онлайн-ігор
ВНП3	Послуга веб-серфінгу (Перегляд гіпертекстових сторінок)
	Послуга покупки в інтернет магазині
	Послуга тактильних відчуттів
	Послуга доступу до соціальних мереж
	Послуга передачі сигналів пожежної сигналізації
	Послуга передачі сигналів охоронної сигналізації
	Послуга доступу до пірінгових мереж <i>P2P (peer-to-peer)</i>
	Послуга передачі промови на базі протоколу <i>IP (IP-телефонія)</i>
	Послуга дистанційного навчання
	Послуга веб-серфінгу (Перегляд гіпертекстових сторінок)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.440-03.1.5

Арк.

51

Проаналізувавши таблицю 3.8, можна зробити висновок про те, що конкретний вузол доступу має зв'язок з конкретним ВВП тільки тоді, коли користувачі потребують у надані послуг даного ВВП запитує користувач.

Необхідно обрати топологію транспортного сегмента, тобто взаємозв'язок між кожним ВД і ВВП. Розглянемо переваги та недоліки базових топологій, що використовуються на мережах доступу.

Топологія мережі - це її фізична схема, що відображає розташування вузлів та з'єднання їх кабелем. Важливо вибрати правильну топологію відповідно до мережі, в якій вона буде використовуватись та вимогам до неї.

Кожна топологія має переваги та недоліки. Можна виділити основні мережеві топології:

1. Зірка.
2. Шина.
3. Дерево.
4. Повнозв'язна топологія.
5. Кільцева.

Переваги та недоліки топології зірка:

Переваги:

- 1) Проста модифікація та додавання нових вузлів.
- 2) Центральним концентратом може бути застосований як засіб для діагностики мережі ,так для моніторингу та її управління.
- 3) Відмовостійкість.
- 4) Застосування декількох типів кабелю.

Недоліки:

- 1) При відмові центрального концентратору не працює ціла мережа.
- 2) Багато мереж з топологією зірка вимагають застосування на центральному вузлі пристрою для ретрансляції ширококомовних повідомлень або комутації мережного трафіку.
- 3) Потрібна велика кількість кабелю.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4) Ціна. Концентратор та велика кількість кабелю коштує багато.

Переваги та недоліки топології шина:

Переваги:

- 1) Вона надійно працює в мережах, проста у використанні та зрозуміла.
- 2) Шина вимагає менше кабелю ніж у інших топологіях, отже, вона дешевша.
- 3) Вона легка у масштабуванні.

Недоліки:

- 1) У кожний момент часу надсилати повідомлення може лише один ПК, тому кількість підключених до мережі машин значно впливає на її швидкодію. Перед передачею даних вузол повинен чекати звільнення шини.
- 2) Важко проводити діагностику такої мережі.

Переваги та недоліки топології дерево:

Переваги:

- 1) Відносно велика протяжність (до 50 км).
- 2) Можливість паралельної передачі мови, даних та зображень, що забезпечується за рахунок частотного ущільнення каналів.

Недоліки:

- 1) Можливості щодо нарощування деревоподібних мереж досить обмежені через високу вартість їх встановлення та складність їх аналогових компонентів, що вимагають ще й постійного налагоджування.

Переваги та недоліки повнозв'язної топології :

Переваги:

- 1) Розрив кабелю не відбивається на працездатності мережі.

Недоліки:

- 1) Надто великі витрати кабелю;
- 2) Громіздка та неефективна мережа.

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги та недоліки топології кільце:

Переваги:

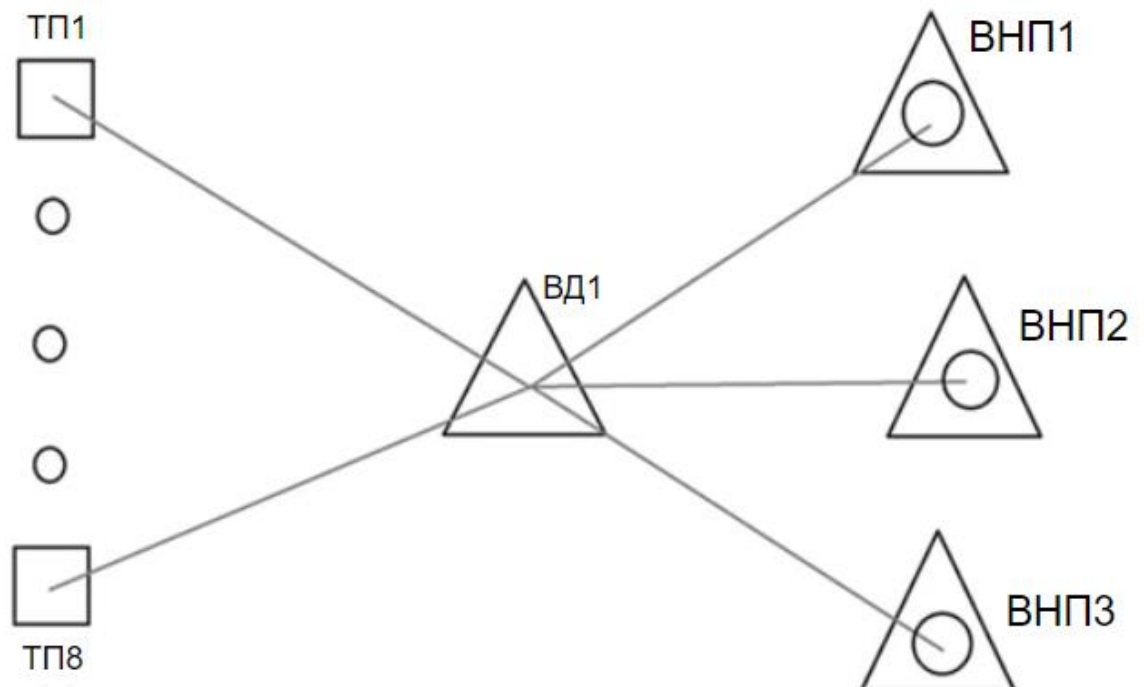
- 1) Немає можливості монополізувати мережу одним вузлом тому що всі ПК мають рівний доступ до маркеру.
- 2) Справедливе спільне використання мережі забезпечує поступове зниження її продуктивності, у разі збільшення кількості користувачів збільшується вірогідність перевантаження.

Недоліки:

- 1) Відмова одного вузла може вплинути на працездатність мережі загалом.
- 2) Кільцеву мережу важко діагностувати.
- 3) Для додавання чи видалення вузла ви маєте розривати мережу.

Проаналізувавши основні топології, для побудови свого транспортного сегменту обираю топологію зірку.

Наведемо окремо схеми з'єднання кожного ВД з конкретними ВНП.



$$N_1 = 8; N_2 = 1; l_{\text{ЛД ЛС А}} = 373.75 \text{ м}; \omega_{\text{ВД А}} = 0,416 \text{ Гбіт/с}; \omega_{\text{ЛД ЛС}} = 37,789 \text{ Мбіт/с}$$

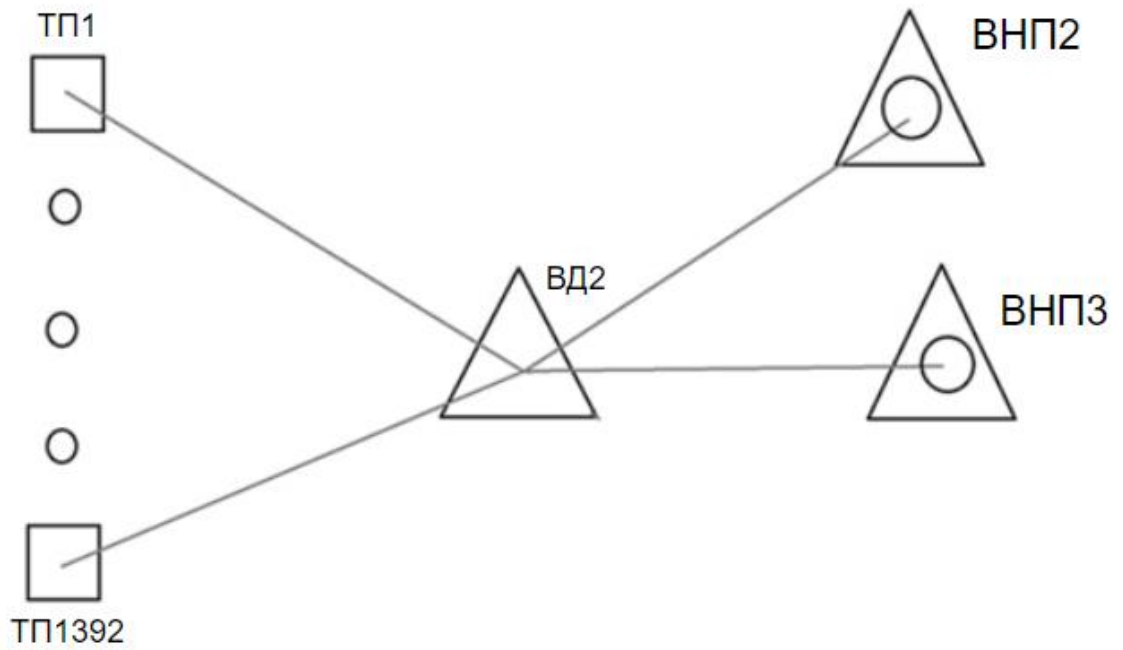
Рисунок 3.1 – Схема підключення ВД до ВНП для сектору А.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.440-03.1.5

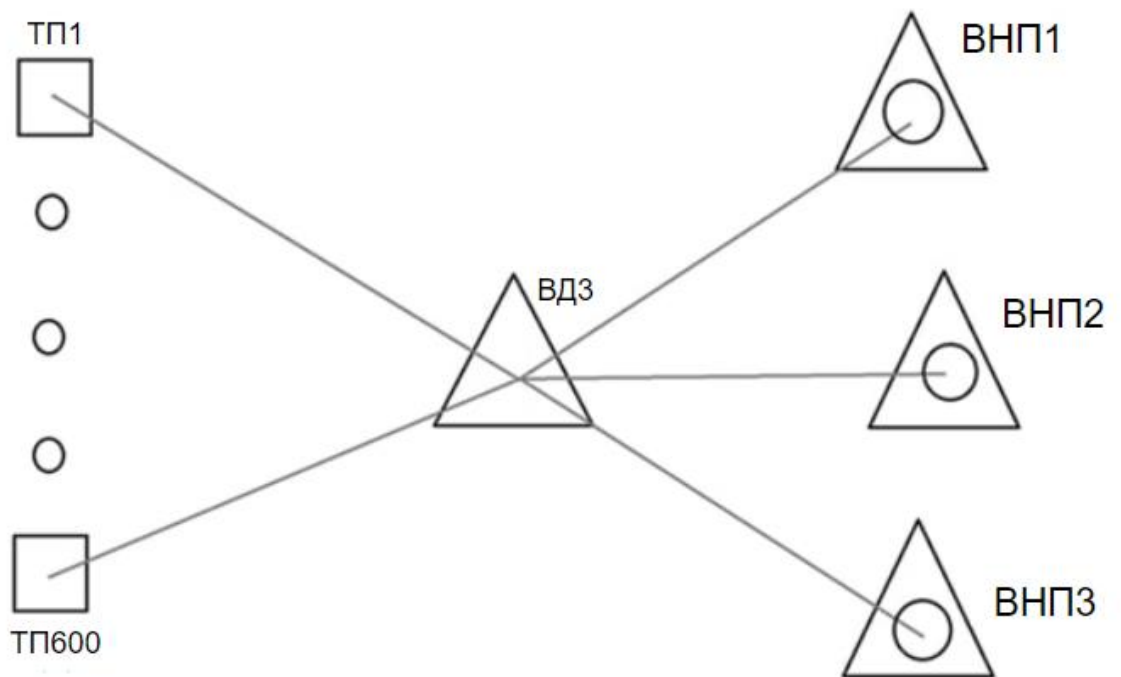
Арк.

54



$N_1 = 1392; N_2 = 56; l_{\text{ЛД ЛС В}} = 373.75 \text{ м}; \omega_{\text{ВД В}} = 30,2 \text{ Гбіт/с}; \omega_{\text{ЛД ЛС}} = 20,706 \text{ Мбіт/с}$

Рисунок 3.2 – Схема підключення ВД до ВНП для сектору В.



$N_1 = 600; N_2 = 24; l_{\text{ЛД ЛС С}} = 373.75 \text{ м}; \omega_{\text{ВД С}} = 13,5 \text{ Гбіт/с}; \omega_{\text{ЛД ЛС}} = 18,906 \text{ Мбіт/с}$

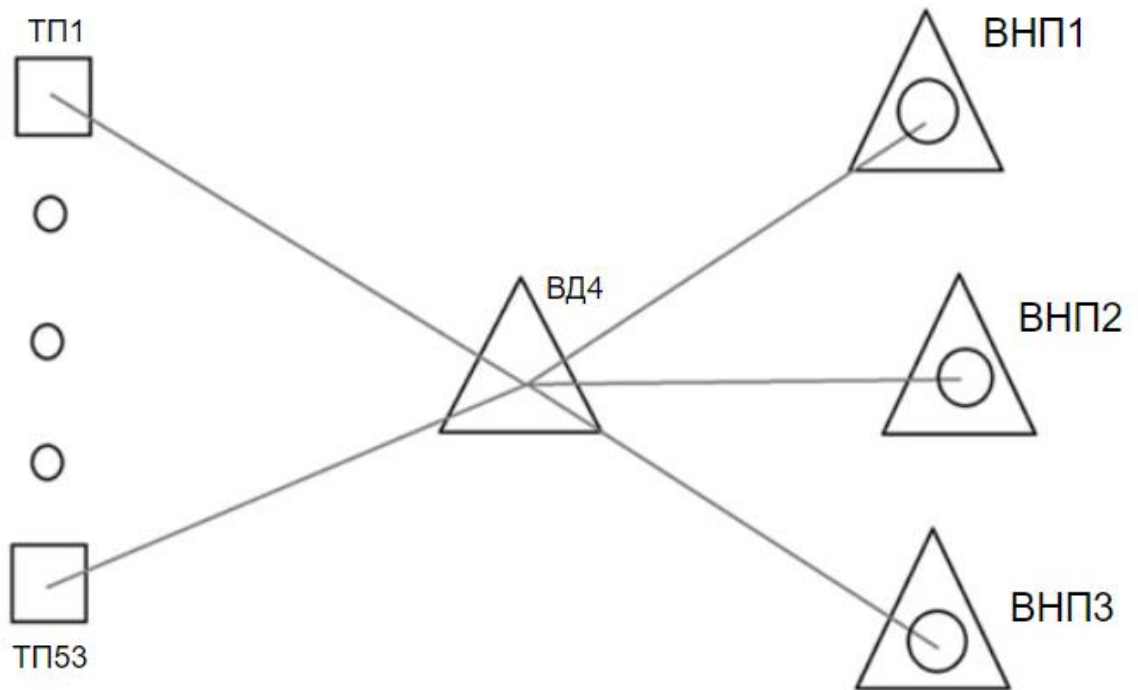
Рисунок 3.3 – Схема підключення ВД до ВНП для сектору С.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.440-03.1.5

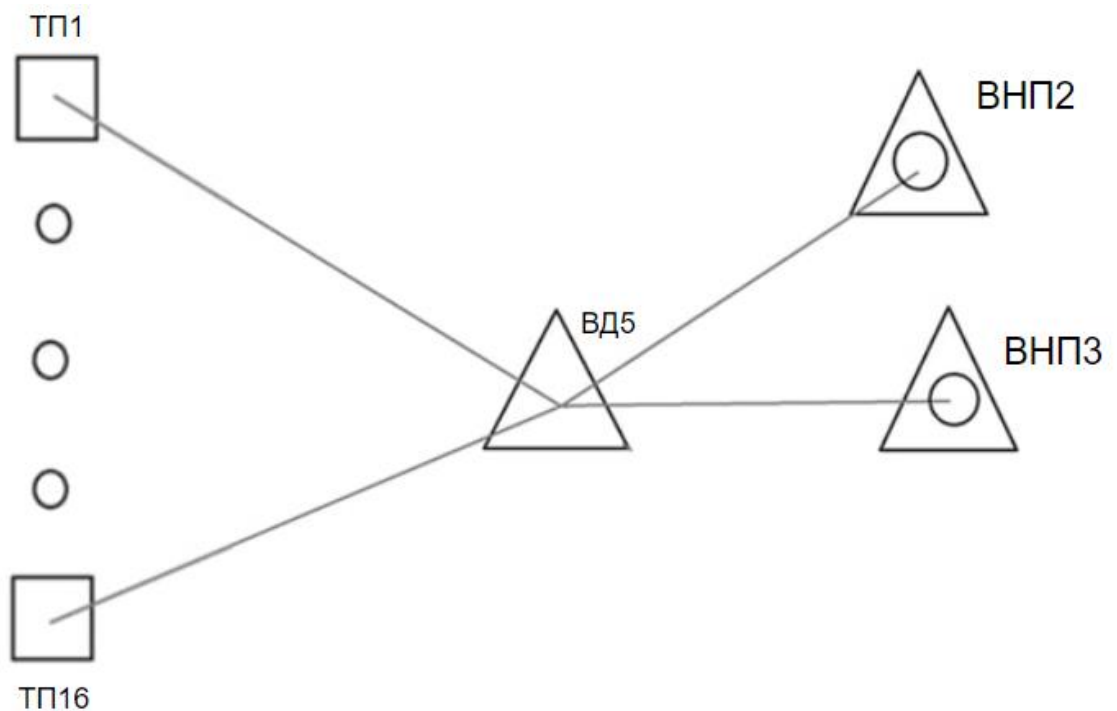
Арк.

55



$N_1 = 53; N_2 = 3; l_{\text{ЛД ЛС D}} = 373.75 \text{ м}; \omega_{\text{ВД D}} = 0,358 \text{ Гбіт/с}; \omega_{\text{ЛД ЛС}} = 5,496 \text{ Мбіт/с}$

Рисунок 3.4 – Схема підключення ВД до ВНП для сектору D.



$N_1 = 16; N_2 = 1; l_{\text{ЛД ЛС E}} = 373.75 \text{ м}; \omega_{\text{ВД E}} = 0,0285 \text{ Гбіт/с}; \omega_{\text{ЛД ЛС}} = 1,426 \text{ Мбіт/с}$

Рисунок 3.5 – Схема підключення ВД до ВНП для сектору E.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.440-03.1.5

Арк.

56

Згідно вищезазначених формувань, синтезуємо загальну структурну схему проектованої мережі доступа, яку нанесемо на мапу території та зобразимо на рис. 3.6

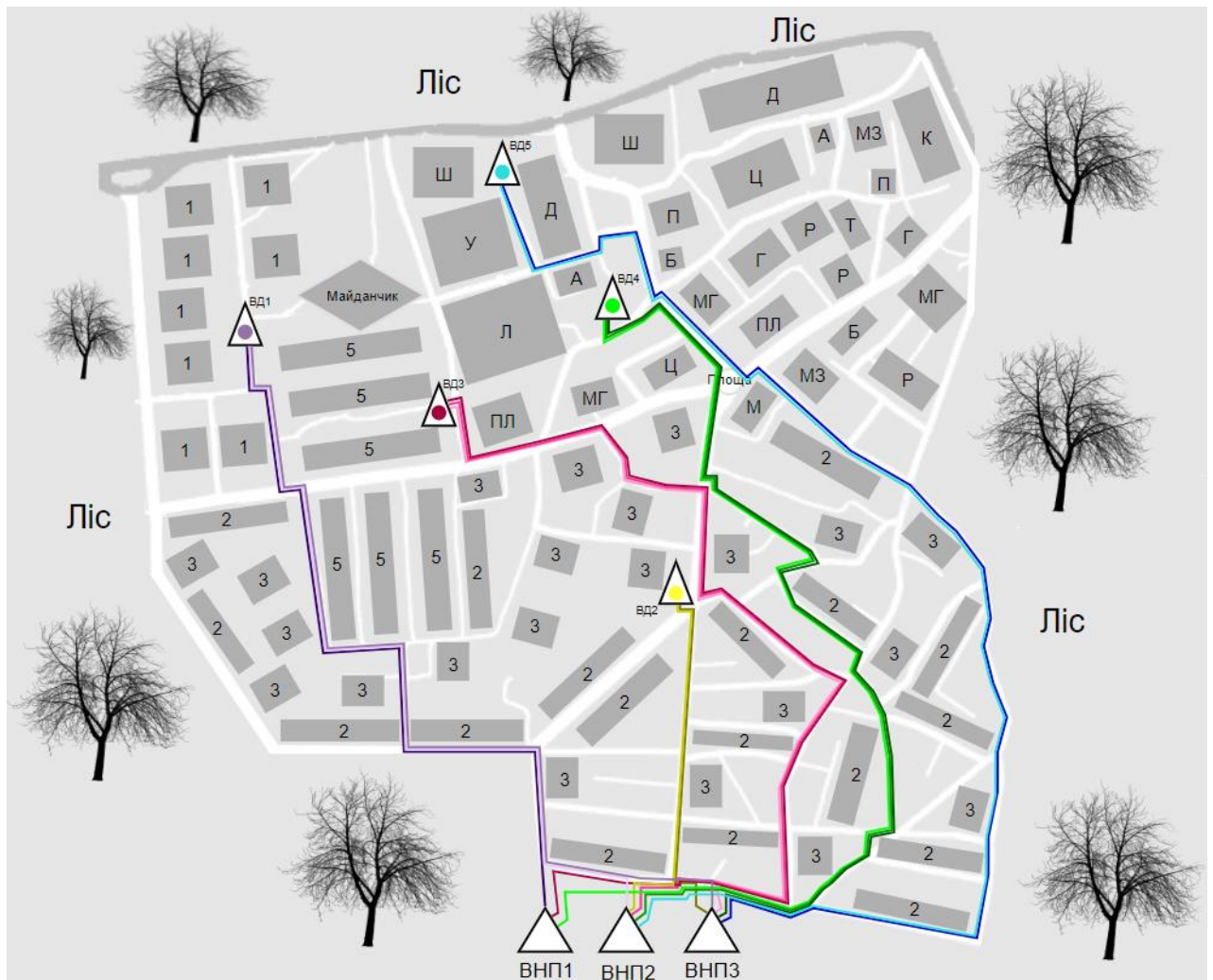


Рисунок 3.6 – Загальна структурна схеми проектованої мережі доступа

Позначення на мапі:

- | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| — ЛД, яка з'єднує ВНП1 з ВД1 групи А | — ЛД, яка з'єднує ВНП2 з ВД2 групи В | — ЛД, яка з'єднує ВНП3 з ВД2 групи В |
| — ЛД, яка з'єднує ВНП1 з ВД3 групи С | — ЛД, яка з'єднує ВНП2 з ВД3 групи С | — ЛД, яка з'єднує ВНП3 з ВД3 групи С |
| — ЛД, яка з'єднує ВНП1 з ВД4 групи D | — ЛД, яка з'єднує ВНП2 з ВД4 групи D | — ЛД, яка з'єднує ВНП3 з ВД4 групи D |
| | — ЛД, яка з'єднує ВНП2 з ВД5 групи E | — ЛД, яка з'єднує ВНП3 з ВД5 групи E |

Рисунок 3.7 – Розшифрування позначок на мапі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.440-03.1.5

Арк.

57

3.4 Обчислення пропускної здатності та навантаження транспортного сегменту мережі доступу

При даному розрахунку необхідно враховувати:

- Мережа доступу надає послуги у відповідності QoS;
- Пакети послуг класу А повинні обслуговуватися у першу чергу та з мінімальними втратами при перенавантаженні, тому доля загальної пропускної спроможності призначена для обслуговування класу А.
- Нерівномірність мультисервісного трафіку може бути врахована шляхом збільшення реального значення інтенсивності навантаження на величину, яка характеризує ступінь нерівномірності.

Інтенсивність навантаження та пропускної спроможності ліній доступу транспортного сегменту залежить:

1. Від топології (структури) мережі доступу на транспортному сегменті.
2. Від переліку ІКП, який надає кожний ВНО.
3. Від параметрів навантаження ІКП.

Кожний користувач по ЛД_{ЛС} отримує m послуг. Для отримання цих послуг ВД з'єднується з необхідною кількістю ВНО.

Розрахунок виконується за етапами:

1. Розрахунок сумарної інтенсивності навантаження на виході ВД у напрямку конкретних ВНО, розраховується за наступною формулою:

$$V_{\text{ВД-ВНО}_{\text{висх.}}} = N_{\text{ТП сект.}} * V_{\text{ЛД}_{\text{і висх.}}} \quad (3.4)$$

де $N_{\text{ТП сект.}}$ – кількість точок підключення у секторі;

$V_{\text{ЛД}_{\text{і висх.}}}$ – сумарна інтенсивність питомого навантаження сегменту лінії доступу для низхідного потоку даних.

Виконаю розрахунок сумарного інтенсивного навантаження на виході ВД 1 у напрямку конкретних ВНО1:

$$V_{\text{ВД групи А-ВНО1}_{\text{висх.}}} = 11 * 8,207 = 90,229 \text{ Мбіт/с}$$

$$V_{\text{ВД групи А-ВНО3}_{\text{висх.}}} = 11 * 8,207 = 90,229 \text{ Мбіт/с}$$

На основі цих обчислень побудуємо таблиці для кожної групи.

Таблиця 3.9

Результат обчислення сумарного інтенсивного навантаження на виході
ВД у напрямку конкретних ВНО

ВД \ ВНО	ВНО1		ВНО2		ВНО3	
	нисх. (МБіт/с)	висх. (МБіт/с)	нисх. (МБіт/с)	висх. (МБіт/с)	нисх. (МБіт/с)	висх. (МБіт/с)
ВД групи А	90,229	90,229	30,105	102,42	9,625	82,830
ВД групи В	–	–	3008,556	15000,835	123,117	1106,25
ВД групи С	778,887	5916,320	232,707	685,619	60,710	82,500
ВД групи D	29,900	29,900	3,465	3,465	52,208	238,303
ВД групи E	–	–	1,098	1,114	6,402	19,934

Розрахуємо $K_{\text{пач.}}$ – коефіцієнт панічності, який розраховується за наступною формулою:

$$K_{\text{пач.}} = R_{\text{max}} / R_{\text{ср } i} \quad (3.5)$$

де R_{max} – максимальна швидкість передачі;

$R_{\text{ср } i}$ – середня швидкість передачі, яка розраховується за наступною формулою:

$$R_{\text{ср } i} = (R_{\text{низ.}} + R_{\text{виз.}}) / 2 \quad (3.6)$$

На основі цих обчислень побудуємо таблицю:

Таблиця 3.10

Результат обчислення коефіцієнту пачічності

ВНО _i	Послуги	R_{max}	$R_{\text{ср } i}$	$K_{\text{пач.}}$
ВНО 1	Послуга перегляду <i>IPTV (Internet Protocol Television)</i> надвисокої якості	8192	8192	1
	Послуга передачі сигналів телебачення високої чіткості (<i>High- Definition Television, HDTV 1080p</i>)	4112	4112	1
	Послуга передачі сигналів телебачення стандартної чіткості (<i>Standard-Definition Television, SDTV 480i</i>)	8192	4636	1,77
	Послуга Інтернет-радіо онлайн 128 Кбіт/с	128	128	1
	Послуга Інтернет-радіо онлайн 92 Кбіт/с	92	92	1
$K_{\text{пач. max}} = 1,77$				

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Продовження таблиці 3.10

ВНО 2	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube</i> 2160p	8192	5120	1,6
	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube</i> 1080p	8192	4636	1,77
	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube</i> 360p	1200	780	1,54
	Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	640	640	1
	Послуга передачі мови за допомогою програми <i>Skype</i>	320	320	1
	Послуга онлайн-ігор	2048	1324	1,55
К _{пач.мах} =1,77				
ВНО3	Послуга веб-серфінгу (Перегляд гіпертекстових сторінок)	1200	750	1,6
	Послуга покупки в інтернет магазині	1200	900	1,33
	Послуга тактильних відчуттів	1200	1200	1
	Послуга доступу до соціальних мереж	1200	632	1,89
	Послуга передачі сигналів пожежної сигналізації	128	128	1
	Послуга передачі сигналів охоронної сигналізації	128	128	1
	Послуга доступу до пірінгових мереж <i>P2P (peer-to-peer)</i>	2700	1606	1,68
	Послуга передачі промови на базі протоколу <i>IP (IP-телефонія)</i>	64	64	1
	Послуга дистанційного навчання	640	480	1,33
К _{пач.мах} =1,89				

Розрахуємо дисперсію мультисервісного навантаження тракту між вузлом доступу та ВНО за формулою:

$$D_{\text{нисх. ВД-ВНО}} = (V_{\text{ВД-ВНО нисх.}})^2 * (K_{\text{пач.}} - 1) \quad (3.7)$$

Приклад розрахунку для $D_{\text{нисх. ВДА-ВНО1}}$:

$$D_{\text{нисх. ВДА-ВНО1}} = (90,229)^2 * (1,77 - 1) = 6268,8$$

Середньоквадратичне відхилення дисперсії для низхідного та висхідного потоків розраховується за наступними формулами:

$$\delta_{\text{нисх.}} = \sqrt{D_{\text{нисх.}}} \quad (3.8)$$

$$\delta_{\text{висх.}} = \sqrt{D_{\text{висх.}}} \quad (3.9)$$

Приклад розрахунку для $\delta_{\text{нисх. ВДА-ВНО1}}$:

$$\delta_{\text{нисх. ВДА-ВНО1}} = \sqrt{6268,8} = 79,17$$

На основі цих обчислень побудуємо таблицю для ВД А.

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.11

Результат обчислення $D_{\text{нисх та висх}}$ та $\delta_{\text{нисх та висх}}$ для ВД А

Параметри навантаження	$V_{\text{ВД А-ВНО нисх.}}$	$V_{\text{ВД А-ВНО восх.}}$	$D_{\text{нисх. ВД А-ВНО}}$	$D_{\text{восх. ВД А-ВНО}}$	$\delta_{\text{нисх}}$	$\delta_{\text{висх}}$
ВНО1	90,229	90,229	6268,8	6268,8	79,17	79,17
ВНО2	30,105	102,242	697,85	8077,18	26,42	89,87
ВНО3	9,625	82,830	82,45	6106,11	9,08	78,14

На основі цих обчислень побудуємо таблицю для ВД В:

Таблиця 3.12

Результат обчислення $D_{\text{нисх та висх}}$ та $\delta_{\text{нисх та висх}}$ для ВД В

Параметри навантаження	$V_{\text{ВД В-ВНО нисх.}}$	$V_{\text{ВД В-ВНО восх.}}$	$D_{\text{нисх. ВД В-ВНО}}$	$D_{\text{восх. ВД В-ВНО}}$	$\delta_{\text{нисх}}$	$\delta_{\text{висх}}$
ВНО1	—	—	—	—	—	—
ВНО2	3008,556	15000,835	6969585	1326973	2640	1151,94
ВНО3	123,117	1106,25	13490,44	1089172,26	116,15	1043,63

На основі цих обчислень побудуємо таблицю для ВД С:

Таблиця 3.13

Результат обчислення $D_{\text{нисх та висх}}$ та $\delta_{\text{нисх та висх}}$ для ВД С

Параметри навантаження	$V_{\text{ВД С-ВНО нисх.}}$	$V_{\text{ВД С-ВНО восх.}}$	$D_{\text{нисх. ВД С-ВНО}}$	$D_{\text{восх. ВД С-ВНО}}$	$\delta_{\text{нисх}}$	$\delta_{\text{висх}}$
ВНО1	778,887	5916,320	467132,02	26952188,60	683,47	5191,55
ВНО2	232,707	685,619	41697,46	361956,53	208	604
ВНО3	60,710	82,5	3280,27	6057,56	57,27	78

На основі цих обчислень побудуємо таблицю для ВД D:

Таблиця 3.14

Результат обчислення $D_{\text{нисх та висх}}$ та $\delta_{\text{нисх та висх}}$ для ВД D

Параметри навантаження	$V_{\text{ВД D-ВНО нисх.}}$	$V_{\text{ВД D-ВНО восх.}}$	$D_{\text{нисх. ВД D-ВНО}}$	$D_{\text{восх. ВД D-ВНО}}$	$\delta_{\text{нисх}}$	$\delta_{\text{висх}}$
ВНО1	29,900	29,900	688,4	688,4	26,24	26,24
ВНО2	3,465	3,465	9,24	9,24	3,04	3,04
ВНО3	52,208	238,303	2426	50547	49,25	225

На основі цих обчислень побудуємо таблицю для ВД Е:

Таблиця 3.15

Результат обчислення $D_{\text{нисх. та висх.}}$ та $\delta_{\text{нисх. та висх.}}$ для ВД Е

Параметри навантаження	$V_{\text{ВД Е-ВНО нисх.}}$	$V_{\text{ВД Е-ВНО висх.}}$	$D_{\text{нисх. ВД Е-ВНО}}$	$D_{\text{висх. ВД Е-ВНО}}$	$\delta_{\text{нисх.}}$	$\delta_{\text{висх.}}$
ВНО1	–	–	–	–	–	–
ВНО2	1,098	1,114	0,928	0,956	0,96	0,97
ВНО3	6,402	19,934	36,48	354	7	19

Розрахунок пікового значення мультисервісного навантаження для послуг класу А з урахування пріоритетності їх обслуговування.

Сумарне навантаження **ВД1** для класу А (N=8) розраховується за наступною формулою:

$$V_{\text{ВДі-ВНОі нисх.}}^A = N \times (V_{\text{ЛДі нисх.}}) \quad (3.10)$$

На основі цих обчислень побудуємо таблицю для ВД А:

Таблиця 3.16

Результат обчислення пікового значення мультисервісного навантаження для ВД А

ВНО _і	Послуги	$V_{\text{ЛДі}}$		$\Sigma V_{\text{ЛДі}}$		$V_{\text{ВДі-ВНОі}}^A$	
		нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.
ВНО1	Послуга перегляду <i>IPTV</i> (<i>Internet Protocol Television</i>) надвисокої якості	5461,3	5461,3	8202,6	8202,6	8* 8202,6 = 65620,8	8* 8202,6 = 65620,8
	Послуга передачі сигналів телебачення високої чіткості (<i>High-Definition Television, HDTV 1080p</i>)	2741,3	2741,3				
ВНО2	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube</i> 2160p	1536	6144	2736,8	10241,6	8* 2736,8 21894,4	8* 10241,6 = 81932,8
	Послуга дистанційного навчання	1200	4096				
	Послуга онлайн-ігор	0,8	1,6				

Продовження таблиці 3.16

ВНО3	Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	225	900	875	7530	8* 875= 7000	8* 7530= 60240
	Послуга доступу до соціальних мереж	320	6000				
	Послуга тактильних відчуттів	30	30				
	Послуга покупки в інтернет магазині	300	600				

Таблиця 3.17

Результат обчислення пікового значення мультисервісного навантаження для

ВД В

ВНО _i	Послуги	V _{лді}		ΣV _{лді}		V _{ВДі-ВНОі} ^A	
		нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.
ВНО1	–	–	–	–	–	–	–
ВНО2	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube</i> 1080p	810	6144	2064,9	10295,7	1392* 2064,9= 2874341	1392* 10295,7= 14331615
	Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	53,3	53,3				
	Послуга онлайн-ігор	1200	4096				
	Послуга дистанційного навчання	0,8	1,6				
	Послуга передачі мови за допомогою програми <i>Skype</i>	0,8	0,8				
ВНО3	Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	225	900	845	7500	1392* 845= 1176240	1392* 7500= 10440000
	Послуга доступу до соціальних мереж	320	6000				
	Послуга покупки в інтернет магазині	300	600				

Таблиця 3.18

Результат обчислення пікового значення мультисервісного
навантаження для ВД С

ВНО _i	Послуги	V _{лді}		ΣV _{лді}		V ^A _{ВДі-ВНОі}	
		нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.
ВНО1	Послуга передачі сигналів телебачення стандартної чіткості (<i>Standard-Definition Television, SDTV 480i</i>)	1080	8192	1084,8	8196,8	600* 1084,8= 650880	600* 8196,8= 4918080
	Послуга Інтернет-радіо онлайн 128 Кбіт/с	4,8	4,8				
ВНО2	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube 360p</i>	270	900	324,1	954,9	600* 324,1= 194460	600* 954,9= 572940
	Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	53,3	53,3				
	Послуга дистанційного навчання	0,8	1,6				
ВНО3	Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	225	900	845	7500	600* 845= 507000	600* 7500= 4500000
	Послуга доступу до соціальних мереж	320	6000				
	Послуга покупки в інтернет магазині	300	600				

Таблиця 3.19

Результат обчислення пікового значення мультисервісного
навантаження для ВД D

ВНО _i	Послуги	V _{лді}		ΣV _{лді}		V ^A _{ВДі-ВНОі}	
		нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.
ВНО1	Послуга Інтернет-радіо онлайн 92 Кбіт/с	460	460	460	460	53* 460= 24380	53* 460= 24380
ВНО2	Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	53,3	53,3	53,3	53,3	53* 53,3= 2824,9	53* 53,3= 2824,9
ВНО3	Послуга передачі сигналів пожежної сигналізації	1,1	1,1	803,2	3666,2	53* 803,2= 42569,6	53* 3666,2= 192308,6

Продовження таблиці 3.19

	Послуга доступу до пірінгових мереж P2P (peer-to-peer)	512	2700				
	Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	225	900				
	Послуга передачі сигналів охоронної сигналізації	1,1	1,1				
	Послуга передачі промови на базі протоколу IP (IP-телефонія)	64	64				

Таблиця 3.20

Результат обчислення пікового значення мультисервісного навантаження для ВД Е

ВНО _i	Послуги	V _{лді}		ΣV _{лді}		V _{ВДі-ВНОі} ^A	
		нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.
ВНО1	–	–	–	–	–	–	–
ВНО2	Послуга відеоконференції на базі кодека HD	53,3	53,3	54,1	54,1	16* 54,1= 865,6	16* 54,1= 865,6
	Послуга передачі мови за допомогою програми Skype	0,8	0,8				
ВНО3	Послуга передачі сигналів пожежної сигналізації	1,1	1,1	320,9	996,7	16* 320,9= 5134,4	16* 996,7= 15947,2
	Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	225	900				
	Послуга передачі промови на базі протоколу IP (IP-телефонія)	64	64				
	Послуга тактильних відчуттів	30	30				
	Послуга дистанційного навчання	0,8	1,6				

Дисперсія мультисервісного навантаження ВД1 для класу А розраховується за наступною формулою:

$$D_{\text{нисх.}}^A = (V_{\text{ВДі-ВНОі}}^{\text{нисх.}})^2 \times (K_{\text{пач.}} - 1)$$

Розраховую дисперсію мультисервісного навантаження ВД1 для класу

А:

Таблиця 3.21

Результат обчислення дисперсії мультисервісного навантаження для

ВД А

ВНО _i	Послуги	V _{ВДi-ВНОi} ^А		К _{пач.}	D ^А	
		нисх.	висх.		нисх.	висх.
ВНО1	Послуга перегляду <i>IPTV (Internet Protocol Television)</i> надвисокої якості	65620,8	65620,8	1,77	3315688832	3315688832
	Послуга передачі сигналів телебачення високої чіткості <i>(High- Definition Television, HDTV 1080p)</i>					
ВНО2	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube 2160p</i>	21894,4	81932,8	1,77	369110858	5168997461
	Послуга дистанційного навчання					
	Послуга онлайн- ігор					
ВНО3	Послуга веб- серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	7000	60240	1,89	43610000	3229683264
	Послуга доступу до соціальних мереж					
	Послуга тактильних відчуттів					
	Послуга покупки в інтернет магазині					

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.440-03.1.5

Арк.

66

Таблиця 3.22

Результат обчислення дисперсії мультисервісного навантаження для ВД В

ВНО _i	Послуги	V _{ВДi-ВНОi} ^A		K _{пач.}	D ^A	
		нисх.	висх.		нисх.	висх.
ВНО1	–	–	–	–	–	–
ВНО2	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube</i> 1080p	2874341	14331615	1,77	6361613861	158154295151
	Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>					
	Послуга онлайн-ігор					
	Послуга дистанційного навчання					
	Послуга передачі мови за допомогою програми <i>Skype</i>					
ВНО3	Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	1176240	10440000	1,89	1231351078	97004304000
	Послуга доступу до соціальних мереж					
	Послуга покупки в інтернет магазині					

Таблиця 3.23

Результат обчислення дисперсії мультисервісного навантаження для ВД С

ВНО _i	Послуги	V _{ВДi-ВНОi} ^A		K _{пач.}	D ^A	
		нисх.	висх.		нисх.	висх.
ВНО1	Послуга передачі сигналів телебачення стандартної чіткості (<i>Standard-Definition Television, SDTV 480i</i>)	650880	4918080	1,77	3262064762	18624383385
	Послуга Інтернет-радіо онлайн 128 Кбіт/с					
ВНО2	Послуга доступу до відеохостингу <i>YouTube 360p</i>	194460	572940	1,77	291173125	2527603875
	Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>					
	Послуга дистанційного навчання					
ВНО3	Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)	507000	4500000	1,89	22877361000	180225000000
	Послуга доступу до соціальних мереж					
	Послуга покупки в інтернет магазині					

Таблиця 3.24

Результат обчислення дисперсії мультисервісного навантаження для

ВД D

ВНО _i	Послуги	V _{ВДi-ВНОi} ^A		K _{пач.}	D ^A	
		нисх.	висх.		нисх.	висх.
ВНО1	Послуга Інтернет-радіо онлайн 92 Кбіт/с	24380	24380	1,77	457675988	457675988

										Арк.
										68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.КІ.1.440-03.1.5					

Продовження таблиці 3.24

ВНО2	Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	2824,9	2824,9	1,77	6114646	6114646
ВНО3	Послуга передачі сигналів пожежної сигналізації	42569,6	192308,6	1,89	161283205	3291451189
	Послуга доступу до пірінгових мереж <i>P2P (peer-to-peer)</i>					
	Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)					
	Послуга передачі сигналів охоронної сигналізації					
	Послуга передачі промови на базі протоколу <i>IP (IP-телефонія)</i>					

Таблиця 3.25

Результат обчислення дисперсії мультисервісного навантаження для
ВДЕ

ВНО _i	Послуги	$V_{ВДі-ВНОі}^A$		$K_{пач.}$	D^A	
		нисх.	висх.		нисх.	висх.
ВНО1	–	–	–	–	–	–
ВНО2	Послуга відеоконференції на базі кодека <i>HD</i>	865,6	865,6	1,77	576933	576933
	Послуга передачі мови за допомогою програми <i>Skype</i>					
ВНО3	Послуга передачі сигналів пожежної сигналізації	5134,4	15947,2	1,89	23462236	226338737
	Послуга веб-серфінгу (перегляд гіпертекстових сторінок)					

	Послуга передачі промови на базі протоколу IP (IP-телефонія)					
	Послуга тактильних відчуттів					
	Послуга дистанційного навчання					

Визначення пікового значення мультисервісного навантаження:

$$V_{ВДі-ВНОі}^A \text{ пік}_{\text{нисх.}} = V_{ВДі-ВНОі}^A \text{ нисх.} + 2D_{\text{нисх.}}^A$$

Визначаю пікове значення мультисервісного навантаження для ВД1 для групи А:

Таблиця 3.26

Результат обчислення пікового значення мультисервісного навантаження для групи А

ВНО _і	$V_{ВД1-ВНОі}^A$		$\sqrt{D^A}$		$V_{ВД1-ВНОі}^A \text{ пік}$	
	нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.
ВНО1	65620,8	65620,8	57582,01	57582,01	180785	180785
ВНО2	21894,4	81932,8	19212,3	71896	60319	225725
ВНО3	7000	60240	6604	56830,3	20208	173901

Визначаю пікове значення мультисервісного навантаження для ВД1 для групи В:

Таблиця 3.27

Результат обчислення пікового значення мультисервісного навантаження для групи В

ВНО _і	$V_{ВД1-ВНОі}^A$		$\sqrt{D^A}$		$V_{ВД1-ВНОі}^A \text{ пік}$	
	нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.
ВНО1	–	–	–	–	–	–
ВНО2	2874341	14331615	2522224	12575941,1	7918789	19376063
ВНО3	1176240	10440000	1109663	9849076,3	3395566	30138153

Визначаю пікове значення мультисервісного навантаження для ВД1 для групи С:

Таблиця 3.28

Результат обчислення пікового значення мультисервісного навантаження для групи С

ВНО _і	$V_{ВД1-ВНОі}^A$		$\sqrt{D^A}$		$V_{ВД1-ВНОі}^A$ пік	
	нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.
ВНО1	650880	4918080	571145	1364712	1793170	7647504
ВНО2	194460	572940	170638	502753	535736	1578446
ВНО3	507000	4500000	478303	4245292	1463606	12990584

Визначаю пікове значення мультисервісного навантаження для ВД1 для групи D:

Таблиця 3.29

Результат обчислення пікового значення мультисервісного навантаження для групи D

ВНО _і	$V_{ВД1-ВНОі}^A$		$\sqrt{D^A}$		$V_{ВД1-ВНОі}^A$ пік	
	нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.
ВНО1	24380	24380	21393,3	21393,3	67167	67167
ВНО2	2824,9	2824,9	2473	2473	7771	7771
ВНО3	42569,6	192308,6	40160	181424	122890	555157

Визначаю пікове значення мультисервісного навантаження для ВД1 для групи E:

Таблиця 3.30

Результат обчислення пікового значення мультисервісного навантаження для групи E

ВНО _і	$V_{ВД1-ВНОі}^A$		$\sqrt{D^A}$		$V_{ВД1-ВНОі}^A$ пік	
	нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.
ВНО1	–	–	–	–	–	–
ВНО2	865,6	865,6	760	760	2386	2386
ВНО3	5134,4	15947,2	4844	15045	14823	46038

Сумарна пропускна спроможність тракту між ВД та ВНО розраховується за наступною формулою:

$$W_{\text{трактуВД1-ВНОi}} = V_{\text{ВДi-ВНОi}}^{\text{нисх.}} + V_{\text{ВДi-ВНОi}}^{\text{висх.}} + D_{\text{висх.}} + D_{\text{нисх.}} + V_{\text{ВДi-ВНОi}}^{\text{пiкнисх.}} + V_{\text{ВДi-ВНОi}}^{\text{пiквисх.}} \quad (3.11)$$

Таблиця 3.31

Результат обчислення сумарної пропускної спроможності тракту між ВД1 та ВНОi для групи А

ВНОi	$V_{\text{ВДА-ВНОi}}^{\text{A}}$		$\sqrt{D^{\text{A}}}$		$V_{\text{ВД1-ВНОi}}^{\text{A}} \text{ пiк}$		$W_{\text{тракту}} \text{ ВДА-ВНО3 (МБiт/с)}$
	нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.	
ВНО1	65620,8	65620,8	57582,01	57582,01	180785	180785	6079
ВНО2	21894,4	81932,8	19212,3	71896	60319	225725	4809
ВНО3	7000	60240	6604	56 830,3	20208	173901	3247

Таблиця 3.32

Результат обчислення сумарної пропускної спроможності тракту між ВД1 та ВНОi для групи В

ВНОi	$V_{\text{ВДА-ВНОi}}^{\text{A}}$		$\sqrt{D^{\text{A}}}$		$V_{\text{ВД1-ВНОi}}^{\text{A}} \text{ пiк}$		$W_{\text{тракту}} \text{ ВДА-ВНО3 (МБiт/с)}$
	нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.	
ВНО1	—	—	—	—	—	—	—
ВНО2	2874341	14331615	2522224	12575941,1	7918789	19376063	59598
ВНО3	1176240	10440000	1109663	9849076,3	3395566	30138153	56108

Таблиця 3.33

Результат обчислення сумарної пропускної спроможності тракту між ВД1 та ВНОi для групи С

ВНОi	$V_{\text{ВДА-ВНОi}}^{\text{A}}$		$\sqrt{D^{\text{A}}}$		$V_{\text{ВД1-ВНОi}}^{\text{A}} \text{ пiк}$		$W_{\text{тракту}} \text{ ВДА-ВНО3 (МБiт/с)}$
	нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.	
ВНО1	650880	4918080	571145	1364712	1793170	7647504	16945
ВНО2	194460	572940	170638	502753	535736	1578446	35549
ВНО3	507000	4500000	478303	4245292	1463606	12990584	24184

Таблиця 3.34

Результат обчислення сумарної пропускної спроможності тракту між
ВД1 та ВНОі для групи D

ВНО _і	$V_{ВДА-ВНОі}^A$		$\sqrt{D^A}$		$V_{ВД1-ВНОі}^A$ пік		$W_{\text{тракту}}$ ВДА-ВНО3 (МБіт/с)
	нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.	
ВНО1	24380	24380	21393,3	21393,3	67167	67167	22588
ВНО2	2824,9	2824,9	2473	2473	7771	7771	26138
ВНО3	42569,6	192308,6	40160	181424	122890	555157	11345

Таблиця 3.35

Результат обчислення сумарної пропускної спроможності тракту між
ВД1 та ВНОі для групи E

ВНО _і	$V_{ВДА-ВНОі}^A$		$\sqrt{D^A}$		$V_{ВД1-ВНОі}^A$ пік		$W_{\text{тракту}}$ ВДА-ВНО3 (МБіт/с)
	нисх.	висх.	нисх.	висх.	нисх.	висх.	
ВНО1	–	–	–	–	–	–	–
ВНО2	865,6	865,6	760	760	2386	2386	8024
ВНО3	5134,4	15947,2	4844	15045	14823	46038	10183

Висновок: отримані значення пропускної спроможності детально аналізуються та враховуються при виборі оптимального обладнання для створення мережі доступу. Це означає, що в процесі планування імплементації мережі будуть враховані конкретні значення пропускної спроможності, що дозволить визначити оптимальну конфігурацію мережі, забезпечуючи при цьому необхідну швидкість передачі даних.

РОЗДІЛ 4

СТВОРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ *PON*

4.1 Аналіз загальних характеристик технології *PON*

На ринку інформаційних мереж, що стрімко розвивається, ризиковано приймати як поспішні рішення, так і чекати появи нових більш досконалих технологій. З урахуванням заданих критеріїв, найбільш оптимальною і перспективною являється технологія пасивних оптичних мереж (*PON*) (*passive optical network*).

Розподільча мережа доступу *PON*, яка базується на деревоподібній волоконній кабельній архітектурі з пасивних оптичних розгалужувачів на вузлах, являється найбільш економічним способом для забезпечення широкосмужової передачі різних прикладних пакетів даних.

При цьому архітектура *PON* має високий потенціал для збільшення як вузлів мережі, так і пропускної здатності в залежності від потреб споживачів.

Будівництво мереж доступу на даний час головним чином розвивається по чотирьох основних напрямках:

- мережі на основі існуючих мідних телефонних пар і технологія *xDSL*;
- гібридні волоконно-коаксіальні мережі;
- бездротові мережі;
- волоконно-оптичні мережі.

Іншими словами *PON* - повністю пасивна мережа, активне обладнання знаходиться тільки на вузлах зв'язку оператора і тільки у абонентів. Весь тракт передачі є повністю пасивним, тобто в ньому відсутні елементи, що споживають електричну енергію.

Оптичний приймач - це пристрій, що використовується в оптичних мережах для конвертації оптичного сигналу в електричний. Він приймає оптичний сигнал, що передається через волоконно-оптичний кабель, і конвертує його у вигляді електричного сигналу для подальшої обробки.

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оптичні приймачі мають велике значення в PON мережах, де вони використовуються для прийому сигналів від кінцевих користувачів. Оптичні приймачі можуть бути вбудовані в різні пристрої, такі як оптичні модеми, конвертери медіа, маршрутизатори.

Оптичні приймачі приймають сигнал від оптичного кабелю та перетворюють його у сигнал для користувача. Вони підключені до підписника і приймають сигнал від оптичного кабелю, який передається через оптичний розгалужувач. Потім сигнал конвертується в електричний сигнал, який передається до підписника через роз'єм *Ethernet*.

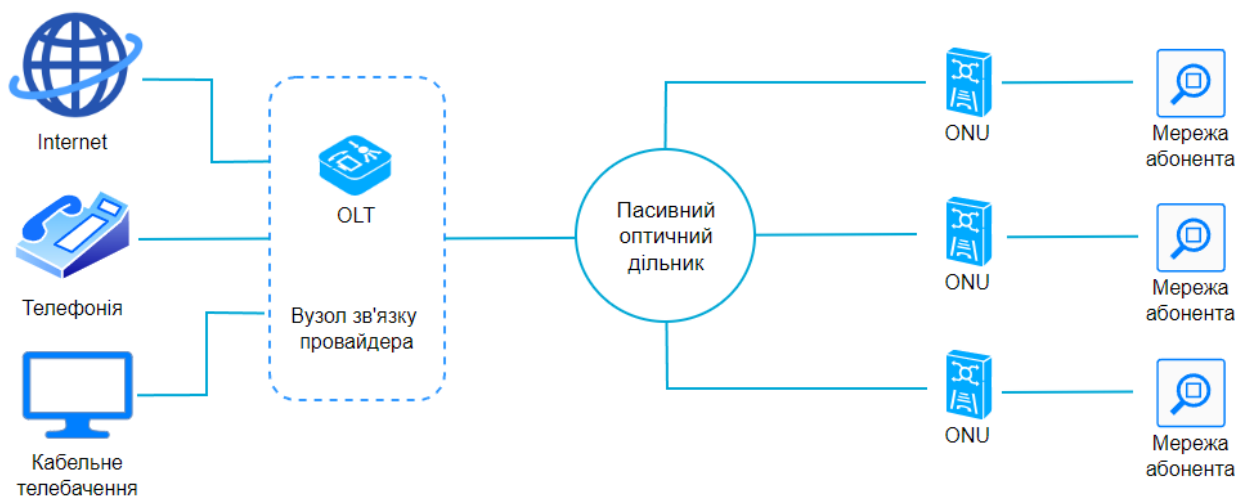


Рисунок 4.1 - Технологія побудови пасивної оптичної мережі (PON)

Оптичний лінійний термінал (*OLT*) забезпечує зв'язок між центральним офісом та підключеними абонентами. Він здійснює функцію контролю та регулювання потоку даних на мережі, а також розділяє сигнал між різними абонентами. Оптичні мережеві термінали (*ONT*) підключаються до оптичного волокна, що розділилося від *OLT*, та забезпечують підключення до мережі доступу для кінцевих користувачів.

При проектуванні мережі PON необхідно визначити такі параметри, як кількість користувачів, що підключаються до мережі, швидкість передачі даних, типи пристроїв, що використовуються в мережі, та дальність передачі даних. При цьому слід враховувати вимоги до якості обслуговування (QoS) та безпеки мережі. Проектування мережі PON також передбачає вибір технології, що використовується в мережі, та обладнання, яке буде встановлено на

станціях та інших вузлах мережі. Необхідно визначити оптимальну топологію мережі та розташування обслуговуючого обладнання.

Для проектування мережі *PON* необхідно виконати такі етапи:

Першим етапом проектування мережі *PON* є вибір місця для розташування центрального офісу, де буде розміщений оптичний лінійний термінал (*OLT*). Оптимальне місце розташування центрального офісу має бути доступним для підключення до інтернету та мережі зв'язку, а також мати достатньо місця для розміщення обладнання та працівників.

Другим етапом проектування є визначення зон покриття та кількості абонентів, які будуть підключені до мережі. Зони покриття повинні бути оптимально розташовані для забезпечення максимального покриття з мінімальним використанням оптичних волокон та обладнання. Кількість абонентів, які можуть бути підключені до мережі, залежить від обсягу доступної пропускної здатності. Для визначення потреби у пропускній здатності варто розглянути попит на послуги та можливість розширення мережі у майбутньому.

Третім етапом проектування є вибір оптимального типу оптичного волокна для мережі. Для мережі *PON* використовуються оптичні волокна з одномодовим волокном, оскільки вони мають більшу пропускну здатність та меншу затримку сигналу, що дозволяє передавати більше даних на великі відстані з меншою втратою сигналу. Одномодове волокно має діаметр, який дозволяє передавати тільки один мод, або хвильовий пакет, через волокно. Це забезпечує кращу якість передачі даних та менші втрати сигналу порівняно з оптичними волокнами з багатомодовим волокном.

Четвертим етапом проектування є визначення кінцевих точок, де будуть розміщені оптичні мережеві термінали (*ONT*). Вони можуть бути розміщені в приміщеннях або на вулиці, залежно від потреб користувачів та вимог безпеки. Крім того, під час проектування має бути враховано можливість розширення мережі та встановлення додаткових *ONT* у майбутньому.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

П'ятим етапом проєктування є вибір обладнання, необхідного для побудови мережі *PON*. Оптичний лінійний термінал (*OLT*) та оптичні мережеві термінали (*ONT*) повинні відповідати стандартам, що забезпечують високу якість передачі даних та надійність мережі.

Шостим етапом проєктування є вибір програмного забезпечення для управління та моніторингу мережі *PON*. Для забезпечення ефективного управління та контролю за мережею можна використовувати спеціальне програмне забезпечення, наприклад, *OLT* управлінням програмне забезпечення, яке дозволяє здійснювати налаштування, моніторування та діагностику мережі. Таке програмне забезпечення дозволяє операторам мережі моніторити стан підключених *ONT*, налаштовувати різноманітні параметри мережі, виконувати діагностику проблем та вирішувати їх.

Після проєктування мережі *PON* необхідно провести її налагодження та тестування. Для цього використовуються спеціальні пристрої та програмне забезпечення, які дозволяють перевірити якість та ефективність мережі перед її введенням в експлуатацію.

Для забезпечення безпеки мережі *PON* можна використовувати різноманітні заходи, наприклад, шифрування даних, аутентифікацію користувачів, контроль доступу до мережі та інші. Крім того, необхідно забезпечити резервне копіювання даних, щоб забезпечити безперебійну роботу мережі у разі виникнення проблем.

У процесі проєктування мережі *PON*, необхідно враховувати вимоги користувачів та їх потреби в швидкості передачі даних, а також вартість будівництва та експлуатації мережі. *PON* може бути більш вигідною альтернативою для великих міст, де висока концентрація користувачів дозволяє використовувати пропускну здатність мережі більш ефективно.

Узагальнюючи, проєктування мережі доступу на базі технології *PON* - це складний технічний процес, що вимагає детального аналізу потреб користувачів, вибору оптимальних технічних рішень та забезпечення

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безперебійної роботи мережі з використанням сучасного обладнання та програмного забезпечення.

4.2 Порівняльна характеристика різних стандартів технології *PON*

Починаючи з 1995 року робота над волоконно-оптичними кабелями для домашніх мереж, виконується робочою групою мережою повного доступу до послуг (*Full Service Access Network – FSAN*), сформованою з розробників великих постачальників телекомунікаційних послуг і систем.

Міжнародний союз електрозв'язку (*International Telecommunication Union – ITU*) проробив велику роботу для подальшого розвитку та стандартизував два покоління *PON*. Старіший стандарт *ITU-T G.983* був заснований на асинхронному режимі передачі (*Asynchronous Transfer Mode – ATM*) і тому називався *APON (ATM PON)*. Подальші покращення вихідного стандарту *APON*, а також поступове зниження популярності *ATM*, як протоколу призвели до того, що повну, остаточну версію *ITU-T G.983* стали частіше називати широкосмуговим *PON* або *BPON*.

При наступному жвавому розвитку трафіку на основі мереж *Internet* та *Internet* системи *BPON* на основі *ATM*, виявилися неефективними, оскільки більша частина трафіку через мережу доступу складалася з *IP*-трафіку змінної довжини. Це послужило каталізатором для розвитку технології *PON (EPON)* тільки для *Ethernet*, використовуючи переваги технології *Gigabit Ethernet (GbE)* з визначенням параметрів *QOS*, стандартами (*VLAN, OAM*), що розвиваються, і економічною інтеграцією в *Ethernet*-обладнання. Розробка стандарту гігабітної пасивної оптичної мережі (*Gigabit Passive Optical Network – GPON*) почалася після того, як пропозиції компаній групи *FSAN (Quantum Bridge et.al)* для об'єднаного рішення *Gigabit ATM* і *Ethernet PON* не отримали підтримки з боку робочих груп *IEEE 802.3ah* і було вирішено продовжити цю роботу у *ITU*.

З боку вузла зв'язку оператора встановлюється лінійний термінал (*OLT*), з боку абонентів використовують мережні термінали (*ONT/ONU*).

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ONT використовуються для підключення єдиного абонента, *ONU* для більшої кількості. Максимальна кількість мережевих терміналів, які можна підключити до оптичного «дерева», обмежена різними причинами, але головна з них згасання сигналу, який вносять відгалужувачі та дільники.

Технології *EPON* та *GPON* значною мірою засновані на *G.983*, стандарті *GPON*, з точки зору загальної концепції (робота *PON*, структура *ODN*, план довжин хвиль та обсяг). Крім того, обидві технології призначені для кращої адаптації *IP*-кадрів змінної довжини до гігабітної пропускної спроможності лінії.

Органи стандартизації *IEEE* та *ITU-I* працювали над стандартизацією технології *PON* протягом останніх п'ятнадцяти років. Технології *EPON* та *10GEPON* охоплюються останніми затвердженими стандартами *IEEE*, а технологія *GPON* – останнім затвердженим стандартом *ITU-I*. За час існування консорціуму було створено певну кількість стандартів технологій побудови пасивних мереж на основі волоконно-оптичного кабелю найбільш поширеними з них є технології *APON/BPON*, *EPON*, *GPON*, *10GEPON* та *NG-PON2*.

На малюнку 1 показано ключові історичні етапи розвитку:

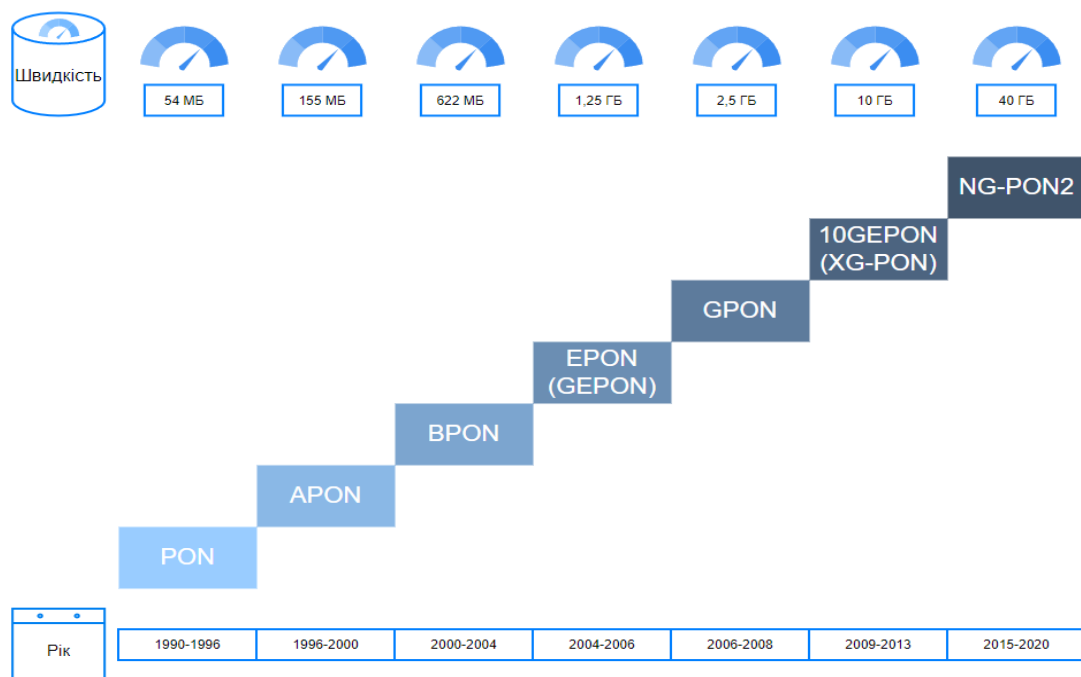


Рисунок 4.2 - Еволюція пасивної оптичної мережі (*PON*)

Технологія APON

APON (ATM PON) — це перший стандарт *PON*. Наприкінці 1990-х років *ITU* (Міжнародний союз електрозв'язку) вперше запропонував *APON*, який використовує асинхронний режим передачі (*ATM*) для пакетного зв'язку. *APON* використовує централізоване та статистичне мультиплексування *ATM* у поєднанні з функцією спільного використання пасивного діляника на оптичному волокні та терміналу оптичної лінії, що знижує вартість на 20–40% порівняно з традиційною системою доступу *PDH/SDH* на основі схеми перемикачів. Висхідний потік (від користувача до вузла інформаційної мережі) передавався на довжині хвилі 1310 нм, швидкість передавання інформаційного потоку 155 Мбіт/с. Низхідний потік (від вузла мережі до користувача) передавався на довжині хвилі 1550 нм зі швидкістю передавання 155 Мбіт/с. Технологія описувалась в першій версії рекомендації *ITU G.983.1* від 1998 року.

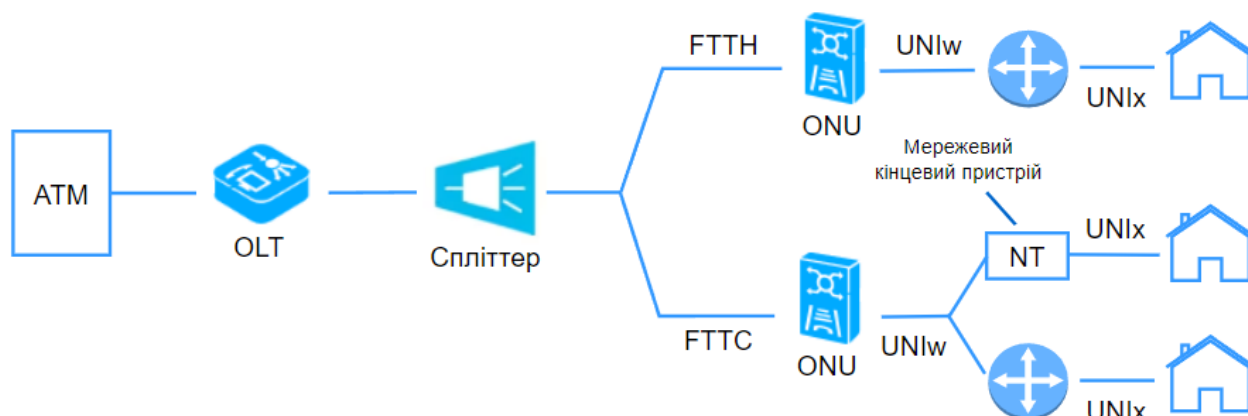


Рисунок 4.3 – Мережа *APON* надає послуги передачі телевізійних сигналів

Додатковий апаратний захист, описаний на малюнку 6, який представляє введення апаратні модулі на житловому майданчику та *OLT* забезпечать захист мережі доступу *ATM PON* і забезпечують переваги швидкого шифрування та дешифрування. Впровадження апаратного забезпечення безпеки модулі завжди мають на увазі негнучкість, залежність від виробника/постачальника апаратний модуль, нездатність безпечно спілкуватися з іншими користувачами або не входить до складу однаковий модуль, недовіра до апаратного зберігання ключів тощо.

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологія *BPON*

З швидким розвитком технології *Ethernet APON* переважно більше не використовується. У цей час було запропоновано концепцію широкосмужової пасивної оптичної мережі *BPON (Broadband PON)*. *BPON* є вдосконаленням стандарту *APON*, спочатку відомого як *APON*, але пізніше зміненого на *BPON* для інших цілей. Сучасна версія рекомендації *ITU G.983.1* від 2005 року описує технологію *BPON*. Як транспортний протокол використовується технологія *ATM*. У той же час він додає динамічний розподіл смуги пропускання, захист та інші функції, а також може надавати доступ до *Ethernet*, відео, високошвидкісні орендовані лінії та інші послуги.

На рис. 4.4 показана схема мережі *BPON*, у якій крім трафіку *ATM* передаються також аналогові та цифрові (*DVB-C*) телевізійні сигнали.

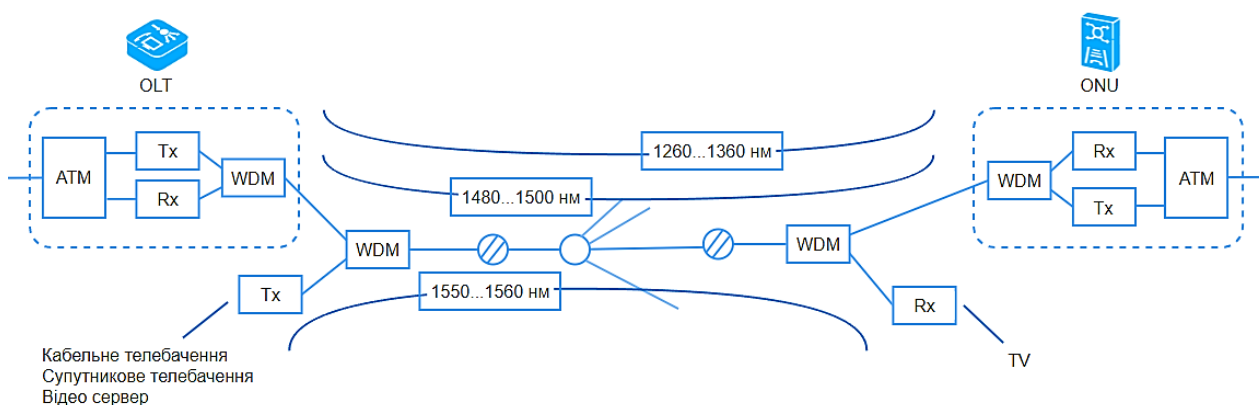


Рисунок 4.4 – Мережа *BPON* надає послуги передачі телевізійних сигналів

Технологія *EPON*

Через високу вартість розгортання *BPON*, згодом його замінили більш економічним і швидким *EPON*. *EPON (Ethernet PON)* є пасивною оптичною мережею *Ethernet*. Технологія *EPON PON*, заснована на *Ethernet*, поєднує переваги технології *PON* і технологія *Ethernet* використовує структуру «точка-багато точок», пасивну оптоволоконну передачу та надає різні послуги в мережі *Ethernet*. Оскільки *EPON* є економічною та ефективною у розгортанні, це найбільш ефективний спосіб створення «трьох мереж в одній» та комунікації «останньої милі».

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

В даний час він широко застосовується в архітектурі *FTTP* (fiber to the premises) або *FTTH* (fiber to the home) для обслуговування кількох користувачів. Завдяки таким перевагам, як масштабованість, простота, зручність багатоадресної передачі та можливість надання повного доступу до послуг, багато регіонів Азії використовують *EPON* для своїх мереж.

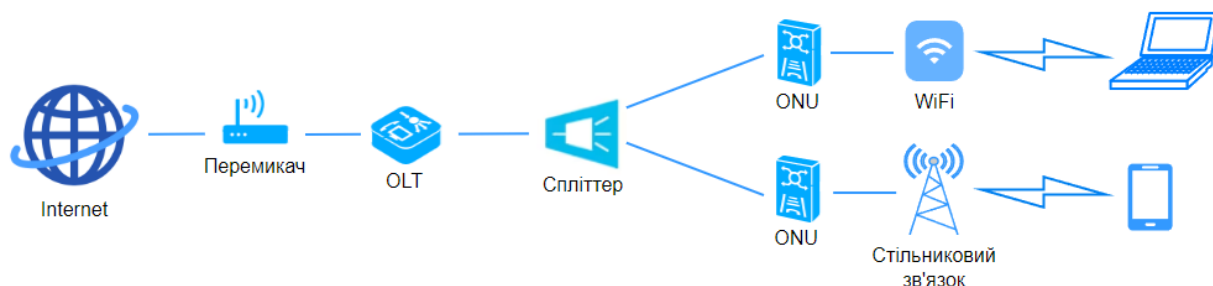


Рисунок 4.5 – Архітектура пасивної оптичної мережі *EPON*

Технологія *GPON*

GPON (Gigabit-Capable PON) – це гігабітна пасивна оптична мережа. Переваги у високій швидкості та безлічі послуг порівняно з *EPON*, технологія *GPON* складніша і її вартість вища, ніж у *EPON*. Тому в даний час *EPON* і *GPON* є технологіями, що найбільш широко використовуються для широкосмугового доступу *PON*, і вибір, яких технологія більше залежить від вартості доступу по оптичному волокну і бізнес-вимог. *GPON* буде краще підходити для клієнтів з високою пропускнуою здатністю, мультисервісністю, вимогами *QoS* та безпеки, а також технологією *ATM* як основу. Майбутній розвиток, наприклад, більш висока пропускна спроможність.

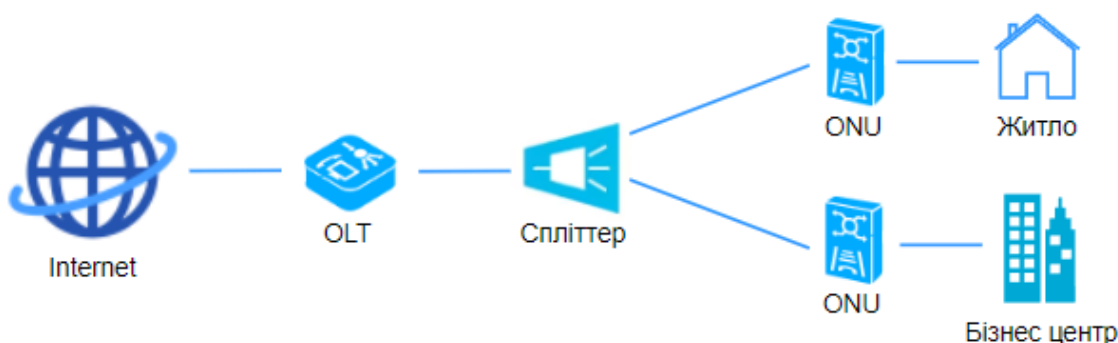


Рисунок 4.6 – Архітектура пасивної оптичної мережі *GPON*

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Технологія 10GEPON

Пасивна оптична мережа 10 Гбіт/с (10GEPON) – це рішення наступного покоління, наступне за гігабітною пасивною оптичною мережею (GPON) поточного покоління (ITU-T G.984) та пасивною оптичною мережею Ethernet (EPON) (IEEE 802). в основному пропонуючи більш високу пропускну здатність та додаткові функції. Як і його попередники, 10GEPON дозволить кільком користувачам спільно використовувати пропускну спроможність у рамках пасивної волоконно-оптичної «деревоподібної» інфраструктури, де волокна для окремих користувачів розгалужуються від одного волокна, що йде до мережного вузла. І GPON, і 10GEPON можуть надавати послуги до 128 ONU. 10GEPON може надавати послуги для 128 користувачів для кожної PON та використовувати подовжувачі/підсилювачі для надання більшої кількості послуг.

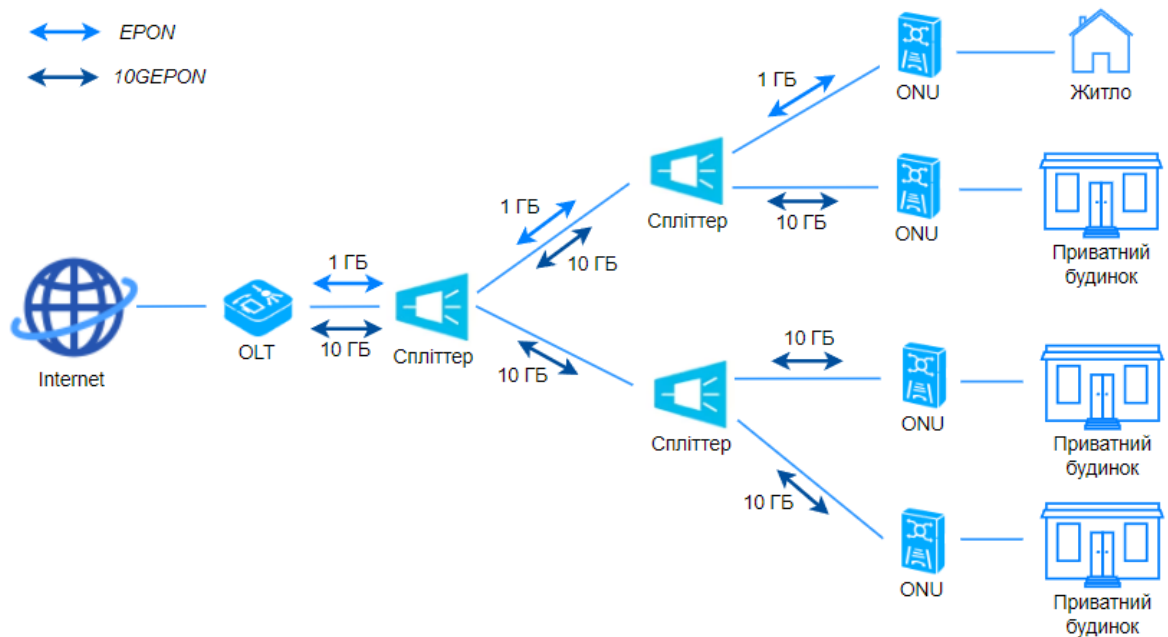


Рисунок 4.7 – Співіснування EPON і 10GEPON

Технологія NG-PON2

Стандарт NG-PON2 – дозволяє об'єднувати мережі з кількома службами в один ODN (Optical Distribution Network). Це призводить до значного зниження сукупної вартості володіння, водночас дозволяючи впроваджувати нові ефективні архітектури, глибоко адаптовані до нових потреб абонентів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Зв'язування каналів дає можливість використовувати кілька довжин хвиль, що підтримуються *ODN*, для збільшення пропускної здатності *ONU*. Наприклад, якщо бізнес-службі потрібно забезпечити справжню пропускну спроможність 10 Гбіт/с, постачальнику послуг потрібно надати більше 10G для досягнення необхідної пропускної спроможності. Це можна досягти шляхом доставки двох довжин хвиль до одного *ONU*.

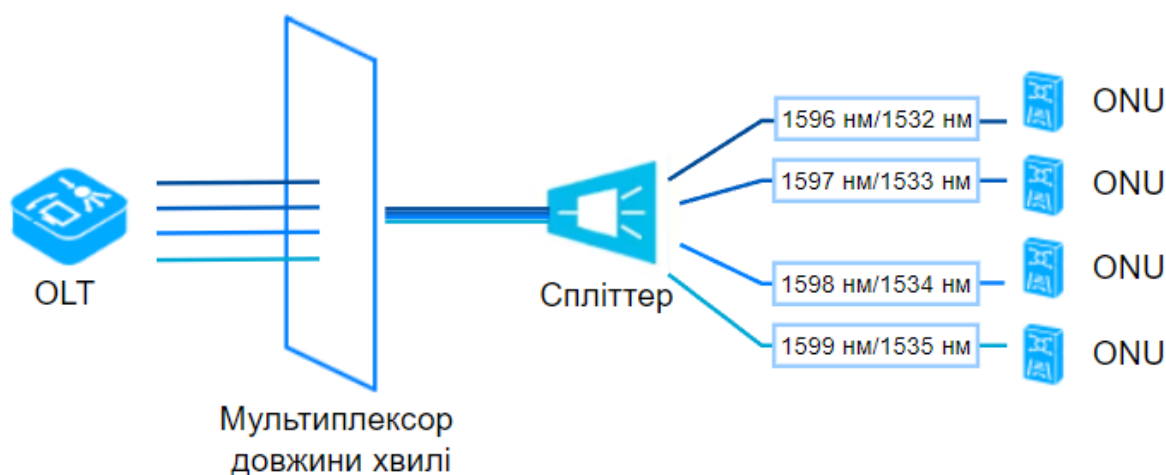


Рисунок 4.8 – Система *NG-PON2*

Проаналізувавши різні побудови технології *PON*, я привела та сформувала результати основних відмінностей у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Порівняльний аналіз основних стандартів мережі *PON*

Характеристики	Технологія				
	<i>APON/BPON</i>	<i>EPON</i>	<i>GPON</i>	<i>10GEPON</i>	<i>NG-PON2</i>
Стандарт	<i>ITU-T G.983</i>	<i>IEEE 802.3 ah</i>	<i>ITU-T G.984</i>	<i>IEEE 802.3av, ITU-T G.987</i>	<i>ITU G.989</i>
Дата прийняття стандарту	Жовтень 1998	Липень 2004	Жовтень 2003	Вересень 2009	Лютий 2015
Максимальна швидкість спадного потоку даних	622 Мбіт/с	1,2 Гбіт/с	2,4 Гбіт/с	9,95 Гбіт/с	9,95 Гбіт/с
Максимальна швидкість висхідного потоку даних	155/622 Мбіт/с	1,2 Гбіт/с	1,2 Гбіт/с	2,4 Гбіт/с	2,4 Гбіт/с
Довжина хвилі спадних даних	1490 нм та 1550 нм	1550 нм	1490 нм та 1550 нм	1490 нм та 1550 нм	1575 нм та 1600 нм

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КРБ.КІ.1.440-03.1.5

Арк.

84

Продовження таблиці 4.1

Максимальних радіус мережі	20 км		60 км	100 км	100 км
Максимальна місткість гілки	32		256	256	256
Тип даних	<i>ATM</i>	<i>Ethernet</i>	<i>ATM, Ethernet</i>	<i>Ethernet</i>	<i>Ethernet</i>
Можливість IP-фрагментації	Забезпечено	Немає	Забезпечено	Забезпечено	Забезпечено
Порівняльна вартість обладнання	Низька	Середня	Вище середньої	Висока	Висока

4.3 Вибір обладнання *PON*

Для синтезу функціональної схеми, я обрала обладнання *PON* фірми *BDCOM*, яке включає в себе весь перелік необхідного обладнання, яке потрібно для реалізації функціональної схеми *PON*, а саме:

- 1) Комутатор 3-го рівня *BDCOM S3928GX-E*. Встановлюється на ВНП для підключення визначених ВД. Використовується на рівні транспортного сегменту.
 - 2) Оптичний лінійний термінал (*OLT*) в якості ВД.
 - 3) Абонентський термінал (*ONU*) в якості точки підключення (ТП).
 - 4) Спліттер.
 - 5) Оптичний кабель.
 - 6) *PON*-бокси.
2. Характеристика комутатора 3-го рівня.

В результаті аналізу обладнання *BDCOM* було обрано *L3* комутатор *BDCOM S3928GX-E*.

Цей комутатор оснащений 20 портами *SFP 1000 BaseX*, 48 портами *10/100/1000 BaseT* і 4 портами *10G SFP+*, блок живлення *AC 220V* з можливістю гарячої заміни. Має можливість встановлення у стандартну 19-ти дюймову стійку (*1U*). Він може використовуватися в мережах операторів зв'язку і промислових мережах.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2

Характеристики комутатора BDCOM S3928GX-E

Інтерфейси	20x1000 Base-SFP; 4x combo 10/100/1000BASE-T/ 100 BASE-T /1000BASE-STP
Слоти розширення	2x 2x10GBASE-XFP
Консольний порт	PJ-45
Комутаційна фабрика	128 Gbps
Швидкість обслуговування пакетів	95,24 Мбайт/с
Пам'ять	128 Мбайт
Живлення	AC: 100 V-240V, DC: -36V — -72V

Для секторів *A, D, E* був обран оптичний лінійний термінал (*OLT*) – *BDCOM P3310-2AC*. Він являє собою *OLT* з 4-ма портами *PON* (один порт консолі, потім один зовнішній порт 10/100М, плюс 4-ри стаціонарних *PON* порту (виключаючи *OLT SFP*-модуль), плюс 2 гігабітні комбо-порти, плюс - 2 гігабітні оптичні *SFP* порти, плюс 2 гігабітні електро-порти, так ж є джерело живлення змінного струму 90-264В, 2 джерела живлення і 19-дюймовий корпус для установки в стійку).

Таблиця 4.3

Характеристики оптичного лінійного терміналу – BDCOM P3310-2AC

Інтерфейси	6 GE порта (2 gigabit RJ45, 2 combo, 2 SFP 1000base-FX), 4 GE PON
Консольний порт	RS-232
Стандарти	IEEE 802.3ah
Швидкість портів <i>PON</i>	1,25 Гбіт/с
Кількість портів <i>PON</i>	4
Сумарна кількість <i>EPON</i> портів	256
Об'єм оперативної пам'яті	256 Мбайт DDR3
Електроживлення	Мережа змінного живлення: 90-264В
Пропускна здатність	128 Гбіт/с

Для сектору В був обраний оптичний лінійний термінал – *BDCOM P3612-AC/DC-2TE*. Він являє собою *OLT* обладнання з шістнадцятьма *PON*-портами (шістнадцять стаціонарних *PON+*; чотири комбо гігабітних, наявне джерело живлення зі зміним струмом 90-264 В, 19- дюймовий корпус для виконання монтажу в стійку і джерело енергоживлення). Я умовно розділила цей *OLT* на два, щоб не брати *Top-level*.

Таблиця 4.4

Характеристики оптичного лінійного терміналу – *BDCOM P3612-AC/DC-2TE*

Інтерфейси	PON: 16 4 порти <i>GE SFP</i> 4 порти <i>GE COMBO</i> 10GE: 2 (опціонально)
Консольний порт	<i>RS-232</i>
Стандарти	<i>IEEE 802.3ah</i> <i>IEEE 802.1w</i> <i>IEEE 802.1ad</i>
Швидкість портів <i>PON</i>	1,25 Гбіт/с
Кількість портів <i>PON</i>	16
Сумарна кількість <i>EPON</i> портів	1024
Об'єм оперативної пам'яті	256 Мбайт <i>DDR3</i>
Електроживлення	Мережа змінного живлення: 90-264В
Пропускна здатність	128 Гбіт/с

Для сектору С був обраний оптичний лінійний термінал – *BDCOM P3612-AC/DC*. Він являє собою *OLT* обладнання з дванадцятьма *PON*-портами (дванадцять стаціонарних *PON+*; чотири комбо гігабітних, наявне джерело живлення зі зміним струмом 90-264 В, 19- дюймовий корпус для виконання монтажу в стійку і джерело енергоживлення).

Характеристики оптичного лінійного терміналу – BDCOM P3612-
AC/DC

Інтерфейси	PON: 12 4 порти <i>GE SFP</i> 4 порти <i>GE COMBO</i>
Консольний порт	<i>RS-232</i>
Стандарти	<i>IEEE 802.3ah</i> <i>IEEE 802.1w</i> <i>IEEE 802.1ad</i>
Швидкість портів PON	<i>1,25 Гбіт/с</i>
Кількість портів PON	<i>12</i>
Сумарна кількість EPON портів	<i>768</i>
Об'єм оперативної пам'яті	<i>256 Мбайт DDR3</i>
Електроживлення	<i>Мережа змінного живлення: 90-264В</i>
Пропускна здатність	<i>128 Гбіт/с</i>

3. Абонентський термінал (*ONU*) в якості точки підключення (ТП).

За кількістю ТП в секторах, можемо розрахувати кількість потрібних абонентських терміналів (*ONU*):

1. Для сектора «А» – 11;
2. Для сектору «В» – 1457;
3. Для сектору «С» – 718;
4. Для сектору «D» – 65;
5. Для сектору «E» – 20.

Абонентським терміналом (*ONU*) для секторів *A, D, E*, був обраний *BDCOM GP1501DT*. Він має один порт *Gigabit Ethernet (RJ-45)* для підключення обладнання абонента і оптичний порт (розетка *SC/UPC*) для підключення до пасивної оптичної мережі. До його переваг можна віднести: симетричну швидкість передачі 1 Гбіт/с в *PON*, ефективне використання смуги пропускання. Можливість використання в гібридних мережах. Підтримка *DBA* і *SLA*.

Таблиця 4.6

Характеристики терміналу – BDCOM GP1501DT

Інтерфейси	1x10/100/1000 Мбіт/с <i>RJ-45</i>
Оптичний порт	<i>SC/PC</i>
Стандарти	<i>IEEE 802.1d</i> <i>IEEE 802.1q</i> <i>IEEE 802.1w</i>
Швидкість портів <i>PON</i>	1,25-2,5 Гбіт/с
Об'єм оперативної пам'яті	256 Мбайт <i>DDR3</i>
Електроживлення	Зовнішнє джерело живлення, 12 В, 0.5 А

Для секторів *B, C*, був обраний абонентський термінал – *BDCOM GP1702-4G*. Висока пропускна здатність: підтримка симетричної швидкості передачі *PON* із висхідною/низхідною швидкістю 2,5 Гбіт/с. / 1,25 Гбіт/с. *ONU* має чотири порти *Gigabit Ethernet* (розетка *RJ-45*) для підключення обладнання абонента та оптичний порт (розетка *SC/PC*) для підключення до пасивної оптичної мережі.

Таблиця 4.7

Характеристики терміналу – BDCOM GP1702-4G

Інтерфейси	4x10/100/1000 Мбіт/с <i>RJ-45</i>
Оптичний порт	<i>SC/PC</i>
Стандарти	<i>IEEE 802.1d</i> <i>IEEE 802.1q</i>
Швидкість портів <i>PON</i>	1,25-2,5 Гбіт/с
Об'єм оперативної пам'яті	256 Мбайт <i>DDR3</i>
Електроживлення	Зовнішнє джерело живлення, 12 В, 0.5 А

Оптичні планарні (*PLC*) спліттери *SNR-PLC-SC/APC*:

- 1x2 (13шт) – згасання становить 4,3 *dB*;
- 1x3 (2шт) – згасання становить 6,2 *dB*;
- 1x6 (2шт) – згасання становить 9,5 *dB*;
- 1x8 (2шт) – згасання становить 10,7 *dB*;
- 1x16 (1шт) – згасання становить 13,9 *dB*;
- 1x24 (1шт) – згасання становить 16,0 *dB*.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Я обрала такий тип сплітерів, тому, що він має широкосмуговість по довжині хвилі, що дозволяє передавати сигнал не на конкретній довжині хвилі, як наприклад на *FBT* спліттері, а на будь-якій в діапазоні від 1260 до 1650 нм.

Таблиця 4.8

Згасання планарних сплітерів

Дільник	Згасання (dB)
1x2	4.3
1x3	6.2
1x6	9.5
1x8	10.7
1x16	13.9
1x24	16.0

Таблиця 4.9

Згасання зварювальних сплітерів

Дільник	Згасання на довжині хвилі 1260 нм, dB	Згасання на довжині хвилі 1650 нм, dB
50/50	3.17/3.19	3.12/3.17
40/60	4.01/2.34	3.92/2.32
35/65	4.56/1.93	4.69/1.96
30/70	5.39/1.56	5.53/1.57
10/90	10.08/0.49	10.21/0.60
5/95	13.7/0.32	12.83/0.35

Для реалізації лінії доступу обрала такі категорії кабелю:

- На магістральній ділянці ми будемо використовувати кабель діелектричний, одномодульний ОЦПс-4А1(1x4)-1,0 з кількістю волокна – 4.
- На розподільчій ділянці ми будемо використовувати кабель ОКТ-Д(0,5)П-2Е1 діелектричний, одномодульний з кількістю волокна – 2.
- На абонентській ділянці ми будемо використовувати кабель ОКТ-Д(1,0)П-1Е1 підвісний, діелектричний з кількістю волокна – 1.

PON бокс *SNR–FTTH–FDB* (21 шт.) – потрібен щоб захистити і оптичний спліттер і оптичний кабель від механічних та кліматичних впливів, так як деякі оптичні спліттери стоять на вуличних стовпах.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Синтез функціональної схеми проектованої мережі доступу

На схемах позначимо сплітери кружечками із зазначенням їх розподільної здатності. На схемах секторів *B*, *C* не будемо зображати всі гілки мережі, через велику кількість точок підключення.

Для сектору *A* зобразимо на схемі, гілку, що надає доступ до мережі точкам підключення у 1-поверховому приватному будинку, вважаючи, що *ONT* підключенні до сплітерів у відповідності до їх розгалуженості. В мене використовується 1-н підключення з 4-х можливих.

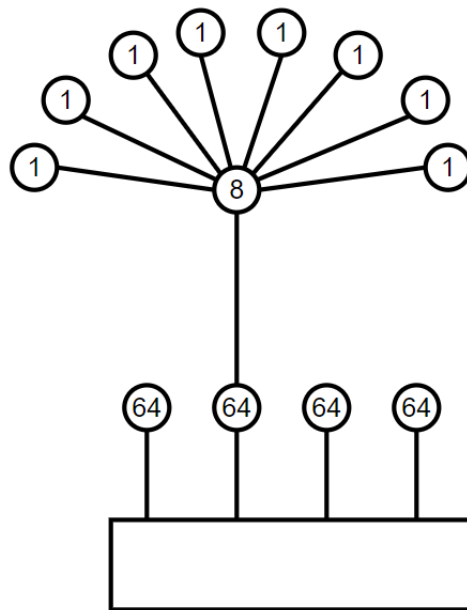


Рисунок 4.9 – Спрощена функціональна схема сектору А

Для сектору *B* зобразимо на схемі, гілку, що надає доступ до мережі точкам підключення у 2-поверхових та 3-поверхових будинках, вважаючи, що *ONT* підключенні до сплітерів у відповідності до їх розгалуженості. В мене використовується 14 портів підключення з 16 можливих для 2-поверхових будинків та 9 портів підключення з 16 можливих для 3-поверхових будинків.

Для спрощення схеми, я обрала одразу два *OLT*, бо в мене користувачів вийшло більше 1024.

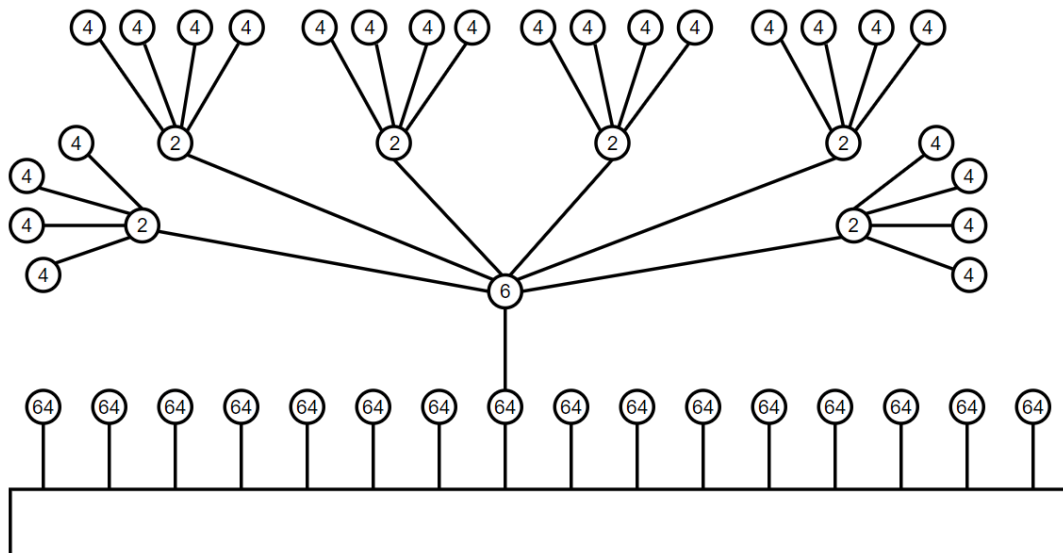


Рисунок 4.10 – Спрощена функціональна схема сектору В, для 2-поверхових будинків

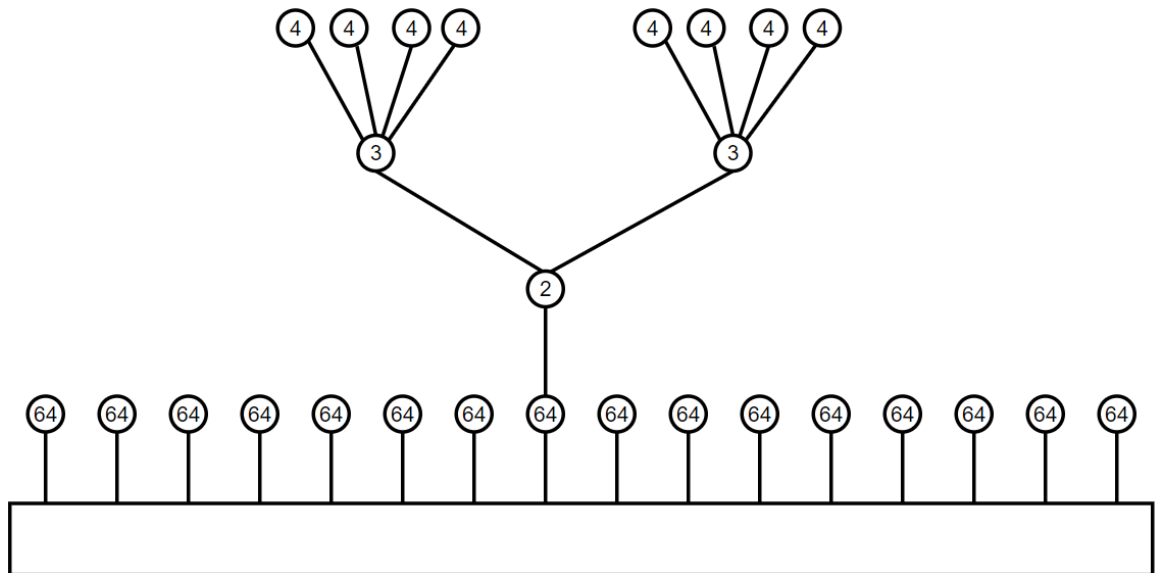


Рисунок 4.11 – Спрощена функціональна схема сектору В, для 3-поверхових будинків

Для сектору С зобразимо на схемі, гілку, що надає доступ до мережі точкам підключення у 5-поверхових будинках, вважаючи, що *ONT* підключенні до сплітерів у відповідності до їх розгалуженості. В мене використовується 10-ть портів підключення з 12-ти можливих.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

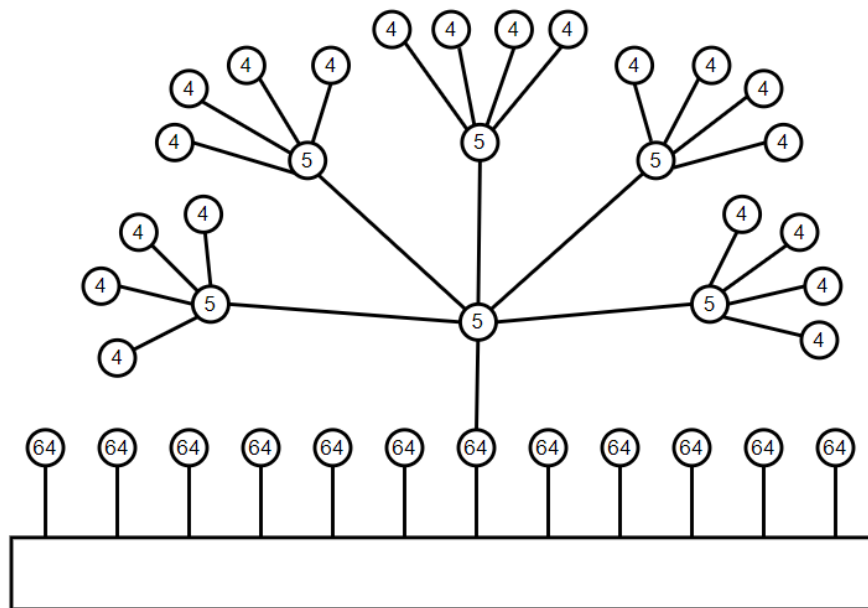


Рисунок 4.12 – Спрощена функціональна схема сектору С

Для сектору *D* зобразимо на схемі, гілку, що надає доступ до мережі точкам підключення у «Адміністративних закладах», вважаючи, що *ONT* підключенні до сплітерів у відповідності до їх розгалуженості. В мене використовується 1-н порт підключення з 4-х можливих.

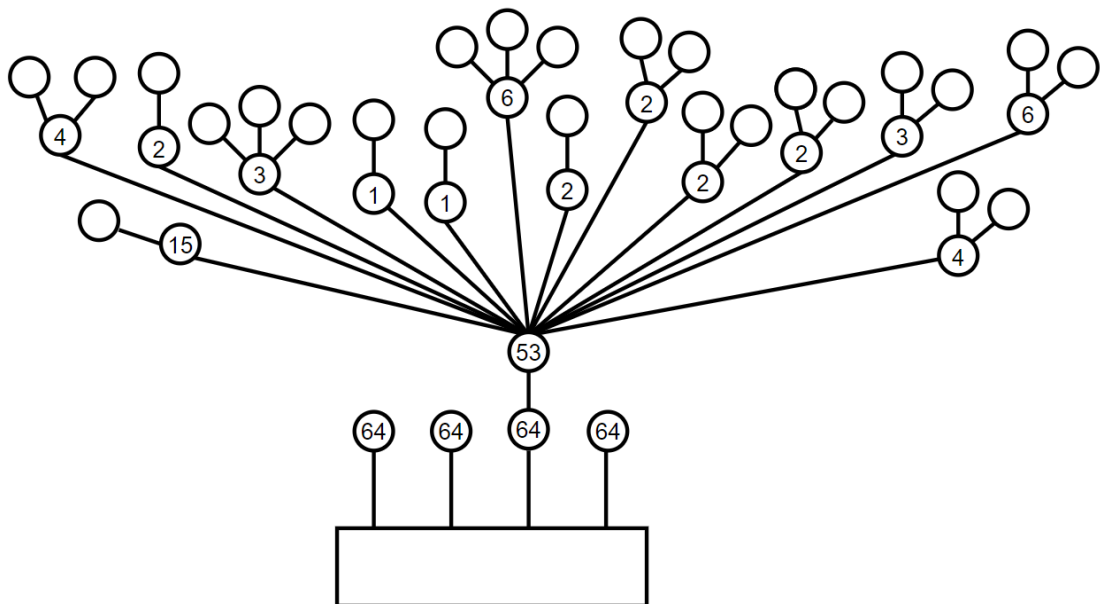


Рисунок 4.13 – Спрощена функціональна схема сектору D

Для сектору *E* зобразимо на схемі, гілку, що надає доступ до мережі точкам підключення у «Навчальних закладах», вважаючи, що *ONT*

підключенні до сплітерів у відповідності до їх розгалуженості. В мене використовується 1-н порт підключення з 4-х можливих

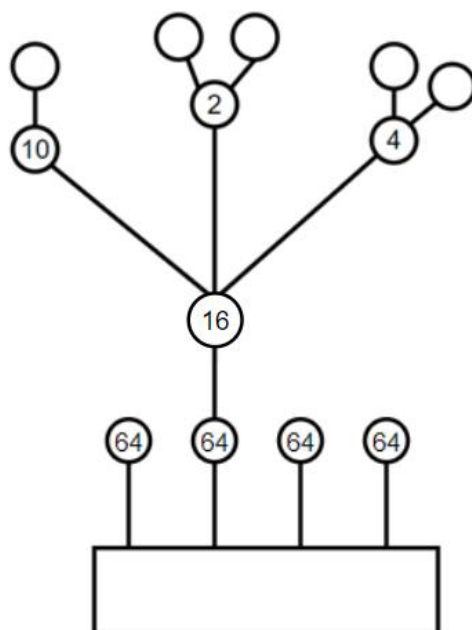


Рисунок 4.14 – Спрощена функціональна схема сектору Е

4.5 Розробка функціональної схеми проектованої мережі доступу з урахуванням потреб користувачів та вимог проектування

Навести необхідну кількість обладнання для кожного сектора.

Таблиця 4.10

Обладнання для користувачів групи «А»

Назва	Кількість, шт
<i>GPON OLT LTP-4X</i>	1
<i>A-GEAR SC/APC</i> планарні 1x8	1
Бокси <i>FTTH/PON</i>	1
<i>ONT NTP-RG-1402G-W</i>	40
Оптичний кабель	ОЦПс-4А1(1x4)-1,0 ОКТ-Д(0,5)П-2Е1 ОКТ-Д(1,0)П-1Е1

Таблиця 4.11

Обладнання для користувачів групи «В»

Назва	Кількість, шт
<i>GPON OLT LTP-4X</i>	2
<i>A-GEAR SC/APC</i> планарні 1x2	2
<i>A-GEAR SC/APC</i> планарні 1x6	6

Продовження таблиці 4.11

Бокси <i>FTTH/PON</i>	8
<i>ONT NTP-RG-1402G-W</i>	40
Оптичний кабель	ОЦПс-4А1(1х4)-1,0 ОКТ-Д(0,5)П-2Е1 ОКТ-Д(1,0)П-1Е1

Таблиця 4.12

Обладнання для користувачів групи «С»

Назва	Кількість, шт
<i>GPON OLT LTP-4X</i>	1
<i>A-GEAR SC/APC</i> планарні 1х6	5
Бокси <i>FTTH/PON</i>	5
<i>ONT NTP-RG-1402G-W</i>	40
Оптичний кабель	ОЦПс-4А1(1х4)-1,0 ОКТ-Д(0,5)П-2Е1 ОКТ-Д(1,0)П-1Е1

Таблиця 4.13

Обладнання для користувачів групи «D»

Назва	Кількість, шт
<i>GPON OLT LTP-4X</i>	1
<i>A-GEAR SC/APC</i> планарні 1х2	12
<i>A-GEAR SC/APC</i> планарні 1х3	2
Бокси <i>FTTH/PON</i>	14
<i>ONT NTP-RG-1402G-W</i>	40
Оптичний кабель	ОЦПс-4А1(1х4)-1,0 ОКТ-Д(0,5)П-2Е1 ОКТ-Д(1,0)П-1Е1

Таблиця 4.14

Обладнання для користувачів групи «E»

Назва	Кількість, шт
<i>GPON OLT LTP-4X</i>	1
<i>A-GEAR SC/APC</i> планарні 1х2	3
Бокси <i>FTTH/PON</i>	3
<i>ONT NTP-RG-1402G-W</i>	40
Оптичний кабель	ОЦПс-4А1(1х4)-1,0 ОКТ-Д(0,5)П-2Е1 ОКТ-Д(1,0)П-1Е1

На транспортному сегменті встановлюємо по одному комутатору 3-го рівня *BDCOM S3928GX-E* та використовуємо оптоволокну *EcoLight M8-M(1,5)P-12E* на довжину 23000 метрів.

Після визначення складу обладнання локального сегменту, синтезована функціональна схема проектованої мережі *Passive Optical Network*. На функціональній схемі розміщені ВНО, ВД і термінальне обладнання користувача, між якими знаходяться транспортний і локальний сегменти відповідно. Між вузлами прокладено одножильний волоконно-оптичний кабель, який їх з'єднує між собою. Кожен ВД має своє покриття території, яка характеризується визначеною кількістю користувачів. Для того щоб всі користувачі могли отримувати послуги базових мереж по одному оптичному волокну в схему включені оптичні ділянки які розгалужують волокно на ту кількість волокон, яка затребувана користувачами.

Функціональна схема МД розкриває суть її реалізації, яка заключається в розподілі послуг по базовим мережам, таким чином щоб користувач сам міг обирати потрібний йому список ІКП. Функціональна схема МД показана на рисунку 4.15.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

5.1 Основні завдання організаційно-економічного та маркетингового обґрунтування проєкту

Основні завдання організаційно-економічного та маркетингового обґрунтування проєкту включають в себе аналіз технічної та економічної доцільності проєкту, визначення потенційних споживачів продукції, оцінку ринкового потенціалу проєкту, визначення стратегії входження на ринок, розрахунок вартості проєкту та оцінку його ефективності.

Організаційно-економічне обґрунтування проєкту передбачає розробку організаційної структури проєкту, планування витрат та прибутків, визначення ефективності використання ресурсів, розрахунок фінансових показників та визначення можливостей для залучення фінансування проєкту.

Маркетингове обґрунтування передбачає дослідження ринку та конкурентного середовища, визначення потреб споживачів та їх готовності купувати продукцію, розробку маркетингової стратегії та плану маркетингових заходів.

Усі ці завдання допомагають забезпечити успішну реалізацію проєкту, максимізувати його прибутковість та ефективність використання ресурсів.

Для проєкту з проєктування мережі доступу на базі технології PON основні задачі організаційно-економічного обґрунтування полягають у визначенні витрат на проєктування та будівництво мережі, розрахунку прибутковості та ефективності проєкту в довгостроковій перспективі, а також у підготовці фінансових та бізнес-планів проєкту.

Щодо маркетингового обґрунтування, його головна мета - визначення потенційного попиту на послуги мережі доступу, розробка стратегії маркетингу та реклами, а також визначення конкурентоспроможності мережі на ринку послуг зв'язку.

Крім того, організаційно-економічне та маркетингове обґрунтування проєкту включає в себе аналіз ризиків та можливостей, що пов'язані з

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реалізацією проєкту, а також вивчення законодавчих та нормативних вимог, що стосуються будівництва та експлуатації мережі доступу.

У проєкті з проєктування мережі доступу на базі технології PON, витрати в економічній частині можуть бути спрямовані на наступні напрямки:

- 1) Придбання необхідного обладнання та програмного забезпечення для забезпечення функціонування мережі.
- 2) Навчання та підготовка персоналу для роботи з мережею, що включає в себе курси навчання, семінари та тренінги.
- 3) Будівництво та налагодження інфраструктури, необхідної для розгортання мережі.
- 4) Реклама та маркетингові заходи для просування мережі серед потенційних користувачів та клієнтів.
- 5) Фінансування досліджень та розробок для постійного вдосконалення мережі та впровадження нових технологій.
- 6) Оплата витрат на електроенергію, інтернет-підключення та інші операційні витрати, пов'язані з експлуатацією мережі.

Ці витрати потрібно обґрунтовувати на етапі планування проєкту, проводячи відповідні розрахунки та аналіз ринку, щоб забезпечити максимальну ефективність витрачених коштів і забезпечити успішне виконання проєкту.

Ще одним важливим аспектом економічної частини проєкту є оцінка його прибутковості. Для цього потрібно провести аналіз витрат на проєкт та очікуваних доходів.

У проєкті з проєктування мережі доступу на базі технології PON, витрати можуть включати придбання необхідного обладнання та матеріалів, оплату послуг фахівців з проєктування, установки та налаштування обладнання, а також витрати на маркетинг та просування продукту.

Доходи можуть складатись з плати за послуги з доступу до мережі, продажу обладнання або надання додаткових платних послуг, наприклад, підключення до швидшого інтернету, телебачення тощо.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Розрзухок науково-технічної ефективності

В умовах відкритої ринкової економіки розширюється діапазон оцінки ефективності науково-технічних розробок, а отже, збільшується кількість основних видів ефективності НДДКР, які необхідно визначити з метою цієї оцінки. До них належать:

- науково-технічний ефект, який проявляється у підвищенні науково-технічного рівня, поліпшенні параметрів техніки і технологій, що впливає з відкриття нових законів та закономірностей у природі, а отже, і нових технологічних засобів виробництва речовин, матеріалів та видів продукції;
- економічний ефект проектування мережі доступу на базі технології *PON* полягає в забезпеченні економічних результатів для кожного виробничого суб'єкта та в цілому для економіки країни. Економічна ефективність проекту має відображати вплив його результативності на розвиток галузей, регіонів та підприємств, що беруть участь у впровадженні новітніх технологічних рішень;
- соціальний ефект, що відображає зміни умов діяльності людини в суспільстві. Його прояв спостерігається в змінах характеру та умов праці, підвищенні життєвого рівня населення, поліпшенні побутових його умов, розширенні можливостей духовного розвитку особистості, у змінах стану довкілля;
- маркетинговий ефект, що відображає потреби ринку в наукових дослідженнях і розробках та можливість їх реалізації.

Науково-технічну ефективність (НТЕ) результатів прикладних робіт визначають на основі показників науково-технічного рівня. Оцінка науково-технічної ефективності НДДКР відбувається на основі показника $O_{НТЕ}$, який представляє собою ступінь досягнення максимально можливого рівня, значення якого дорівнює 1 (одиниці):

$$O_{НТЕ} = K^{\Phi}_{НТЕ} / K^{\Pi}_{НТЕ}, \quad (5.1)$$

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $K^{\Phi}_{НТЕ}$ – показник (коефіцієнт) фактичного рівня науково-технічної ефективності;

$K^{\Pi}_{НТЕ}$ – показник (коефіцієнт) потенціально можливого рівня науково-технічної ефективності (дорівнює одиниці).

Значення показника $K^{\Phi}_{НТЕ}$ визначають на основі шкали експертних оцінок.

Таблиця 5.1

Шкала експертних оцінок для виміру рівня науково-технічної ефективності проектів

№	Групи показників	Характеристика показників	Інтервал рейтингового числа	Коефіцієнт значущості показників
1	Науково-технічний рівень	Перевищує кращі світові аналоги	10	0,30
		Відповідає світовому рівню	7 – 9	
		Нижче кращих світових аналогів	5 – 6	
		Перевищує кращі вітчизняні аналоги	3 – 4	
		Відповідає вітчизняному рівню	1 – 2	
		Нижче вітчизняного рівня	0	
2	Перспективність	Першочергова значущість	8 – 10	0,25
		Значущий	5 – 7	
		Корисний	1 – 4	
3	Потенційний масштаб практичного використання	Світовий ринок	10	0,20
		Галузі національної економіки	7 – 9	
		Галузь (регіон)	3 – 6	
		Окремі підприємства (об'єднання)	1 – 2	
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	Великий	10	0,25
		Середній	5 – 9	
		Малий	1 – 4	

Примітка: об'єкт оцінки і аналог(и), які порівнюють за однаковими показниками, наведеними у співставленому вигляді відхилення в значеннях кожного з показників, мають бути однаковими для варіантів, що порівнюються.

5.3 Проведення оцінки науково-технічного рівня розробки

Визначають $K^{\Phi}_{НТЕ}$ на основі експертної оцінки науково-технічного рівня розробки.

З цією метою:

- розробляють перелік специфічних показників, необхідних для виміру науково-технічного рівня розробки;
- формують групу аналогів, які реалізовані на світовому і вітчизняному ринках;
- здійснюють відповідні розрахунки для співставлення показників і визначення балів по Таблиці 1.

До числа специфічних показників відносять:

- для нової техніки: продуктивність, споживання інженерних ресурсів на виробітку одиниці продукції, потреба в робочих, які обслуговують обладнання, експлуатаційні витрати на одиницю продукції;
- для нових матеріалів і речовин: вміст корисних речовин для виробітки готової продукції, питома вага відходів у загальному обсязі переробленої сировини, вартість одиниці нового матеріалу, додаткові витрати на екологічну компенсацію;
- для нових технологій: якість виробленої продукції, енергоємність і трудомісткість продукції, собівартість одиниці продукції.

З метою спрощення визначення $K^{\Phi}_{НТЕ}$ у Таблиці 5.2 не введено показника витрат на одиницю продукції.

Таблиця 5.2

Порівняльні показники для виконання оцінки НТЕ

ПОКАЗНИКИ	Варіанти технології	
	розробленої	співвідносної (аналога)
Рівень новізни	Високий	Середній
Якість продукції	Висока	Середня
Споживання на 1 т продукції		
– тепла, Гкал	10	12
– електроенергії, кВт·годину	2500	2000
– води, м ³	3	4

Продовження таблиці 5.2

Трудомісткість виробництва, людино-годин/ тонну	50	70
---	----	----

На основі співставлення даних таблиці встановлюють бали по характеристиках чотирьох груп і на цій основі розраховують значення інтегрального показника НТЕ:

$$НТЕ = \sum B_i \times K_i^3, \quad (5.2)$$

де $i = 1 \div 4$,

B_i – бали (рейтингове число),

K – коефіцієнт значущості показників.

Рівень науково-технічної ефективності НДДКР розраховано на основі наведених даних прикладу (Таблиця 3).

Таблиця 5.3

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

№	Групи показників	Рейтинг експертів			Середня за експертними оцінками	НТЕ
		1	2	3		
1	Науково-технічний рівень	8	7	9	8	2,4 (8 x 0,30)
2	Перспективність	8	6	8	7,33	1,83 (7,33 x 0,25)
3	Потенційний масштаб практичного використання	6	7	7	6,66	1,33 (6,66 x 0,20)
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	9	8	8	8,33	2,08 (8,33 x 0,25)
В С Ь О Г О						7,64

$$НТЕ = 8 \cdot 0,30 + 7,33 \cdot 0,25 + 6,66 \cdot 0,20 + 8,33 \cdot 0,25 = 2,4 + 1,83 + 1,33 + 2,08 = 7,64$$

Отриманий результат слід порівняти з максимально можливим значенням, яке дорівнює 10 балам ($10 \cdot 0,30 + 10 \cdot 0,25 + 10 \cdot 0,20 + 10 \cdot 0,25$).

Отже, оцінка рівня НТЕ може бути зроблена за допомогою інтегрального коефіцієнта оцінки НТЕ ($K_{НТЕ}$):

$$K_{НТЕ} = \frac{НТЕ}{10} \cdot 100 \% \quad (5.3)$$

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

На основі даних Таблиці 5.3, можна дійти до висновку, що $K_{НТЕ}$ відповідає 76,4 %, тобто:

$$\frac{7,64}{10} \times 100 = 76,4$$

В тому випадку, коли значення $K_{НТЕ}$ перевищує середнє значення, яке дорівнює 5,0, має бути зроблено висновок про достатній рівень НТЕ:

- цілком достатній 5,0 – 6,0;
- достатній 6,1 – 8,0;
- достатньо високий 8,1 – 9,0;
- високий 9,1 – 10.

Таким чином, рівень НТЕ технології можна визнати достатнім. Отже, розроблену технологію пропонується впроваджувати у виробництво.

5.4 Розрахунок економічної ефективності проєкту

Розрахунок економічної ефективності проєкту - це процес визначення потенційного доходу та витрат проєкту, а також оцінювання того, наскільки доцільно вкладати гроші у реалізацію проєкту.

Для розрахунку економічної ефективності проєкту необхідно визначити наступні показники:

- 1) Вартість проєкту: це загальна вартість всіх витрат, пов'язаних з реалізацією проєкту, включаючи затрати на розробку, впровадження та експлуатацію.
- 2) Прибуток від проєкту: це дохід, отриманий від реалізації продукту або послуги, яку реалізовує проєкт.
- 3) Термін окупності: це період, за який витрати на реалізацію проєкту повернуться від прибутку.
- 4) Рентабельність інвестицій (PI): це відношення чистого дисконтованого доходу до вартості інвестицій.

Для розрахунку економічної ефективності проєкту, потрібно мати інформацію про витрати та прибуток проєкту.

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Припустимо, що витрати на проєкт складають 1000000 грн, а очікуваний прибуток становить 2500000 грн. Тоді ціна проєкту буде розрахована за формулою:

$$\text{Ціна} = \text{Витрати} + \text{Прибуток (30\%-300\%)} \quad (5.4)$$

Проведемо розрахунок:

$$\text{Ціна} = 1000000 + 2500000 * 130\% \text{ (взято середнє значення з 30\% та 300\%)}$$

Ціна буде дорівнювати = 4250000 грн

Рентабельність проєкту можна розрахувати за формулою:

$$R = \text{Прибуток} / \text{Витрати} * 100\% \quad (5.5)$$

Підставляю свої значення:

$$R = \frac{2500000}{1000000} \times 100 \quad (5.6)$$

Рентабельність проєкту дорівнює $R = 250\%$

Срок окупності проєкту можна розрахувати за формулою:

$$T = \frac{1}{R} \times 100 \quad (5.7)$$

Підставляю свої значення:

$$T = \frac{1}{250\%} \times 100$$

Час, за який проєкт окупиться дорівнює $T = 0,4$ року або 4,8 місяці.

Висновок: отже, проєкт мережі доступу на базі технології *PON* з витратами 1000000 грн та очікуваним прибутком 2500000 грн при реалізації за ціною 4250000 грн матиме рентабельність 250% і буде окупатися за 4,8 місяці.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Для забезпечення ефективного технічного обслуговування мережі доступу необхідно мати вузол адміністративного управління та технічної підтримки, який має бути обладнаний достатньою кількістю комп'ютерів. Інженери повинні мати змогу контролювати працездатність обладнання за допомогою цих ПК. З огляду на це, були враховані питання охорони праці та техніки безпеки, пов'язані з роботою інженерів на комп'ютерах.

6.1 Вимоги до робочого простору персонального комп'ютера користувача

При користуванні персональним комп'ютером необхідно дотримуватися певних вимог до робочого простору для забезпечення зручності та комфорту роботи, а також забезпечення безпеки.

Площа робочого місця користувача повинна бути не менше 6 квадратних метрів. У разі надмірного шуму або вібрації від технічного обладнання слід використовувати антивібраційні килимки. Стілець користувача має регулюватися по висоті та обертатися, забезпечуючи належну підтримку та зручне положення для спини та хребта. Необхідно щоденне вологе прибирання приміщення, а також очищення робочого простору та монітора комп'ютера від пилу.

Основними вимогами до робочого простору є:

- достатнє освітлення. Робоче місце повинне бути розташоване поруч з вікном або мати достатнє освітлення для забезпечення належної видимості. Важливо уникати блискітливих джерел світла, так як вони можуть викликати втомлюваність і знижувати продуктивність;
- комфортне крісло та стіл. Крісло повинне мати зручну спинку та підлокітники для підтримки правильної позиції тіла. Стіл повинен бути достатньо великим для забезпечення належної робочої поверхні;

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- правильна позиція. Коли працюєте за комп'ютером, важливо сидіти прямо і зберігати правильну позицію тіла. Ноги повинні бути розташовані на підлозі, а руки - на рівні столу;
- правильне розміщення елементів. Монітор повинен бути розташований на відстані від 50 до 70 см від очей користувача і на рівні погляду. Клавіатура повинна бути розташована на рівні ліктів, а мишка - поруч із клавіатурою;
- достатнє провітрювання. Робоче місце повинне мати достатнє провітрювання для забезпечення належного рівня вологості та температури повітря.

6.2 Основні небезпечні фактори, які можуть вплинути на користувача

Під час роботи з комп'ютером, користувач може стикатися з різноманітними небезпечними факторами, які можуть негативно вплинути на його здоров'я та самопочуття. Небезпечні фактори, які можуть вплинути на користувача, пов'язані з робочим простором, в якому він працює, технічними параметрами комп'ютера та способом використання ним. Основні небезпечні фактори, які можуть виникнути під час роботи з комп'ютером, включають наступне:

- освітлення. Недостатнє або надмірне освітлення може призвести до втоми очей, погіршення зору та головного болю. Оптимальний рівень освітлення для роботи з комп'ютером - це приблизно 500 люксів. Це можна досягти за допомогою різноманітних джерел світла.
- кліматичні умови. Висока або низька температура, надмірна сухість повітря, перебільшена вологість, пил та інші фактори можуть негативно вплинути на здоров'я користувача;
- електромагнітне випромінювання. Комп'ютер та його периферійні пристрої випромінюють електромагнітні поля, які можуть вплинути на здоров'я користувача. Рекомендується використовувати монітори

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з низькою рівнем випромінювання;

- акустичний комфорт. Шум, який створюється комп'ютером та його периферійними пристроями, може вплинути на концентрацію та спричинити втому;
- ергономіка робочого місця. Неправильна організація робочого місця може призвести до незручного положення тіла, що може призвести до болів у спині та шиї, а також до розладів опорно-рухового апарату;
- електричний струм. Користувач може отримати ураження від електричного струму, якщо неправильно підключати та використовувати комп'ютер.

6.3 Вимоги безпеки перед початком роботи з комп'ютером

Перед початком роботи з комп'ютером дуже важливо дотримуватися певних вимог безпеки, щоб уникнути можливих негативних наслідків для здоров'я. Основні вимоги безпеки перед початком роботи з комп'ютером включають наступне:

- перевірити загальний стан апаратури. Переконайтеся, що ваш комп'ютер працює належним чином та не має жодних проблем з обладнанням;
- перевірити справність електропроводки, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок, розетки, заземлення. Впевніться, що всі компоненти вашої системи електроживлення працюють належним чином та безпечно;
- перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі. Переконайтеся, що ваш комп'ютер розташований на стійкій та безпечній поверхні, яка може підтримати всю вагу вашого обладнання;
- відрегулювати освітленість робочого місця. Переконайтеся, що освітлення в приміщенні достатнє, а джерело світла не відбивається на моніторі, тому що це може спричинити втому очей;

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- провести очищення екрану монітора від пилу та інших забруднень спеціальною салфеткою. Забруднення екрану можуть негативно вплинути на ваше здоров'я та спричинити втому очей;
- перевірити правильність встановлення столу, сидіння, положення обладнання. Переконайтеся, що ваше робоче місце відповідає вимогам ергономіки та забезпечує комфортне положення тіла. Наприклад, стілець має бути підйомним та поворотним, а розмір робочого місця.

6.4 Вимоги безпеки при роботі з комп'ютером

При роботі з комп'ютером важливо дотримуватись деяких вимог безпеки, щоб забезпечити захист від можливих загроз і ризиків. Основні вимоги безпеки, які повинні бути дотримані, включають наступне:

- клавіатура має бути надійно розміщена на столі, щоб уникнути хитання. однак він повинен дозволяти обертання та рух, сядьте прямо та уникайте напруги під час використання клавіатури;
- щоб зменшити негативний вплив таких пристроїв, як мишка (вимушене положення тіла, необхідність постійного контролю якості), на столі слід передбачити велику вільну площу для руху миші та зручну опору для ліктів;
- уникайте сторонніх розмов і дратівливих звуків;
- у разі надзвичайної ситуації негайно від'єднайте комп'ютер від джерела живлення;
- дотримуватись режимів праці та відпочинку згідно з інструкцією під час роботи за комп'ютером.

6.5 Небезпеки комп'ютерного обладнання

Користувачі, які працюють з комп'ютерним обладнанням, можуть зіткнутися з такими небезпеками:

- ураження електричним струмом;

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- енергетична небезпека (спричинена коротким замиканням: опіки, електричні дуги, бризки розплавленого металу);
- пожежна небезпека;
- термічна небезпека (спричинена високими температурами внаслідок нагрівання елементів конструкції);
- механічна небезпека (травми від падіння, рухомих частин, порізів гострими частинами елементів конструкції);
- радіаційна небезпека (вплив звукового (акустичного), височастотного, інфрачервоного, ультрафіолетового та іонізуючого випромінювання, а також видимого когерентного світла високої інтенсивності (лазерне випромінювання));
- хімічна небезпека (контакт з деякими хімікатами, що використовуються для обслуговування обладнання, або вдихання їх випарів).

6.6 Перерви під час роботи за комп'ютером

Як правило, час відпочинку користувача повинен складати 10-15 хвилин на годину. У будь-якому випадку користувач повинен стежити, щоб час безперервної роботи комп'ютера не перевищував 4 годин. Крім того, для підтримки належного рівня здоров'я рекомендується робити перерви на свіжому повітрі, оскільки в природному середовищі можна знизити емоційне напруження.

6.7 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Під час роботи з комп'ютером дуже важливо дотримуватись правил безпеки в аварійних ситуаціях, щоб уникнути можливих небезпек. Деякі вимоги безпеки включають наступне:

- при раптовому припиненні подачі електроенергії потрібно вимкнути комп'ютер в правильній послідовності: спочатку вимкнути всі периферійні пристрої, потім монітор, системний блок, а також

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стабілізатор напруги, і тільки після цього витягнути штепсельні вилки з розеток;

- при виникненні небезпечної ситуації (наприклад, ознаки горіння, диму, запаху гару або дії електричного струму) необхідно негайно відключити комп'ютер від електромережі, повідомити про це екстренні служби, такі як 101, та не залишати комп'ютер без постійного нагляду;
- у разі виникнення пожежі необхідно негайно приступити до гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння, але не намагатись гасити пожежу, якщо вона необхідно контролювати професійними пожежниками;
- при ураженні електричним струмом потрібно негайно надати потерпілому першу допомогу і викликати медичну допомогу за номером телефону 103.

6.8 Правила безпечної експлуатації волоконно-оптичних кабелів

Моя дипломна робота пов'язана з волоконно-оптичними кабелями, необхідно дотримуватись правил безпеки при роботі з ними.

Волоконно-оптичний кабель (ВОК) є важливою складовою інфраструктури комп'ютерних мереж. Ці кабелі передають інформацію шляхом використання світлових сигналів, що робить їх менш схильними до електричних наводок та перешкод, а також дозволяє передавати дані на великі відстані з високою швидкістю.

Необхідно використовувати інструмент, виготовлений із матеріалів, які не здатні викликати іскріння, на ділянках, де можливий вибух або пожежа, або вибирати інструмент відповідно до вимог вибухобезпеки.

Необхідно використовувати негорючі кабелі з оболонкою під час прокладання оптичних кабелів у будинках. Кабелі з горючою поліетиленовою ізоляцією заборонені під час реконструкції або ремонту. Металеві оболонки кабелів і поверхні, якими вони прокладаються, повинні бути захищені

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

негорючими антикорозійними покриттями. Забороняється використовувати нагрівальні прилади з відкритим полум'ям, курити в салоні спеціально обладнаних автомобілів та спеціальних наметах.

У процесі зварювання в пересувній лабораторії всі електроспоживачі повинні бути підключені до живлення лише з безпечних матеріалів або відповідно до вимог безпеки під час роботи у вибухонебезпечних умовах. Для цього можна використовувати бортову мережу з напругою 12 або зовнішню мережу з напругою 220, через понижувальний трансформатор або пересувну електростанцію. При підключенні необхідно використовувати комплект шнурів, які мають бути у справному стані та не мати обривів чи оголених ділянок ізоляції.

Основні правила роботи з волоконно-оптичними кабелями:

- використовуйте тільки призначені для цього інструменти та аксесуари, щоб уникнути пошкодження кабелю;
- не намагайтесь згинати або скручувати кабель, оскільки це може призвести до пошкодження зовнішньої ізоляції, а також до пошкодження оптичних волокон всередині кабелю;
- уникайте різких згинів кабелю, оскільки це може призвести до зламу або розриву оптичних волокон;
- запобігайте надмірній напрузі на кабелі, наприклад, не ставте на нього важкі предмети або не тягніть його занадто сильно;
- уникайте пошкодження зовнішньої ізоляції кабелю. якщо зовнішня ізоляція пошкоджена, не користуйтеся кабелем, доки його не перевірить та не відремонтує спеціаліст;
- уникайте викладення кабелю прямому сонячному світлу або нагрівальним пристроям, таким як обігрівачі, радіатори, тощо;
- захищайте кабель від вологи та високих температур;
- уникайте підключення або відключення кабелю, коли він знаходиться під напругою.

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Під час створення мережі доступу було ретельно проаналізовано технології будівництва мереж, спроектовано мережу, що враховує характеристики оточуючого середовища, такі фактори, як рельєф місцевості, щільність населення, густота забудови території, всі характеристики території були враховані при проектуванні мережі доступу.

Було складено список ІКП для користувачів на основі їх вимог, і були встановлені вимоги до обладнання.

Користувачі, були розподілені на групи залежно від послуг, які вони потребували, та особливостей забудови території. Результатом стали три групи з переліком послуг та обладнанням, яке задовольняло їх вимоги.

Були розраховані структурні характеристики спроектованої мережі, такі як довжина лінії доступу, навантаження та пропускна здатність локального та транспортного сегменту лінії доступу. Обладнання було обрано на основі результатів розрахунків.

Для мережі доступу, була розроблена функціональна схема мережі доступу на базі технології *PON*, було проведено порівняльну характеристику основних стандартів технології *PON*.

В результаті виконання проекту, була створена мережа доступу, яка дозволила користувачам користуватися сучасними інфо-комунікаційними послугами (ІКП).

					<i>КРБ.КІ.1.440-03.1.5</i>	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. «Технології телекомунікацій: підручник». – М. В. Григор'єв, В. М. Саченко, І. І. Гусєв та ін. – Київ: Вид-во НТУУ «КПІ», 2015.
2. «Системи електрозв'язку»: підручник для студентів вищих навчальних закладів. – О. В. Ільченко, М. М. Жукова, О. В. Лук'яненко та ін. – Київ: Вид-во НТУУ "КПІ", 2014.
3. «Оптичні мережі доступу: технології та перспективи розвитку». – І. Г. Борисенко, Ю. В. Жук, О. О. Мельник та ін. – К.: Видавничий дім «Інженер», 2016.
4. «Мережі доступу Ethernet *PON*: технологія, проектування, впровадження» – А. С. Кучерявий, Є. В. Новікова, М. Н. Зінов'єв та ін. – М.: Солон-Прес, 2013.
5. Сахарова С.В., Соломицький М.Ю., Барабаш Т.М. Системи доступу користувача. Частина перша. Розробка мережі доступу користувача: Методичні вказівки до курсового проектування / С.В. Сахарова, М.Ю. Соломицький, Т.М. Барабаш. – Одеса: 2018. – 47 с.
6. Методичні вказівки до оцінки науково-технічної ефективності розробки нової технології, нового обладнання та інших інновацій. Для студентів всіх спеціальностей СВО «бакалавр» і «магістр» денної і заочної форм навчання. Укладачі: Басюркіна Н.Й., Свистун Т.В. Одеса: ОНТУ, 2022 р. 18 с.
7. Закон України «Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/537-16>
8. Закон України «Про телекомунікації» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1280-1>
9. Компанія *BDCOM* (мережеве обладнання) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.bdc.com.cn/>

					КРБ.КІ.1.440-03.1.5	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		