

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інфокомунікацій
(повна назва)

Кафедра Інформаційно-вимірювальних технологій
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Забезпечення населеного пункту високошвидкісною інтернет-мережею з
використанням технології PON
(тема)

Виконав:

студент II курсу, групи ЗЯм-23-1

Портянников О.В.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 175 – Інформаційно-
вимірювальні технології

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-наукова

Освітня програма Забезпечення якості

(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Склярів В.В.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри СТ

(підпис)

док. Захаров І.П.

(прізвище, ініціали)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інфокомунікацій
(повна назва)

Кафедра Інформаційно-вимірювальні технології

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 175 – Інформаційно-вимірювальні технології
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-наукова

Освітня програма Забезпечення якості
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ІВТ

док. Захаров І.П.

" _____ " _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студентові Портяннікову Олексію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Забезпечення населеного пункту високошвидкісною інтернет-мережею з використанням технології PON

затверджена наказом по університету від " 12 " листопада 2024р. № 1202 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 20 січня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи (проекту) Розробка проекту для побудови високошвидкісної мережі в населеному пункті. Проект містить картографічне представлення розподілу глобальної технології PON на менші компоненти. Перелік використовуваних програмних засобів: ОС Microsoft 11, AutoCAD. Технічне забезпечення IBM-сумісний ПК з ЦП Intel Core i3 та вище.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____
4.1 Вступ 4.2 Історія розвитку технології PON та GPON 4.3 Виникнення концепції FTTH і FTTC 4.4 Область використання оптоволоконних мереж 4.5 Аналіз предметної області. Технологія PON у сучасному вигляді 4.6 Постановка завдань на кваліфікаційну роботу 4.7 Аналіз потреб користувачів і характеристик населеного пункту 4.8 Вимоги до пропускної здатності та якості обслуговування 4.9 Вимоги до розподілу мережі та зон покриття 4.10 Технічні вимоги до основних компонентів мережі 4.11 Вимоги до надійності та стійкості мережі 4.12 Вибір типу кабелю кручена пара UTP або FTP 4.13 Економічні та правові вимоги 4.14 Проектні рішення, що будуть впроваджені в інфраструктуру мережі PON 4.15 Сучасне рішення побудови розподільчих вузлів телекомунікаційної мережі 4.16 Методи кріплення обладнання для прокладання оптичного кабелю 4.17 Ідентифікація волокна в оптоволоконному кабелі 4.18 Визначення основних умовних позначень, що будуть використовуватись під час побудови

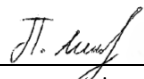
плану телекомунікаційної мережі PON 4.19 Проектування елементів інфраструктури PON 4.20 Розрахунок оптичного бюджету ВОЛЗ

- 5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів)** 5.1 Діаграма мережі FTTH 5.2 Система функціонування оптоволоконних комунікацій 5.3 Технологія PON 5.4 Технічні вимоги для центрального вузла мережі 5.5 Технічні вимоги для пасивної інфраструктури 5.6 Структура кабелю UTP 5.7 Структура кабелю FTP 5.8 Структура кабелю SFTP 5.9 Схема розподілу елементів оптичного ящика 5.10 Кріплення обладнання між будинками 5.11 Фрагмент кріплення на даху будинку 5.12 Маркування волокон за допомогою кольорів 5.13 Загальна карта з розподілом на сегменти 5.14 Схема розпаювання оптичних боксів

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів атестаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Отримання завдання кваліфікаційної роботи	25.11.2024	Виконано
2.	Аналіз предметної області, літератури та аналогів існуючих систем з теми атестаційної роботи	25.11.2024-30.11.2024	Виконано
3.	Вибір програмного застосунку для створення проекту	01.12.2024	Виконано
4.	Визначення технічних вимог до елементів інфраструктури	02.11.2024-19.12.2024	Виконано
5.	Розробка креслень для кріплення обладнання	20.12.2024-29.12.2024	Виконано
6.	Створення плану	29.12.2024-05.01.2025	Виконано
7.	Оформлення пояснювальної записки та документація програмного коду	29.12.2024-10.01.2025	Виконано
8.	Оформлення графічної частини презентаційних матеріалів, комп'ютерних матеріалів для захисту атестаційної роботи	за 4 дні	Виконано
9.	Представлення на рецензування	за 3 дні	Виконано
	Представлення атестаційної роботи в ДЕК	за 2 дні	Виконано

Дата видачі завдання 25.11.2024

Студент  Портянніков О.В.
(підпис)

Керівник роботи  проф. Склярів В.В.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка з кваліфікаційної роботи містить: 62 с., 1 табл., 16 рис., 1 додатки, 13 джерел

МЕРЕЖА, ІНТЕРНЕТ, ОПТОВОЛОКНО, ГІГАБІТНИЙ ІНТЕРНЕТ, ВИСОКОШВИДКІСНА МЕРЕЖА, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, PON, GPON, ІНФРАСТРУКТУРА, ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ ІНТЕРНЕТ

Об'єктом дослідження є розробка, впровадження та експлуатація інфраструктури для забезпечення високошвидкісного доступу до мережі інтернет в населеному пункті на основі технології пасивних оптичних мереж (PON).

Предметом дослідження є технічні, економічна та організаційні аспекти для забезпечення високошвидкісної інтернет-зв'язку в населеному пункті з використанням технології PON. Включаючи аналіз ефективності, окупності та надійної побудованої мережі.

Методи дослідження потребують створення комплексного проекту, що включає в себе, аналіз місцевості, моделювання та графічне зображення створених об'єктів PON, що дозволить передавати дані великого об'єму з великою швидкістю

Результатом кваліфікаційної роботи є створений проект з необхідними елементами, що деталізують побудову декількох PON елементів в населеному пункті, для стабільної та високошвидкісної інтернет мережі.

ABSTRACT

The explanatory note on the qualification work contains: 62 pages, 1 tables, 16 figures, 1 appendices, 13 sources

NETWORK, INTERNET, FIBER FIBER, GIGABIT INTERNET, HIGH SPEED NETWORK, TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES, PON, GPON, INFRASTRUCTURE, FIBER OPTIC INTERNET

The object of the research is the development, implementation and operation of the infrastructure to ensure high-speed access to the Internet in the settlement based on passive optical network (PON) technology.

The subject of the research is the technical, economic and organizational aspects for providing high-speed Internet connection in the settlement using PON technology. Including analysis of efficiency, payback and reliable built network.

The research methods require the creation of a comprehensive project, which includes terrain analysis, modeling and graphic representation of the created PON objects, which will allow the transmission of large volumes of data at high speed

The result of the qualification work is a created project with the necessary elements detailing the construction of several PON elements in the settlement for a stable and high-speed Internet network.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	10
1.1 Історія розвитку технології PON та GPON.....	10
1.2 Виникнення концепції FTTH і FTTC	11
1.3 Область використання оптоволоконних мереж	13
1.4 Аналіз предметної області. Технологія PON у сучасному вигляді.....	15
1.5 Постановка завдань на кваліфікаційну роботу	17
2 ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ	19
2.1 Аналіз потреб користувачів і характеристик населеного пункту	19
2.2 Вимоги до пропускну здатності та якості обслуговування	20
2.3 Вимоги до розподілу мережі та зон покриття.....	22
2.4 Технічні вимоги до основних компонентів мережі	23
2.5 Вимоги до надійності та стійкості мережі.....	26
2.6 Вибір типу кабелю кручена пара UTP або FTP	28
2.7 Економічні та правові вимоги.....	32
2.8 Проектні рішення, що будуть впроваджені в інфраструктуру мережі PON	34
3 ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ. ПОБУДОВА ПЛАНУ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕРЕЖІ.....	36
3.1 Сучасне рішення побудови розподільчих вузлів телекомунікаційної мережі	36
3.2. Методи кріплення обладнання для прокладання оптичного кабелю ...	38
3.3 Ідентифікація волокна в оптоволоконному кабелі	41

3.4 Визначення основних умовних позначень, що будуть використовуватись під час побудови плану телекомунікаційної мережі PON	43
3.5. Проектування елементів інфраструктури PON.....	45
3.6 Розрахунок оптичного бюджету ВОЛЗ.	48
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	53
Додаток А.....	55

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ ТЕРМІНІВ

PON – технологія пасивних оптичних мереж;

AON – технологія активних мереж;

OLT – термінал оптичної лінії;

GPON – гігабітна пасивна оптична мережа;

QoS – Якість обслуговування.

ВСТУП

Побудова високошвидкісного інтернет-з'єднання для населеного пункту дозволить підвищити рівень забезпечення сучасними інформаційними технологіями, що дозволять побудувати ряд переваг їх присутності. Це забезпечить широкими можливостями жителів і підприємства, сприяючи покращенню якості життя, економічному розвитку та розширеному доступу інформації.

Інтернет стане ключовим ресурсом для різних сфер діяльності, що дозволить використовувати дистанційні сервіси, брати участь у онлайн заходах та конференціях, отримувати нові знання та підвищувати рівень особистої або командної кваліфікації, а також дозволить ввести бізнес на онлайн платформах без необхідності фізичної присутності.

Використання технологій PON (Passive Optical Network) та GPON (Gigabit Passive Optical Network) дозволяє створити швидку та безпечну передачу даних по оптоволоконним лініям зв'язку. Саме ці технології створюють нові можливості для комунікації, адже вони дозволяють ефективно розподілити великі обсяги передачі даних між великою кількістю користувачів. Оптична інфраструктура виділяється високою стабільністю і надійністю, що робить її незамінною для забезпечення безперебійного доступу до мережі з можливістю передачі даних з мінімальними затримками, що особливо важливо для сервісів, наприклад, таких як онлайн конференції, хмарні обчислення та інші.

Таким чином, побудова високошвидкісного інтернет-з'єднання за допомогою технологій PON та GPON дозволить підвищити рівень якості телекомунікаційних мереж в населеному пункті, забезпечивши стабільність та безпеку для подальшого розвитку регіону.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Історія розвитку технології PON та GPON

Технологія пасивних оптичних мереж (PON) з'явилась під час кардинальних змін у сфері телекомунікацій в кінці 20 століття. Після створення оптичних мереж, почав зростати і попит на її використання для створення ефективних рішень, у зв'язку з різким збільшенням кількості підключених користувачів.

До середини 90-років основною інфраструктурою для передачі даних залишалися мідні кабельні мережі. Їх головним недоліком була пропускна здатність та відстань дії. Саме для покращення цих показників активно почала використовуватись технологія активних мереж (Active Optical Network). Дані мережі вже починали використовувати оптоволокло для передачі сигналу з використанням додаткових компонентів, такі як електронні підсилювачі та повторювачі сигналу.

AON дозволяла забезпечити більшу пропускну здатність мережі, але мала також значні недоліки. Її активні компоненти вимагали електроживлення, що значно ускладнювало розгортання мережі та її обслуговування, крім того, постійне обслуговування мережі робила її залежною від різних зовнішніх факторій, через це AON став менш надійним рішенням.

Для виправлення недоліків AON, почали з'являтися нові дослідження та перші розробки пасивних оптичних мереж (PON). Ідеєю в створенні PON була у відмові від електронних компонентів мережі, щоб дозволило створити та надавати простішу архітектуру. Розробка оптоволоконних технологій відкрила нові можливості для передачі даних з підвищеною дальністю з незначними затратами сигналу. Порівняно з мідними, оптоволоконні кабелі мали ряд переваг:

- висока пропускна здатність. Оптоволоконні мережі дозволяють передавати більші об'єми даних за короткий час;
- менші втрати сигналу. У мідних кабелях присутні електромагнітні перешкоди, що значно впливали на якість передачі сигналу;
- надійність. Відсутня корозія матеріалу, яка може впливати на якість сигналу.

Отже, покрити всі переваги оптоволоконної мережі, проблема активних компонентів залишалась критичною в побудові мереж. Встановлення компонентів на кожному об'єкті зв'язку потребувало значних вкладень. Для вирішення основної проблеми було прийняте рішення використовувати оптичні розподільники замість активних компонентів. Дане рішення дозволило суттєво знизити вартість розгортання мережі, забезпечуючи високими показниками швидкості та надійності.

1.2 Виникнення концепції FTTH і FTTC

На початку 90-х років розвиток пасивних оптичних мереж (PON) супроводжувався появою різних концепцій, спрямованих на оптимізацію та покращення мережевої інфраструктури. Однією з найбільш значущих стала концепція FTTH (Fiber to the Home), яка передбачає проведення оптоволоконної мережі безпосередньо до будинку або квартири користувача. Завдяки такому підходу забезпечується високошвидкісне та надійне з'єднання, яке може підтримувати широкополосні сервіси, відеозв'язок та інші ресурсоємні онлайн-додатки, що стало особливо актуальним у сучасних умовах зростаючого попиту на швидкісний інтернет.

Поряд з FTTH також була створена концепція FTTC (Fiber to the Curb), яка передбачала підключення оптоволоконної мережі до оптичної коробки або розподільного пункту поблизу користувача, звідки вже проводиться мідне підключення до його житла. Такий підхід мав значну перевагу з точки зору економії витрат і часу на підключення нових користувачів, оскільки не

вимагав індивідуального підведення оптоволокна до кожного абонента. Завдяки цьому FTTC швидко стала популярною архітектурою, особливо в містах і густонаселених районах, де побудова мережі FTTH була б занадто дорогою та складною.

Незважаючи на технологічну перевагу FTTH, її широкомасштабне розгортання було стримане високими витратами, оскільки необхідно прокласти волокно до кожного будинку або квартири, що суттєво збільшувало бюджет проекту. Це, в свою чергу, стало основним фактором, який на ранніх етапах розвитку пасивних оптичних мереж визначив поширення саме архітектури FTTC, котра виступала більш економічно вигідним компромісом між швидкістю з'єднання та витратами на підключення.

На сьогодні зниження вартості матеріалів та покращення технологій дозволяє ширше застосовувати FTTH, що робить її доступнішою для впровадження в побутовому сегменті, особливо в новобудовах або там, де модернізується існуюча інфраструктура. Завдяки цьому FTTH стає важливим напрямом розвитку, який забезпечує високу пропускну здатність і надійність з'єднань для майбутніх потреб інтернет-користувачів.

На рисунках 1.1 буде подано діаграму для FTTH для більш чіткого розуміння архітектури

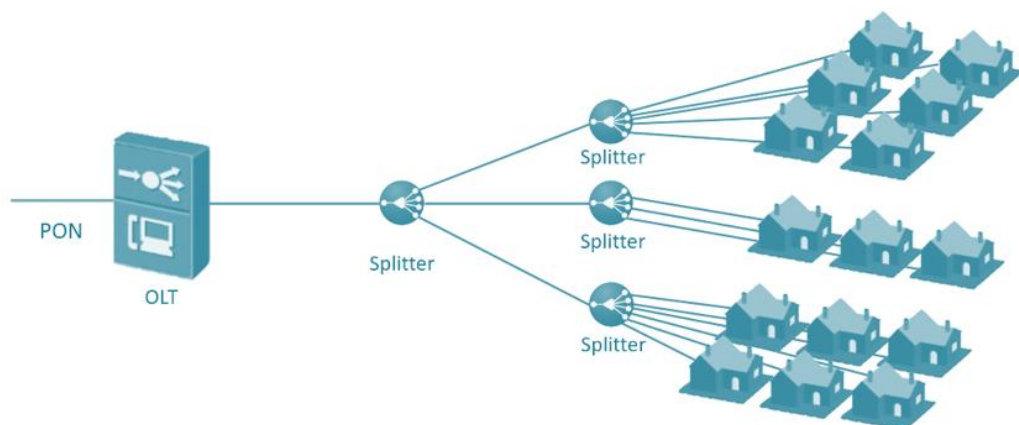


Рисунок 1.1 – Діаграма мережі FTTH

1.3 Область використання оптоволоконних мереж

Оптоволоконні мережі суттєво змінили підходи до передачі даних в мережі, завдяки своїм характеристикам, таким як: висока пропускна здатність, надійність, можливість працювати на великих відстанях. Використання технологій оптичних мереж значно розширюється та охоплює велику кількість галузей та сфер діяльності. Основними напрямками можна виділити:

- телекомунікації та інтернет-провайдери. Головна область використання оптоволоконних мереж є забезпечення високошвидкісного інтернет з'єднання та послуг зв'язку. Оптичне волокно – це основа для побудови телекомунікаційних операторів завдяки можливості передавати великі об'єми інформації та великі відстані;

- центри обробки даних. Використання оптоволоконних мереж є важливим аспектом для центрів обробки даних. Оскільки, вони потребують потужну інфраструктуру для передачі великих об'ємів інформації на високій швидкості та з мінімальними затримками;

- мережі підприємств. Оптоволоконні мережі використовуються для створення внутрішніх корпоративних мереж. Такі мережі забезпечують зв'язок між різними офісами та віддаленими співробітниками, дозволяючи швидко і безпечно передавати інформацію;

- відеоконференції та мультимедійні сервіси. Оптоволоконні мережі відіграють важливу роль у забезпеченні високоякісних мультимедійних послуг, саме відеоконференції та IPTV. Можливість передавати дані з мінімальними затримками робить оптичне волокно ідеальним рішенням для таких сфер діяльності;

- військова сфера. Військові установи використовують оптоволоконні мережі для створення безпечного зв'язку та передачі даних. Їх надійність від зовнішніх загроз робить оптичне волокно ідеальним вибором, де важлива захищеність даних;

– ігровий бізнес. Використовуються для стрімінгових сервісів, онлайн ігор, через високошвидкісне завантаження даних робить оптоволоконні мережі ідеальним вибором;

– медицина та телемедицина. У сучасній медицині оптоволоконні мережі дозволяють створювати нові можливості для лікування пацієнтів на відстані за допомогою телемедицини та дистанційних медичних операцій.

– розумні міста та інфраструктура IoT. Технологія "розумних міст" залежить від надійного та швидкого обміну даними між різними компонентами інфраструктури, включаючи датчики, камери спостереження, транспортні системи тощо. Оптоволоконні мережі виступають основою для реалізації таких рішень.

– наукові дослідження та освітні установи. Науково-дослідні установи, університети та освітні заклади використовують оптоволоконні мережі для обміну великомасштабними даними та проведення експериментів у реальному часі.

Додатково до опису сфер використання оптичного волокна було побудовано механізм функціонування оптоволоконних комунікацій у вигляді діаграми, що подано на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Система функціонування оптоволоконних комунікацій

Візуалізація даного механізму дозволить отримати базові знання, як працює оптоволоконна мережа та на якій основі вона взаємодіє з різними сферами.

Отже, оптоволоконні мережі стали основою для створення телекомунікаційної інфраструктури, надаючи високошвидкісне з'єднання мережі та швидку передачу даних великих об'ємів. Їх використання є критично важливим для розвитку індустрії і створенні нових ще більше захищених, швидких та надійних мереж.

1.4 Аналіз предметної області. Технологія PON у сучасному вигляді

Технологія PON (Passive Optical Network) є інноваційною системою передачі даних, яка забезпечує швидкий, надійний та енергоефективний доступ до інтернету та інших телекомунікаційних послуг. Однією з ключових переваг PON є відсутність необхідності в електронних пристроях на проміжних вузлах зв'язку. Це означає, що вся структура мережі між провайдером і користувачем є пасивною, тобто не потребує додаткового живлення для передавання сигналу, що суттєво знижує витрати на обслуговування та спрощує розгортання інфраструктури, особливо у віддалених населених пунктах або районах із обмеженим доступом до енергопостачання.

Архітектура PON базується на принципі «point-to-multipoint» (точка-багатоточка), що дозволяє одному оптичному волокну обслуговувати декілька абонентів одночасно. Це робиться за допомогою оптичних дільників, які розподіляють сигнал від головного оптичного кабелю на кілька кінцевих точок підключення. Завдяки такій схемі мережа має високу економічну ефективність, адже кожне нове підключення потребує мінімальних ресурсів.

Основними компонентами архітектури PON є OLT (Optical Line Terminal) та ONU (Optical Network Unit):

– OLT (Оптичний лінійний термінал) – центральний вузол, який розташовується на стороні провайдера. Його функція полягає в управлінні всіма підключеннями до мережі, розподілі трафіку між кінцевими користувачами, а також у наданні необхідних параметрів безпеки та контролю якості обслуговування (QoS). OLT здатен передавати і приймати дані у великому обсязі та з високою швидкістю, що є необхідним для підтримки сучасних телекомунікаційних сервісів, включно з IP-телебаченням, VoIP, та доступом до інтернету;

– ONU (Оптичний мережевий пристрій) – знаходиться на стороні користувача та слугує кінцевою точкою підключення до оптоволоконної мережі. ONU відповідає за прийом і декодування сигналу, що надходить від OLT, і його передачу до кінцевого обладнання абонента. ONU дозволяє отримувати високошвидкісний доступ до мережі, що робить PON ідеальним рішенням для підтримки додатків, таких як відео високої роздільної здатності, онлайн-ігри, хмарні сервіси тощо.

Між OLT та ONU використовуються оптичні дільники, що дозволяють одному оптоволоконному кабелю обслуговувати велику кількість абонентів, знижуючи потребу в прокладанні окремого волокна до кожного користувача. Це також дозволяє оптимізувати мережеві ресурси та зменшити експлуатаційні витрати, забезпечуючи при цьому якісний і стабільний зв'язок.

Система PON підтримує високу пропускну здатність, а також забезпечує високу швидкість завантаження і вивантаження даних, що особливо важливо для сучасних користувачів, які активно користуються потоковими сервісами, онлайн-іграми та хмарними додатками. Пасивна архітектура, що мінімізує потребу в електроніці, робить мережу стійкою до погодних умов і зменшує ризик збоїв у роботі, що є додатковою перевагою у порівнянні з активними оптичними мережами, де використовуються активні комутатори і повторювачі.

Саме така архітектура розгортання оптичної мережі дозволяє зменшити витрати на обслуговування та дозволяє забезпечити надійність та дозволяє

ефективно використовувати мережеві ресурси з високою швидкістю передачі даних.

Графічне представлення даної архітектури використання технології PON, подано на рисунку 1.3.

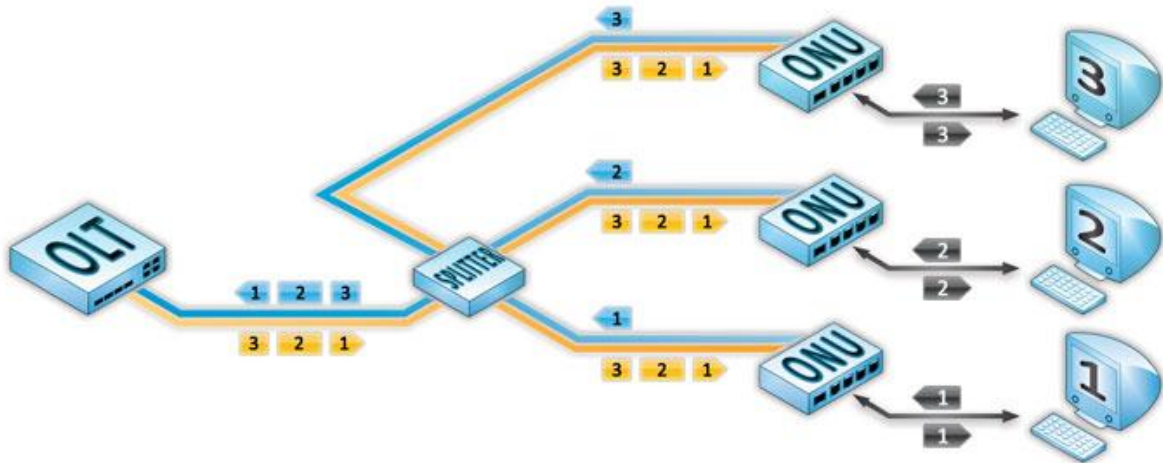


Рисунок 1.3 – Технологія PON

1.5 Постановка завдань на кваліфікаційну роботу

Визначення вимог до створюваного проекту є одним із ключових етапів, який впливає на подальше проектування та реалізацію оптоволоконної мережі. На цьому етапі важливо врахувати всі фактори, від особливостей розташування населеного пункту до специфічних вимог щодо швидкості та якості з'єднання. Це дозволить не лише оптимально побудувати мережу, але й забезпечити її надійність та економічну ефективність. Основні кроки на цьому етапі включають розподіл на зони, підбір відповідного обладнання, оцінку потенційного навантаження та прорахунок параметрів для уникнення перевантаження або втрати якості сигналу.

Для досягнення мети роботи було визначено такі задачі:

– розподіл населеного пункту на сегменти – необхідно сформулювати карту з урахуванням географії та щільності забудови, визначивши оптимальні точки для розташування дільників PON. Це дозволить оптимально

розподілити навантаження та мінімізувати витрати на будівництво мережі, забезпечуючи при цьому якісне покриття;

– розробка схеми зварювання оптоволоконного кабелю – створення чіткої схеми для зварювання та прокладання оптоволоконного кабелю забезпечить належний розподіл сигналу по населеному пункту. Схема повинна враховувати топографічні особливості та можливі перепони, що сприятиме оптимізації процесу прокладання та забезпеченню стабільної роботи мережі;

– Розрахунок загасання сигналу для кожного діляника – критично важливо точно визначити рівень загасання сигналу в кожній точці діляника. Це потребує обчислення характеристик волокна, довжини кабелю, кількості та типів з'єднань. Правильний розрахунок дозволить запобігти втратам якості зв'язку та гарантує, що користувачі отримуватимуть заявлену швидкість та стабільність інтернет-з'єднання;

– Підведення підсумків та аналіз – на завершення проекту необхідно підсумувати всі отримані результати, зіставити їх із запланованими вимогами та провести аналіз. Це включає оцінку можливих ризиків, перевірку економічної доцільності та розробку рекомендацій щодо подальшої експлуатації або масштабування мережі.

Таким чином, ретельне визначення вимог та дотримання структури задач дозволить побудувати ефективну, надійну та високошвидкісну оптоволоконну мережу, яка буде відповідати сучасним стандартам та забезпечувати користувачів стабільним інтернет-з'єднанням.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ

2.1 Аналіз потреб користувачів і характеристик населеного пункту

Аналіз потреб користувачів є важливим етапом для побудови та визначенні ключових вимог до високошвидкісної інтернет мережі на основі технології PON та GPON. Перед розгортанням мережі необхідно враховувати різні категорії користувачів, що включають приватні домогосподарства, багатоквартирні житлові будинки, комерційні установи та соціальні об'єкти, такі як школи, лікарні, бібліотеки. Кожна з категорій має свої вимоги до якості мережі та пропускну здатності, що потребує створення гнучкого підходу до планування структури мережі і пропускну здатності.

Приватні будівлі та домогосподарства зазвичай потребують стабільного та швидкого доступу до особистих потреб, наприклад, такі як перегляд відео, онлайн ігри, дистанційне навчання, взаємодія з хмарними сервісами або пошук необхідної інформації. Висока швидкість завантаження та вивантаження є важливими для комфорту користувачів, особливо в умовах зростаючої популярності відеоконференцій і віддаленої роботи. Багатоквартирні будинки часто мають велику кількість абонентів на обмеженій території, що створює додаткове навантаження на мережу. Саме в таких умовах необхідно визначити та забезпечити оптимальну інфраструктуру для підключення великої кількості клієнтів без значних втрат зв'язку.

Комерційні установи, такі як офіси, магазину та будь-які підприємства мають свою вимоги до мережі, оскільки вони постійно використовують корпоративні додатки, що вимагають захищеного інтернет з'єднання з високою пропускну здатністю. Для них критично важливим є якість обслуговування (QoS), щоб забезпечити належний рівень надання послуг клієнтам та безперебійну роботу онлайн-ресурсів, що може включати відеоспостереження, онлайн-торгівлю та обробку великих обсягів даних.

Соціальні заклади, такі як школи та лікарні, також потребують стабільного доступу до інтернету для забезпечення безперервної роботи освітніх та медичних послуг, особливо з огляду на зростання попиту на дистанційні консультації та освітні програми.

Важливою частиною побудови інфраструктури в населеному пункті є необхідність враховувати можливість розширення, що дозволить побудувати мережу в сусідніх містах. Це дозволить не лише забезпечити доступ усім користувачам, але й сприятиме соціально-економічному розвитку населеного пункту. Необхідною частиною високошвидкісної мережі є забезпечення користувачів захистом, оскільки, зростає кількість кіберзагроз.

Отже, різні потреби користувачів формують різні вимоги до створення архітектури мережі, щодо зон покриття, потужності обладнання та кінцевих пристроїв.

2.2 Вимоги до пропускної здатності та якості обслуговування

Важливим аспектом під час проектування високошвидкісної мережі з використанням технології PON є надання та забезпечення потрібної пропускної здатності та якості. Пропускна здатність необхідна для визначення обсягу даних, що будуть передані за певну одиницю часу. Якість включає в себе стабільність, мінімізацію затримок, втрату пакетів та інші показники, що також впливають на стабільність мережі. Саме ці аспекти дозволять забезпечити користувачів стабільним інтернет з'єднанням.

Забезпечення якості обслуговування потребує врахування трафіку, що будуть проходити через мережу. Наприклад, послуги потокового відео, онлайн ігор, відеоконференцій або інші потребують стабільного з'єднання з мінімальною кількістю затримок, адже це може вплинути на якість роботи сервісу чи послуги. Крім того, важливим є налаштування параметрів QoS, які дозволяють належним чином обробляти критично важливий трафік, уникати

перевантаження мережі і підтримувати високу якість з'єднання навіть за пікових навантажень.

Окремі вимоги до пропускної здатності виникають з урахуванням різних типів користувачів мережі. Для приватних домогосподарств мінімальною вимогою є швидкість від 100 Мбіт/с, що дозволяє одночасно використовувати різні інтернет-сервіси: від перегляду відео до віддаленої роботи. Багатоквартирні будинки з великою кількістю користувачів вимагають вищих показників пропускної здатності для забезпечення комфортного підключення всіх абонентів. Для комерційних об'єктів, що займаються обробкою даних, відеоспостереженням чи онлайн-торгівлею, важливим є надання каналів зі швидкістю понад 1 Гбіт/с з низькою затримкою, що забезпечить надійний зв'язок і швидкий обмін даними.

Пропускна здатність повинна враховувати не лише поточний попит, але й можливість розширення в майбутньому з урахування інфраструктури та можливої появи нових послуг. Для цього побудована мережа повинна бути масштабованою, щоб була можливість зростання користувачів без значних затрат на оновлення обладнання.

Дотримання параметрів якості обслуговування є важливим процесом для забезпечення надійної та захищеної мережі, що задовільнити потреби та вимоги користувачів. Це включає в себе підтримку стабільної швидкості передачі даних, мінімальних затримок (до 10 мс для критичних додатків), відсутність втрати пакетів та мінімальні переривання. Забезпечення цих показників досягається шляхом правильного планування мережевої інфраструктури, розподілу навантаження та налаштування пріоритетів для різних типів трафіку.

Підсумовуючи, вимоги до пропускної здатності та обслуговування якості будують безпечне та стабільне з'єднання для користувачів, але й побудують фундамент для подальшого масштабування та розвитку мережі.

2.3 Вимоги до розподілу мережі та зон покриття

Розгортання мережі з використанням технології PON передбачає ефективно та детальне планування зон покриття та чіткого розподілу ресурсів мережі. Вимоги до ділянок населеного пункту визначаються, зокрема, територіальними та демографічними особливостями, де будується мережа та з урахуванням кількості користувачів для кожної ділянки. Основна мета є забезпечення доступу до мережі для всіх мешканців населеного пункту, незалежно від місця проживання, шляхом будівництва оптимальної та чітко визначеної структури мережі, що буде відповідати всіх вимогам і потребам.

На початкових етапах важливо провести розподіл населеного пункту та декілька зон з урахуванням густоти населення. Даний фактор дозволить ефективно планувати використання ресурсів мережі, зменшуючи відстань між обладнанням та кінцевими точками. Наприклад, у щільно заселених районах з багатоквартирними будинками буде доцільно розташувати оптичні дільники ближче до користувачів, щоб зменшити втрати сигналу та забезпечити стабільний доступ для всіх мешканців. Віддалені або менш густонаселені райони можуть обслуговуватись із більш віддалених точок розподілу, але з урахуванням потреб у мінімізації втрат і забезпечення необхідної пропускну здатності.

Для кожної зони необхідно мати свою топологію, що забезпечуватиме оптимальним зв'язком між вузлами мережі. Центром оптичної мережі (OLT), що розташований на стороні провайдера та до якого підключені дільники. Дільники виконують функцію розподілу одного волокна на кілька кінцевих точок, що з'єднують абонентів через оптичні мережеві блоки (ONU) або оптичні мережеві термінали (ONT). Потрібно розрахувати кількість дільників і кінцевих точок, враховуючи пропускну здатність кожного з них, щоб забезпечити стабільність з'єднання навіть у випадку максимального навантаження.

Підтримка високої якості сигналу та створення мінімізації втрат оптичного сигналу для кожної зони, необхідно правильно розміщувати оптичні дільники. Вибір місця розташування дільників і прокладання кабелю має враховувати інфраструктуру населеного пункту. Це дозволить зменшити витрати на будову мережі та підвищить безпеку і надійність. Кожна ділянка повинна відповідати стандартам якості обслуговування та забезпечити необхідний рівень обслуговування.

Для зон з високою концентрацією користувачів, зокрема комерційних та соціальних об'єктів (школи, лікарні), потрібно передбачити збільшену пропускну здатність, а також можливість розширення в майбутньому. Це дозволяє забезпечити масштабованість мережі та її адаптацію до можливого зростання кількості підключень і підвищення вимог до швидкості з'єднання. Відповідно, у кожній зоні важливо передбачити додаткові резервні потужності для стабільної роботи в умовах пікового навантаження.

Загалом, правильний розподіл мережі та зон покриття є основою для побудови ефективної, стабільної та масштабованої мережі, що здатна забезпечити якісний інтернет-зв'язок у населеному пункті. Такий підхід дозволяє не лише задовольнити поточні потреби, а й підготувати мережу до подальшого розвитку та зростання числа користувачів.

2.4 Технічні вимоги до основних компонентів мережі

Технологія PON (Passive Optical Network) є ефективним рішенням для забезпечення високошвидкісного інтернету в населених пунктах. Вона базується на пасивній оптичній мережі, що мінімізує використання активного обладнання та робить її більш надійною і ефективною. Для отримання необхідних вимог до роботи мережі, необхідно обирати краще обладнання за своїми технічними характеристиками, що дозволить не оновлювати обладнання щороку. Необхідно описати основні компоненти мережі та визначити технічні вимоги.

Центральний вузол мережі (Optical Line Terminal). OLT є основним активним компонентом, що розташований у центральному вузлі (Data Center). Його основна мета полягає у генерації сигналів, управління мережею та з'єднання з зовнішніми провайдерами. Технічні вимоги подано на діаграмі 2.1.

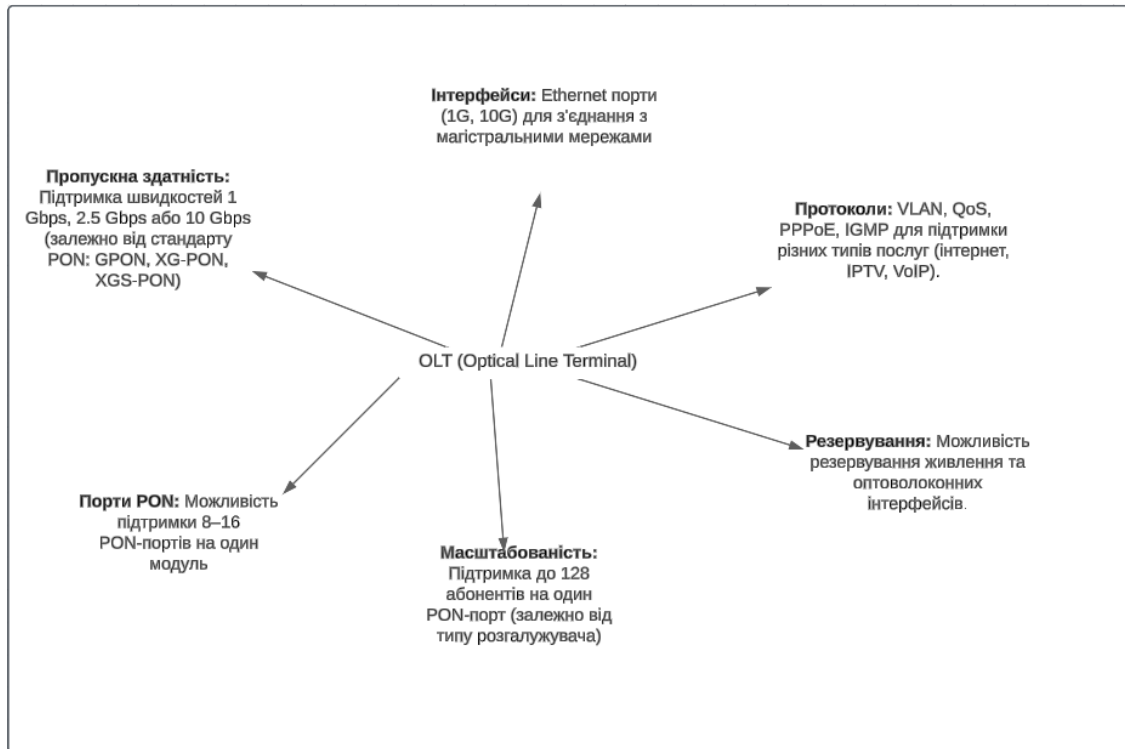


Рисунок 2.1 – Технічні вимоги для центрального вузла мережі

Пасивна інфраструктура, що включає в себе оптичні кабелі та розгалужувачі потребує з'єднання з OLT та кінцевими користувачами. Підключення відбувається через розгалужувачі без використання активного обладнання. Діаграму технічних вимог для пасивної інфраструктури подано на рисунку 2.2.

Кінцеві пристрої такі як ONU (Optical Network Unit) та ONT (Optical Network Terminal), обов'язково встановлюються у користувачів для підключення їх до мережі PON. Діаграму технічних вимог для кінцевих пристроїв ONU та ONT подано на рисунку 2.3.

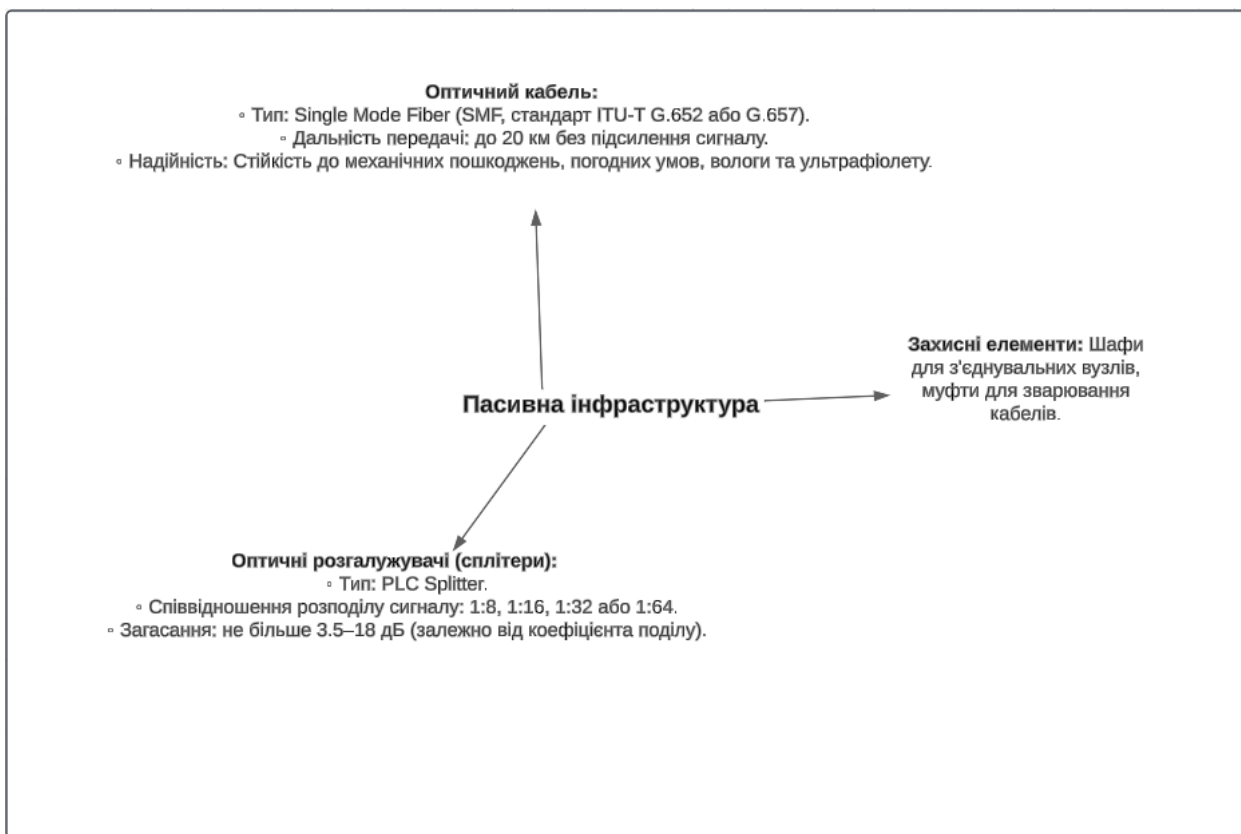


Рисунок 2.2 – Технічні вимоги для пасивної інфраструктури

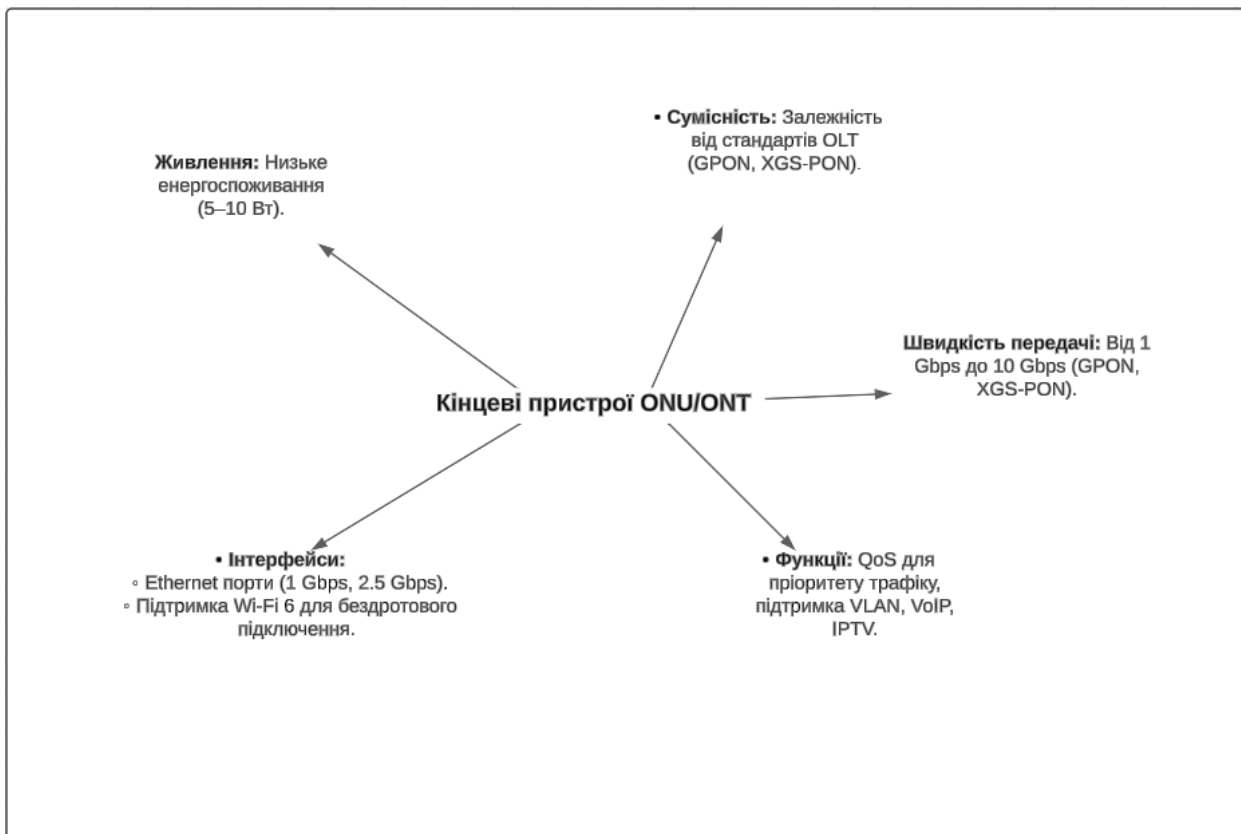


Рисунок 2.3 – Технічні вимоги для кінцевих пристроїв ONU/ONT

Для забезпечення надійності мережі необхідно враховувати живлення та резервування:

- джерело безперебійного живлення. Забезпечить живленням OLT у разі перебоїв із електроенергією;
- резервування каналу. Необхідно застосовувати два магістральних з'єднання для зменшення ризику відключення мережі.

Наступні технічні вимоги також присутня для систем моніторингу та управління. Основною метою є контроль стану мережі, обробка аварійних ситуацій та аналіз трафіку. Основними технічними вимогами є:

- підтримка SNMP для управління мережею;
- система для моніторингу трафіку користувача та загальної мережі;
- необхідна можливість діагностування ліній. Наприклад, OTDR-тестування.

Дотримуючись всіх технічних вимог до елементів технології PON, буде забезпечено високу швидкість, масштабованість та енергоефективність інфраструктури. Успішна реалізація проекту по побудові мережі в населеному пункті потребує детального планування та використання кращих компонентів.

2.5 Вимоги до надійності та стійкості мережі

У сучасному світі доступ до високошвидкісної мережі є одним із найважливіших аспектів для розвитку інфраструктури населених пунктів. Доступ до інтернету підтримує економічний розвиток, сприяє вдосконаленню освітніх процесів, розвиток медицини та інших сфер діяльності. Створення стабільного та швидкісного з'єднання стає найважливішим завданням для населення.

Однак для забезпечення ефективності мережі PON недостатньо впровадити інфраструктуру. Створення надійності та стійкості мережі є ключовими факторами, які визначають здатність працювати без перебоїв у разі критичних ситуацій або зовнішніх факторів. Висока надійність та стійкість

забезпечують безперервний доступ до Інтернету для абонентів та підтримують якість наданих послуг.

У цьому розділі буде розглянуто основні вимоги до надійності та стійкості мережі, які слід враховувати при впровадженні PON у населеному пункті. Дані вимоги будуть охоплювати аспекти резервування, захисту фізичних пошкоджень, стійкості до відмов, можливості масштабування та захисту. Основні вимоги до надійності та стійкості мережі є:

– резервування мережі. Резервування повинно охоплювати різні види, такі як пасивне резервування, активне резервування, та протоколи резервування. Пасивне резервування – це використання кількох оптичних волокон для забезпечення додаткових шляхів передачі даних. Активне резервування – це налаштування резервного обладнання в центральних вузлах мережі. Протоколи резервування – повинно включати такі, як к G.8032 (Ethernet Ring Protection Switching), для мінімізації простоїв у кільцевих топологіях;

– захист від фізичних пошкоджень. Захист включає в себе якісну прокладку кабелів, та маршрутизацію кабелів. Якісна прокладка оптичного волокна повинна бути прокладена в захищених каналах (труби, колектори) для запобігання пошкоджень. Розташування кабелів повинно бути у різних фізичних маршрутах, щоб уникати одночасних пошкоджень основного та резервного волокна;

– висока пропускна здатність. Використання актуальних стандартів та обов'язкових розподіл пропускної здатності є ключовим аспектом. Актуальність сучасних стандартів PON, таких як GPON, XG-PON необхідні для підтримки швидкості 10 Гбіт/с;

– висока стійкість від відмов. Під час впровадження інфраструктури обов'язкове використання надійного обладнання. Надійне обладнання включає в себе високоякісні компоненти, зокрема OLT, ONU, ONT. Необхідна реалізація моніторингу станів компонентів системи для виявлення потенційних збоїв;

– захист від зовнішніх впливів. Необхідно враховувати погодні умови. Забезпечення герметизації зовнішніх кабелів та розподільних коробок дозволить вберегти елементи реалізованої інфраструктури;

– система управління моніторингу. Використання централізованого управління, програмного забезпечення та функцій аварійного сповіщення надає велику кількість переваг. Централізоване управління необхідне для впровадження системи моніторингу для управління мережею. Програмне забезпечення в свою чергу використовується для моніторингу стану з'єднань та навантажень на мережу. Використання функцій аварійного сповіщення дозволить отримувати автоматичні повідомлення про збої з можливістю віддаленого втручання для вирішення проблеми;

– стійкість до атак. Шифрування даних включає використання протоколів для захисту інформації абонентів. Мережевий екран дозволить використовувати системи для запобігання вторгнення;

– масштабованість. Для забезпечення масштабованості системи необхідно використовувати модульну архітектуру та гнучкі технології. Модульна архітектура включає планування мережі таким чином, щоб в будь-який час можна було підключити нових абонентів. Використання гнучких технологій, а саме різних версій PON, дозволить нарощувати швидкість та кількість нових абонентів.

Використання та дотримання основних вимог до надійності та стійкості мережі є важливим аспектом під час впровадження архітектури PON у населеному пункті. Повне застосування перелічених вимог дозволить створити ефективну мережу, що буде відповідати сучасним стандартам та забезпечувати стабільну роботу.

2.6 Вибір типу кабелю кручена пара UTP або FTP

Використання кабелів типу кручена пара є ефективним рішенням під час структуруванні оптичної мережі. Їх використання дозволяє побудувати не

тільки локальні комп'ютерні мережі, але й створення мережі для абонентського доступу з використанням Ethernet.

Розглядаючи детально структуру кабелів, можна побачити, що кабель складається з ізольованих мідних або біметалічних жил, що скручені в окремі пари. Такі пари формують основну частину кабелю, скручуючись між собою та на які накладається захисна оболонка. Додатково, під оболонкою можуть розміщувати металевий екран, що буде захищати кабель від електромагнітних впливів.

У деяких конструкціях екрани можуть накладатися на окремі пари всередині кабелю для захисту від взаємного впливу між ланцюгами передачі.

Розглянемо типи зовнішніх кабелів за наявністю екранів:

– неекранований кабель маркується UTP (Unshielded Twisted Pair).

Структура кабелю подана на рисунку 2.4;

– екранований фольгою – FTP (Foiled Twisted Pair). Структура кабелю подана на рисунку 2.5;

– іноді до конструкції додається екран у вигляді обплетення дротів. Кабель маркується - STP (Shielded Twisted Pair) або SFTP (якщо використовуються обидва екрани). Структура кабелю подана на рисунку 2.6.

Детальний огляд структур кабелів UTP, FTP і S/FTP є важливим для вибору правильного типу кабелю відповідно до умов експлуатації, оточення, вимог до продуктивності та захисту від перешкод.



Рисунок 2.4 – Структура кабелю UTP

FTP



Рисунок 2.5 – Структура кабелю FTP

SFTP



Рисунок 2.6 – Структура кабелю SFTP

Перед використанням і вибором типу зовнішнього кабелю необхідно проаналізувати та визначити основні переваги та відштовхуватись від потреб та можливостей.

Переваги кабелю UTP:

– економічність. UTP є одним із найдешевших типів кабелів, що робить його кращим вибором для закритих приміщень, таких як офіси та домашні мережі;

- легкість монтажу. Відсутність екранування кабелю зменшує вагу кабелю та збільшує зручність встановлення у складних умовах;
- сумісність. Легке використання та взаємодія з елементами мережевого обладнання;
- мінімальна вимога до заземлення. Через відсутність екранізації, потреба в чіткому налаштуванні заземлення відсутня.

Переваги кабелю FTP:

- середній рівень захисту. Екранізація із фольги допомагає мінімізувати вплив зовнішніх електромагнітних перешкод. Використання кабелю у міських районах є ефективним рішенням;
- стабільний сигнал. Екранування зменшить втрату сигналів, що забезпечує більш стабільну роботу;
- доступність. FTP є більш економічним, ніж S/FTP, але пропонує значний захист у порівнянні з UTP;
- оптимальна ціна/якість. Забезпечення кращої продуктивності у помірно складних умовах.

Переваги кабелю SFTP:

- максимальний захист від перешкод. Екранування окремих пар забезпечує максимальну стійкість до зовнішніх електромагнітних і радіочастотних завад;
- висока пропускна здатність. Забезпечення стабільною роботою із можливістю передачі великих обсягів інформації;
- зменшення перехресних завад. Екранування кожної пари мінімізує вплив сигналів між парами в одному кабелі, що важливо для високошвидкісних передач;
- довговічність. Використання якісних матеріалів збільшить термін служби навіть у складних умовах.

Таким чином, вибір правильного типу кабелю для структурованих кабельних системи є критично важливою частиною для створення та забезпечення стабільності і надійності мережі. Ретельний аналіз умов

експлуатації, вимог до швидкості передачі даних та рівня перешкод допоможе обрати оптимальний варіант. Правильно підібраний кабель не лише покращить якість передачі даних, але й знизить ризики технічних збоїв у мережі.

2.7 Економічні та правові вимоги

В умовах стрімкого зростання та розвитку цифрових технологій, наприклад, високошвидкісний інтернет можуть стати основою для створення якісного життя та легкого функціонування бізнесів у населених пунктах. Однією із основних технологій є побудова інфраструктури PON (Passive Optical Network), що відкриває можливості використання швидкої мережі та відповідатиме потребам та вимогам користувачів у поєднанні із стабільністю та високою пропускнуою здатністю. Впровадження таких можливостей мережі потребує комплексного відходу, що буде включати в себе як економічні та правові аспекти.

Економічний аспект зосереджений на аналізі та оптимізації витрат, розробку стратегії, плану та інших елементів для довгострокової вигоди проекту.

В свою чергу, правовий аспект охоплює дотримання законодавства, отримання необхідних дозволів та рішень, захист прав користувачів, що створить легальність і безпечність впровадження.

Таким чином, забезпечення високошвидкісною мережею з використанням PON, потребує ретельного аналізу економічної доцільності. Основними економічними аспектами є:

- вартість впровадження інфраструктури. Закупівля обладнання, таких як оптичні кабелі, дільники, OLT та інші. Вартість проведення монтажних робіт, підключення кінцевих точок та налаштування систем;

- оцінка економічної ефективності. Визначення оцінки проекту включає розрахунок періоду, через який інвестиції в проект будуть повернені. Перед

встановленням тарифів необхідно проаналізувати платоспроможність населення;

– поточне обслуговування. Необхідно підтримувати обладнання та інфраструктуру у належному стані. Оцінювати можливі ризики під час пошкоджень мережі;

– ефекти для місцевої економіки. Проводити залучення абонентів через акції або зниження тарифів.

Забезпечення інтернет-мережі за технологією PON потребує дотримання низки правових норм, зокрема:

– ліцензування діяльності. Провайдер повинен отримати ліцензію на надання та створення телекомунікаційних послуг відповідно до законодавства;

– законодавство про телекомунікації. Дотримання Закону України «Про телекомунікації», який регулює порядок організації мереж зв'язку, права та обов'язки операторів і споживачів;

– будівельні норми та стандарти. Виконання вимог до проектування та будівництва оптичних мереж відповідно до ДБН (державних будівельних норм) та інших технічних регламентів;

– екологічні вимоги. Проектування і будівництво мережі повинно враховувати мінімізацію впливу на навколишнє середовище;

– отримання дозволів. Отримання дозволів від місцевих органів влади на проведення будівельно-монтажних робіт, використання земельних ділянок для прокладання мережі.

Підсумовуючи, економічні та правові аспекти відіграють важливу роль під час забезпечення населеного пункту мережею. Грамотне планування економічних витрат та відповідність правовим нормам є запорукою успішного впровадження проекту, що сприятиме розвитку цифрової інфраструктури та покращенню якості життя мешканців.

2.8 Проектні рішення, що будуть впроваджені в інфраструктуру мережі PON

Під час опису інфраструктури і визначенні всіх аспектів було прийняте рішення створити проектні рішення, що будуть впроваджені. Визначені ключові проектні рішення щодо побудови ТКМ, включаючи вибір обладнання, пропускну здатність мережі, характеристики кабельних систем, та особливості підключення абонентів.

Основною метою проекту – забезпечити якісне функціонування мережі, здатної обслуговувати велику кількість користувачів з дотриманням стандартів передачі даних.

Визначені проектні рішення:

- загальні вимоги. Розрахунки технологічної кабельної мережі (ТКМ) виконані відповідно до стандартів IEEE 802.3x та вимог до мереж категорії 5e з підтримкою Gigabit Ethernet на виході з обладнання МОВ;

- пропускну здатність. Пропускна здатність магістральних каналів від 1000 до 10000 Мбіт/с. Пропускна здатність абонентських каналів до 2500 Мбіт/с;

- використане обладнання. В проекті необхідно використати такі активні елементи: концентратор з модулями від компанії ZTE. SFP-модулі від компанії FoxGate;

- Будівництво ВОЛЗ. Для будівництва лінії використовується повністю діелектричний самонесучий оптичний кабель (ВОК);

- сумісність обладнання. Допускається використання обладнання інших виробників за умови відповідності його характеристик специфікаціям зазначеного обладнання та наявності необхідних сертифікатів відповідності;

- місткість мережі. Проектом передбачено можливість підключення до 1536 абонентів відповідно до специфікації ПКМ.17032-С.

- підключення абонентів. Для підключення абонентів до ТКМ слід використовувати зовнішні оптичні дільники типу FTTH з оболонкою LSZH,

яка включає діелектричний силовий елемент FRP та волокно G.657.A. У цьому проекті ділянки до абонентів та роботи по їх прокладці не враховуються.

Таким чином, дотримавшись всіх проектних рішень забезпечить створення сучасної мережі, яка буде відповідати міжнародним стандартам та в повному обсязі забезпечить необхідною пропускнуою здатністю і надійністю.

Використання обладнання із зазначеними технічними характеристиками дозволить досягти надійності у відмовах та продуктивності і стабільності роботи мережі.

Реалізація цього проекту та впровадження проектних рішень створить міцну основу інфраструктури для забезпечення стабільного і швидкого доступу до мережі, що стане важливим етапом у розвитку телекомунікаційних мереж у населеному пункті. У разі повного використання рішень та відповідності вимогам, що були описані в цьому розділі, мережа буде повністю відповідати всім вимогам щодо сучасності та ефективності.

3 ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ. ПОБУДОВА ПЛАНУ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕРЕЖІ

3.1 Сучасне рішення побудови розподільчих вузлів телекомунікаційної мережі

Пасивні оптичні мережі (PON) є основою сучасної телекомунікаційної інфраструктури завдяки своїй ефективності, надійності та мінімальним експлуатаційним витратам. Основне завдання під час проектування таких мереж полягає в оптимальному розподілі сигналу за допомогою розподільчих вузлів, що забезпечує мінімальні втрати, швидке підключення абонентів і гнучкість у масштабуванні мережі.

Розподільчі вузли являють собою фізичні конструкції (оптичні бокси або муфти), які встановлюються на опорах чи стінах у зонах проживання потенційних абонентів. Ці вузли забезпечують:

- розподіл вхідного оптичного сигналу між користувачами у населеному пункті;
- захист оптичних кабелів від механічних ушкоджень та впливу навколишнього середовища;
- легкість обслуговування й масштабування мережі.

До внутрішньої та зовнішньої частини ящиків обов'язково включають такі елементи під час їх використання:

- оптичний ящик. Корпус, що захищає внутрішні компоненти;
- оптична патч-панель 1U. Забезпечує з'єднання кабелів через адаптери;
- OLT ZTE ZX10. Основне обладнання для передачі управління оптичним сигналом;
- АКБ 12В. Автономне джерело живлення;
- автоматичний вимикач. Забезпечує захист електроланцюгів;

- волоконно-оптичний кабель. Основний елемент для транспорту сигналів;
- блок з 3-х розеток. Джерело живлення для активних елементів інфраструктури;
- комплект кріплення. Використовується для фікції обладнання на опори чи стіні;
- стяжка нейлонова. Необхідна для організації кабелів.

Цей перелік матеріалів не є повноцінним, оскільки різні ситуації потребують різні елементи.

Для таких рішень необхідно використовувати тільки оптичні ящики для зовнішнього використання. Саме такі ящики мають відкидну касету на внутрішній стороні, в якій знаходяться тримачі гільз та місце для розміщення оптичного дільника. На зовнішній стороні касети знаходиться панель адаптерів до якої підключаються конектори від дільника, а з іншої місця для абонентських кабелів для підключення нових користувачів.

На рисунку 3.1 представлено схему розподілу елементів оптичного ящика.

Сучасні розподільчі вузли в пасивних оптичних мережах є критично важливою частиною в телекомунікаційної інфраструктури. Вони не тільки допомагають провести ефективний розподіл оптичного сигналу між абонентами, але й надати гнучкість під час масштабування мережі та мінімізації витрат і простоту обслуговування.

Використання таких вузлів робить легке реагування на зростання запитів користувачів на підключення мережі та впровадження нових технологій, таких як XG-PON та NG-PON2, що підтримують більш високі можливості передачі даних та більшу кількість підключень абонентів.

Таким чином, розподільчі вузли використовуються не тільки як технічні елементи мережі, а представлені ключовим аспектом для забезпечення ефективною та високошвидкісною мережею населення.

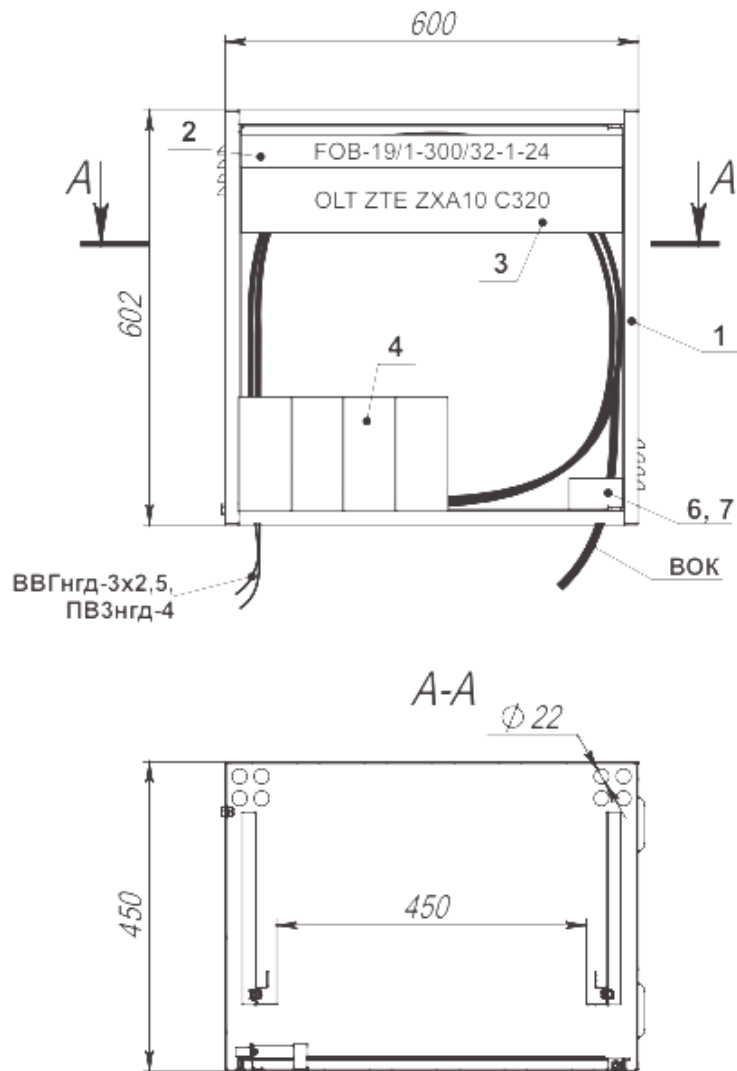


Рисунок 3.1 – Схема розподілу елементів оптичного ящика

3.2. Методи кріплення обладнання для прокладання оптичного кабелю

Оптичне волокно є одним із найефективнішим засобом передачі даних, що має високу пропускну здатність та з низьким рівнем затухання сигналу. Для прокладання оптичного волокна та використання відповідного обладнання обирається від багатьох факторів, зокрема типу кабелю, умов місцевості та кліматичних умов, в яких експлуатуватиметься кабель.

Правильно організовані кріплення не лише забезпечують надійну експлуатацію мережі, але й знижують витрати на обслуговування та мінімізують ризик пошкоджень.

Основні методи кріплення включають:

– кріплення на опорах. Оптичний кабель монтується на опорах (дерев'яних, металевих, залізобетонних) з використанням спеціальних компонентів;

– прокладання в каналізації. У міських умовах оптичний кабель прокладається в підземній частині міста, де присутні додаткові аспекти;

– кріплення на будинках. Використовуються спеціальні фасадні кронштейни, які забезпечують кріплення кабелю вздовж будівельних конструкцій.

До цих методів кріплення проект має містити інформацію про правильне їх застосування у графічному вигляді. Для цього було прийняте рішення розробити декілька моделей, що демонструють монтаж елементів кріплення під час прокладання оптичного волокна в населеному пункті. На рисунку 3.2 подано фрагмент кріплення між будинками.

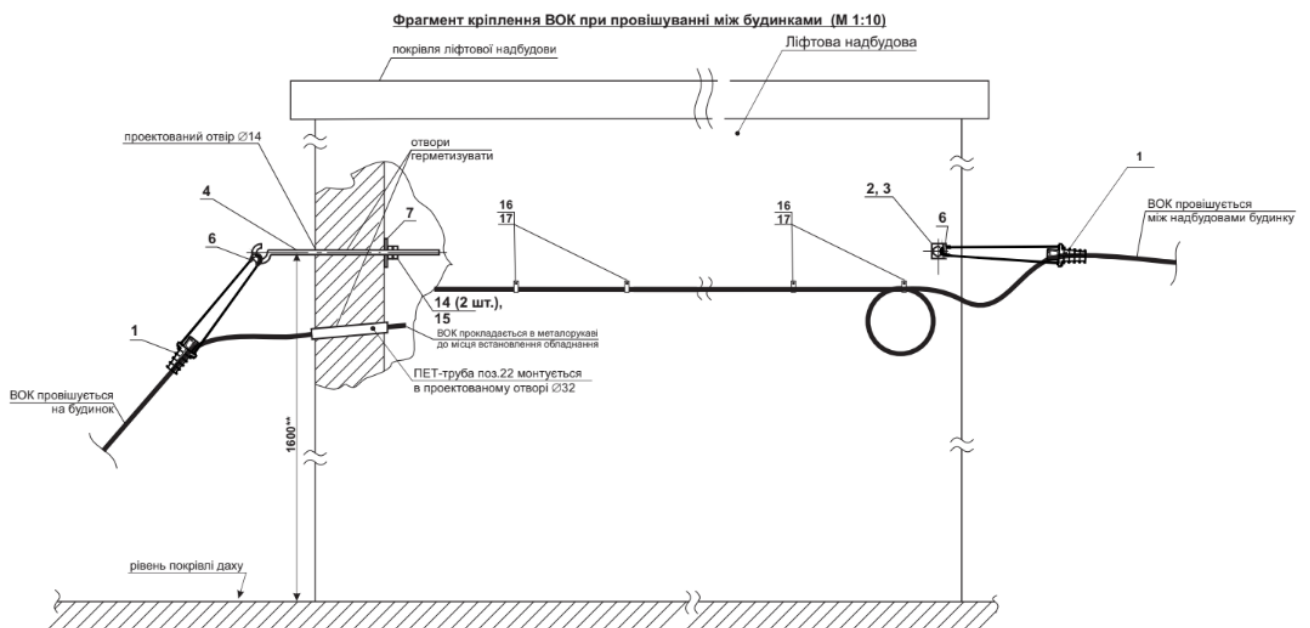


Рисунок 3.2 – Кріплення обладнання між будинками

На рисунку 3.3 подано фрагмент кріплення ВОК за відсутності надбудові на даху будинку та фрагмент кріплення ВОК за відсутності надбудові на даху будинку.

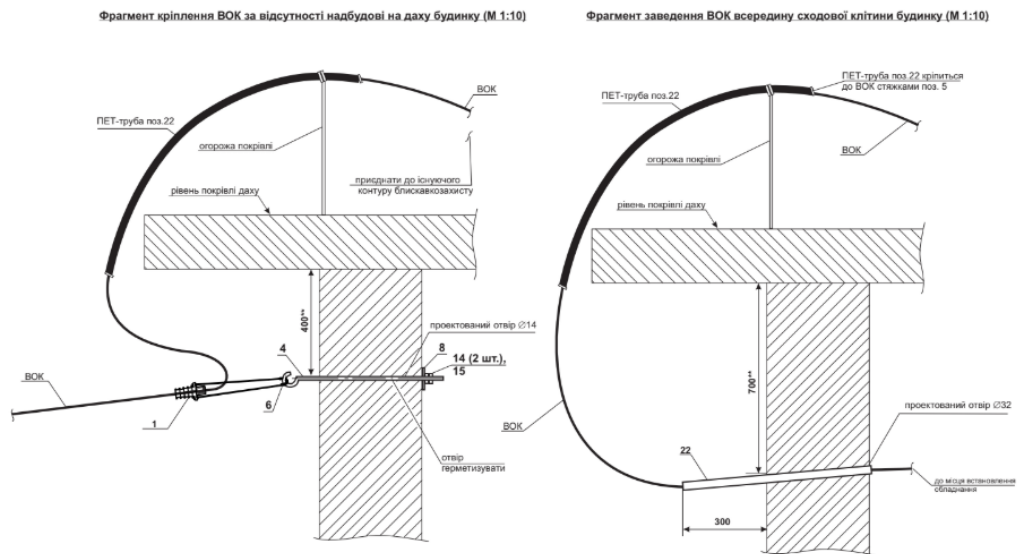


Рисунок 3.3 – Фрагменти кріплення на даху будинку

На рисунку 3.4 подано фрагмент кріплення ВОК на будинках з шатровим дахом

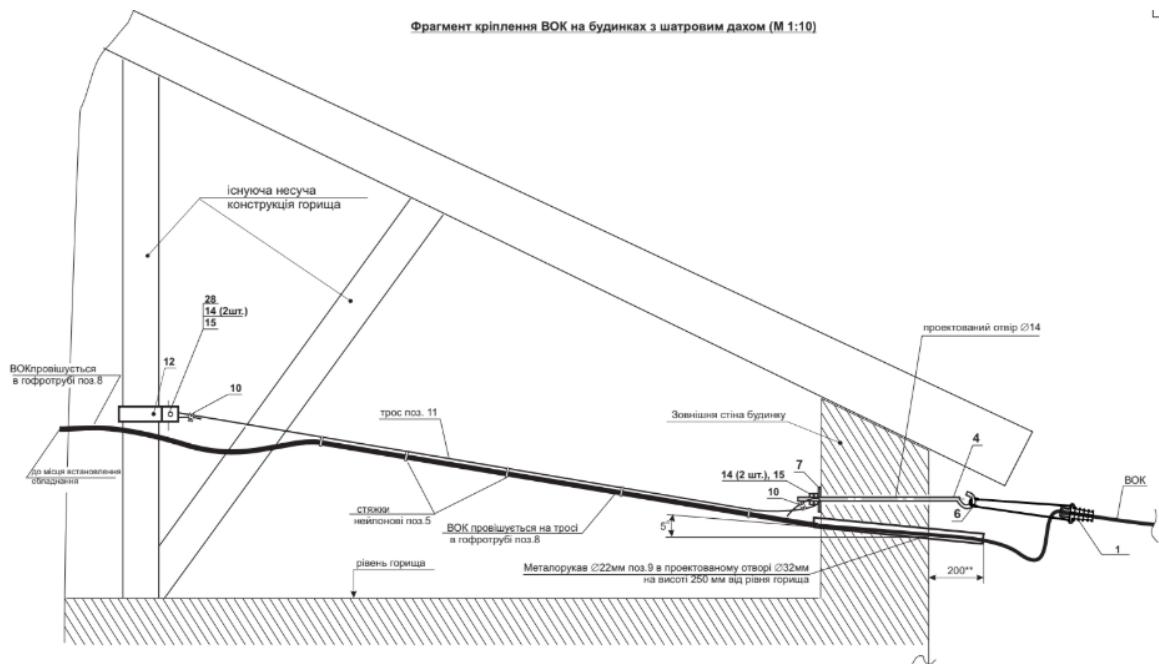


Рисунок 3.4 – Фрагмент кріплення на будинку з шатровим дахом

3.3 Ідентифікація волокна в оптоволоконному кабелі

В оптоволоконних кабелях використовується стандартизована система кольорового маркування волокон, в залежності від кабелю. Кожен номер волокна в кабелі має свій колір зовнішньої оболонки, що дозволяє швидко ідентифікувати окремі волокна в момент зварювання, обслуговування та ремонту. Дана ідентифікація важлива, якщо кабель містить десятки або сотні волокон.

На рисунку 3.5 подано стандарт, що використовується для маркування кабелів з використанням кольорової палітри.

Число волокон в оптическом модуле						Цвет волокна
2	4	6	8	10	12	
●	●	●	●	●	●	Красный
●	●	●	●	●	●	Желтый
	●	●	●	●	●	Зеленый
	●	●	●	●	●	Синий
		●	●	●	●	Коричневый
		●	●	●	●	Черный
			●	●	●	Оранжевый
			●	●	●	Фиолетовый
				○	○	Белый
				●	●	Серый
					●	Бирюзовый
					●	Розовый

Рисунок 3.5 – Маркування волокон за допомогою кольорів

Таким чином, знаючи та розрізняючи маркування можна визначити переваги та для чого воно потрібне.

– ідентифікація. Завдяки кольорам технічний персонал може знайти потрібне волокно;

– прискорення роботи. Монтаж і обслуговування оптоволоконного кабелю значно спрощуються, якщо кожне волокно чітко марковане;

– сумісність стандартам. Використання стандартного кольорового кодування забезпечує уніфікацію між різними виробниками і спрощує міжнародну співпрацю.

Існують міжнародні стандарти, такі як EIA/TIA-598 та інші, які регламентують різне кольорове маркування волокон у телекомунікаційних кабелях. Дотримання одного із стандартів під час побудови інфраструктури забезпечить сумісність на проекті.

3.4 Визначення основних умовних позначень, що будуть використовуватись під час побудови плану телекомунікаційної мережі PON

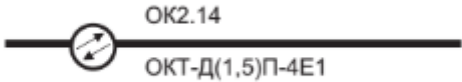

Проектування телекомунікаційної мережі PON передбачає систематизований підхід до розміщення обладнання та прокладання волоконно-оптичних ліній передачі сигналу та підключення абонентів. Для цього було прийняте рішення створити детальний план, що включає в себе:

- розташування вузлів мережі (OLT, комутатори, FTTH/GPON-бокси);
- типи та місця розташування опор для кабелів;
- тип кабелю із зазначенням кількості волокон;
- розподільчі пристрої;
- зони охоплення та потенційні абоненти.

Даний розділ містить умовні позначення для створення плану та впровадження телекомунікаційної мережі PON у населеному пункті. Їх використання дозволить створити чіткий план, оптимізувати затрати ресурсів та забезпечити максимально ефективно підключення абонентів до мережі.






Створимо таблицю 3.1 для визначення графічного зображення елемента та його опису, що буде використаний в майбутньому плані.



Таблиця 3.1 – умовні позначення

Графічне зображення	Опис
	<p>Кабель волоконно-оптичний (ВОК) з позначенням порядкового номеру ОК2.14 та позначенням типу ОКТ-Д(1,5)П-4Е1</p>
	<p>Оптичне волокно кабелю та пігтейл типу SC/UPC, що з'єднані між собою методом зварювання з позначенням: номеру волокна - 1, маркеру КДЗЗ -</p>

	"1", маркеру пігтейла "1", в буфері 0,9 довжиною 1,5м.
	Оптичний подільник сигналу PLC з вказаною кількістю виходів - 4.
	Оптичний подільник сигналу з вказаним співвідношенням поділу.
	Адаптер SC/PC з номером роз'єму "1"
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">ТзОВ "ВЕДЕКОН" ОК1.1 вул. Рад, 11</div>	Приклад бірки для маркування ВОК
	МОВ з OLT
	Оптичний FTTH/PON бокс, встановлений на опорі ПЛ з позначенням рядкового номера та типу без абонентського дільника

Кінець таблиці 3.1

Графічне зображення	Опис
  42  42  Д  ТП-214	Опора Укртелекома з/б опора ПЛ 10 кВ з/б опора ПЛ 0,4 кВ з позначенням номеру дерев'яна опора ПЛ 0,4 кВ з номером трансформаторна підстанція

	3 абонентським подільником на 2
	3 абонентським подільником на 4
	3 абонентським подільником на 8
	3 абонентським подільником на 12
	3 абонентським подільником на 16
	Комутатор на 24 порта
	Оптичний FTTH/PON бокс та муфта FOOSC, встановлені на опорі ПЛ, з позначенням порядкового номеру та типу
	Потенційний абонент Нежилий будинок
	Зона охоплення абонентського подільника Зона охоплення одного виходу комутатора OLT

Визначення умовних позначень дозволить легко орієнтуватися на створеному плані, що допоможе в ході проектування визначити недоліки системи та за необхідністю виправити їх на етапі планування.

Це необхідний етап для оптимального проектування та розрахунку ресурсів під час будівництва телекомунікаційної мережі PON, що забезпечує доступ до інтернету на основі оптичного волокна.

3.5. Проектування елементів інфраструктури PON

Мережа PON (Passive Optical Network) базується на основі архітектури «точка-багатоточка», яка дозволяє проводити розподіл сигналу між PON елементами з використанням одного джерела (OLT).

Створення графічного представлення окремого елемента PON, потребує великих зусиль та часу для чіткого проектування. До основних етапів належать:

- збір даних та аналіз місцевості. Вивчення рельєфу місцевості, розташування будинків, вулиць та існуючих мереж. Визначення зон покриття для кожного сегменту;

- розробка топології мережі. Використання центрального вузла, що знаходиться в серверній кімнату або офісі. Визначення розподільчих точок, що використовують сплітери;

- маршрутизація кабелів. Обов'язкове прокладання магістрального кабелю до першого діляника. Визначення місця першого діляника, що буде ефективно та легко охоплювати всі сегменти PON;

- вибір обладнання та матеріалів. Вибір обладнання, що буде відповідати необхідним стандартам якості та технічним характеристикам.

Використовуючи зібрані дані необхідно побудувати карту населеного пункту з використанням умовних позначень для чіткого плану побудови інфраструктури.

Для проектування було використано додаток AutoCAD, що дозволив легко та швидко побудувати план розробки.

На рисунку 3.6 подано загальну карту населеного пункту з розподілом на сегменти, відображення маршрутизації кабелів, визначенням будинків, оптичних боксів та кабелю. Повний розподіл інфраструктури на сегменти буде подано в додатку А.

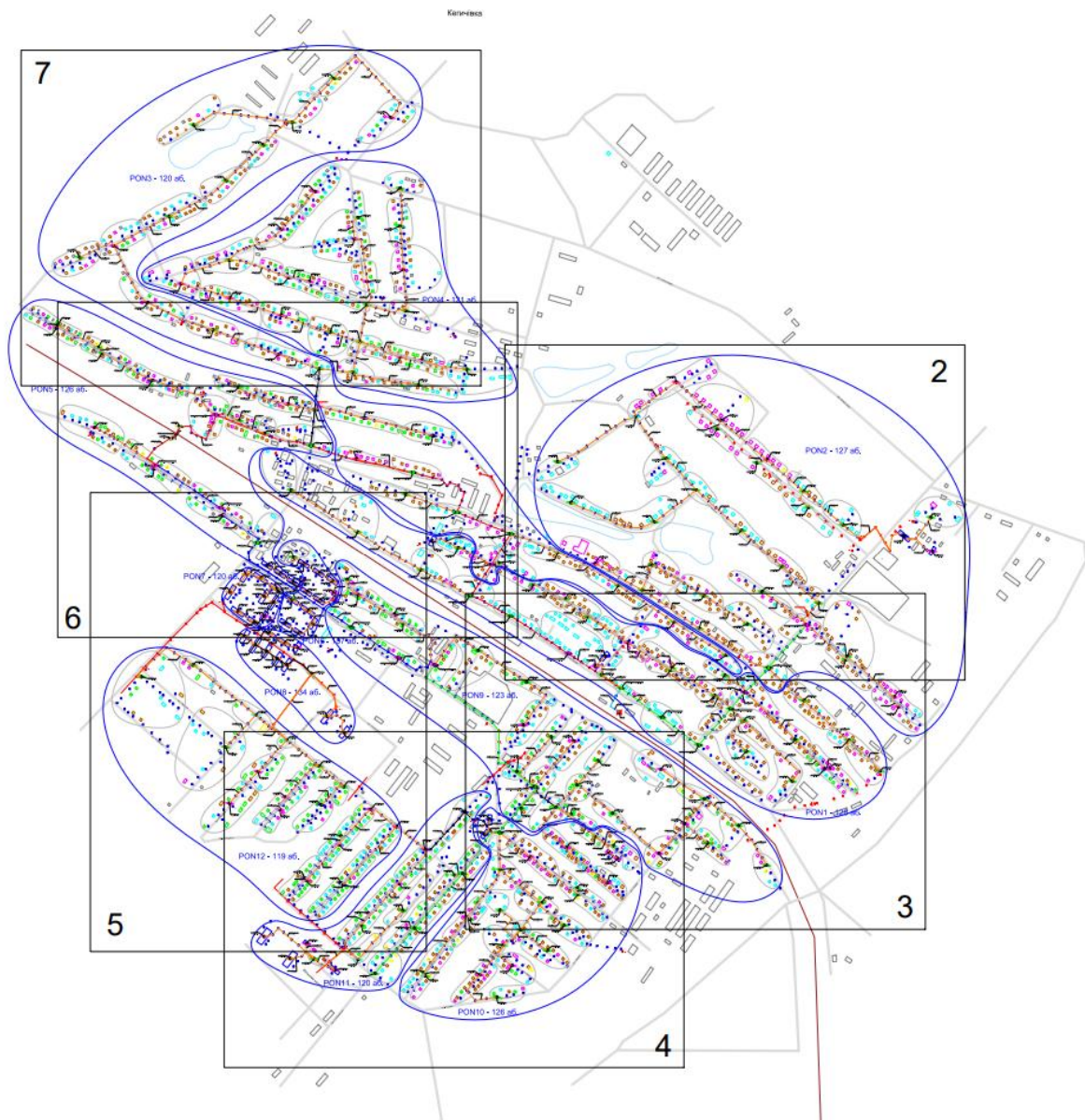


Рисунок 3.6 – Загальна карта з розподілом на сегменти

Для створення плану побудови інфраструктури PON необхідно розробити схему для зварювання оптичних волокон починаючи від центрального вузла і до кінцевих точок. Для побудови схеми визначимо найважливіші етапи:

- ієрархічна структура. Магістральний кабель передає сигнал від OLT до першого основного бокса. Від нього сигнал розподіляється до проміжних боксів, що охоплюють інші зони;

- оптимізація ресурсів. Використання дільників значно зменшує кількість магістральних волокон;
- легкість у масштабуванні. Нових клієнтів можна підключити через порти в існуючих боксах або додати нові.

На рисунку 3.7 подано схему розпаювання оптичних боксів починаючи від центрального вузла (OLT) до кінцевих точок. Повна схема подана в додатку А.

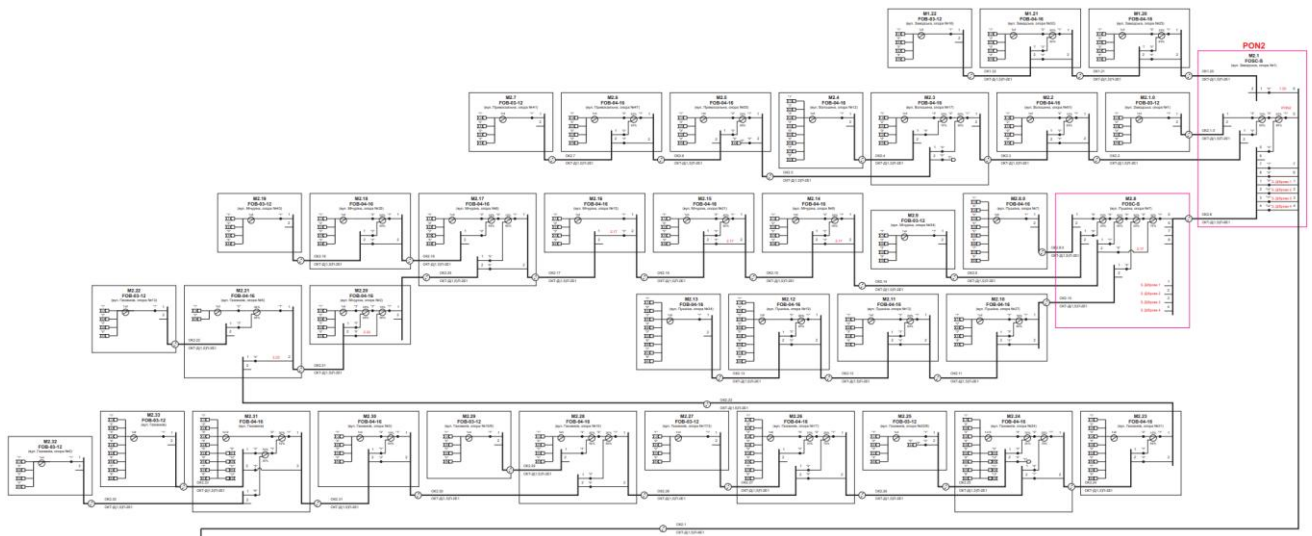


Рисунок 3.7 – Схема розпаювання оптичних боксів

Проектування і впровадження схеми PON і зварювання оптичного волокна між собою, демонструє оптимальний підхід до побудови ефективної телекомунікаційної мережі. Пасивна оптична мережа забезпечить простоту обслуговування та масштабованість системи завдяки використанню дільників з мінімізацією розгортання нових магістральних ліній. Даний підхід дозволяє створити стабільну і ефективну інфраструктуру, що задовольняє потреби користувачів.

3.6 Розрахунок оптичного бюджету ВОЛЗ.

Розрахунок оптичного бюджету волоконно-оптичної лінії зв'язку (ВОЛЗ) дозволяє оцінити, чи зможе система передачі сигналу надати належну якість роботи при заданих параметрах обладнання та середовища.

Оптичний бюджет – це різниця між потужністю переданого сигналу і чутливістю і чутливістю приймача. Оптичний бюджет враховує такі аспекти під час його розрахунку:

- згасання у волокні (втрати через довжину);
- втрати на з'єднаннях і роз'ємах;
- втрати на місцях зварювання;
- резерв на старіння компонентів і зміни умов експлуатації.

Формулу розрахунку оптичного бюджету волоконно-оптичної лінії:

$$P_{budget} = P_{TX} - P_{RX} \quad (3.1)$$

де:

P_{budget} – оптичний бюджет (дБ);

P_{TX} – вихідна потужність передавача (дБм);

P_{RX} – чутливість приймача (дБм).

Формула розрахунку загальних витрат ВОЛЗ:

$$R_{loss} = L_{fiber} + L_{splice} + L_{connector} + R \quad (3.2)$$

де:

L_{fiber} – втрати у волоконі (дБ, залежно від довжини та коефіцієнта загасання);

L_{splice} – втрати на сплайсах (зварюванні);

$L_{connector}$ – втрати на роз'ємах;

R – резерв для надійності системи (зазвичай 3–6 дБ).

Система працюватиме коректно, якщо виконується умова:

$$P_{budget} \geq P_{loss} \quad (3.3)$$

Сформувавши формули, побудуємо приклад для визначення втрат сигналу за певним сценарієм.

Припустимо, що:

- вихідна потужність передавача (P_{TX}) = -3дБм;
- чутливість приймача (PRX) = -25дБм;
- довжина волокна = 10 км;
- коефіцієнт загасання волокна = 0,3 дБ/км;
- 2 зварювання ($L_{splice} = 0,1$ дБ на кожне);
- 4 роз'єми ($L_{connector} = 0,5$ дБ на кожний);
- резерв (R) = 3 дБ.

Розрахуємо оптичний бюджет:

$$P_{budget} = -3 - (-25) = 22 \text{ дБ}$$

Розрахуємо втрати у волокні:

$$L_{fiber} = 10 \times 0,3 = 3 \text{ дБ}$$

Втрати на елементах зварювання:

$$L_{splice} = 2 \times 0,1 = 0,2 \text{ дБ}$$

Втрати на роз'ємах:

$$L_{connector} = 4 \times 0,5 = 2 \text{ дБ}$$

Сумарні втрати:

$$P_{loss} = 3 + 0,2 + 2 + 3 = 8,2 \text{ дБ}$$

Порівняємо бюджет і втрати:

$$22 \geq 8,2$$

Таким чином, система має запас:

$$22 - 8,2 = 13,8 \text{ дБ}$$

Визначивши необхідні дані, можна сказати, що система працюватиме стабільно, оскільки сумарні витрати набагато менші за оптичний бюджет. Таким чином, під кожен сценарій можливо розрахувати оптичний бюджет і додаткові витрати через старіння обладнання чи зміну умов.

ВИСНОВКИ

Забезпечення високошвидкісного інтернету для населеного пункту за допомогою технології проектування PON (Passive Optical Network) є ефективним та перспективним рішенням у сучасних телекомунікаційних мережах. Технологія PON забезпечує високою пропускну здатністю мережу, що дозволить передавати великі об'єми даних з високою швидкістю до кількох гігабітів на секунду, що буде задовольняти потреби користувачів.

PON дозволяє значно оптимізувати витрати на розгортання інфраструктури, оскільки одна оптична лінія може обслуговувати десятки або навіть сотні користувачів. Це досягається завдяки використанню дільників, які розподіляють сигнал без потреби в додаткових джерелах енергії. У результаті знижується вартість прокладання мережі на одного абонента.

Попри численні переваги, впровадження PON може вимагати значних початкових інвестицій, пов'язаних із прокладанням оптичного волокна. Однак у довгостроковій перспективі ці витрати компенсуються завдяки низьким експлуатаційним витратам та високій ефективності технології.

У підсумку, технологія PON відкриває широкі можливості для розширення доступу до високошвидкісного інтернету, роблячи його доступним для мешканців різних населених пунктів. Це сприяє не лише покращенню якості зв'язку, але й загальному соціально-економічному розвитку регіонів. З огляду на вищезазначені переваги, PON є оптимальним вибором для побудови сучасних телекомунікаційних мереж, які відповідають зростаючим потребам суспільства у цифровому середовищі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Вибір кабелю типу вита пара: UTP або FTP?. Компанія DEPS. URL: <https://deps.ua/knowegable-base-ru/articles/8679.html> (дата звернення: 24.12.2024).
2. Затухание в оптическом волокне, как рассчитать потери в оптоволокне?. НОС. URL: <https://www.honocable.com/ru/затухание-в-оптическом-волокне/> (дата звернення: 24.12.2024).
3. PON VS FTTH: технологія чи класика в якості схеми підключення абонентів? - EServer. Мережеве обладнання. Купити серверне обладнання в Києві, Дніпрі - EServer. URL: https://e-server.com.ua/uk/poradi/pon-vs-ftth-tehnologija-chi-klasika-v-jakosti-shemi-pidkljuchennja-abonentiv?srsltid=AfmBOopMheNe52QA2qRbNzGYzYXkPRDmrK_eUjVSfHtjpYT5MJ1ej4RZ (дата звернення: 24.12.2024).
4. Что такое PON-технология и как она работает? - HomeNet - Интернет провайдер. HomeNet - Интернет провайдер. URL: <https://homenet.online/ru/chto-takoe-pon-tehnologiya/> (дата звернення: 24.12.2024).
5. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Юбилейное издание. Минск : Питер, 2020. 1008 с.
6. Як визначити тип оптичного кабелю за колірним кодуванням? - EServer. Мережеве обладнання. Купити серверне обладнання в Києві, Дніпрі - EServer. URL: <https://e-server.com.ua/uk/poradi/jak-viznachiti-tip-optichnogo-kabelju-za-kolirnim-koduvannjam> (дата звернення: 24.12.2024).
7. Help. Product Documentation | Autodesk Help. URL: <https://help.autodesk.com/view/ACD/2023/RUS/?guid=GUID-0797FB92-2143-4ADD-AD79-632386E53821> (дата звернення: 24.12.2024).
8. Учасники проєктів Вікімедіа. Телекомунікаційна мережа – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Телекомунікаційна_мережа (дата звернення: 24.12.2024).

9. Абонентские терминалы ONU: что это, где и для чего нужны?.
Макснет – Гігабітний інтернет-провайдер та оператор зв'язку для дому та бізнесу. URL: <https://maxnet.ua/ru/blog/abonentski-terminali-onu-sho-ce-de-i-dlya-chogo-potribni/> (дата звернення: 24.12.2024).

10. Що таке OLT - енциклопедія lanmarket.ua. Магазин сетевого обладнання Lanmarket - розничная и оптовая продажа сетевого оборудования. URL: <https://lanmarket.ua/ua/entsiklopediya/telekommunikatsionnye-tekhnologii/olt.html> (дата звернення: 24.12.2024).

11. Абонентський термінал onu, купити абонентський термінал onu герон в Києві, кращі оптові ціни на абонентський термінал onu в Україні. Deps. URL: <https://deps.ua/katalog/ru-abonentskie-terminalyi-onu.html> (дата звернення: 24.12.2024).

12. GPON технологія: плюси, мінуси і особливості підключення. Інтернет провайдер IPnet у Києві | Послуги ТБ та Інтернет. URL: <https://ipnet.ua/ru/blog/chto-takoe-gpon> (дата звернення: 24.12.2024).