

Ім'я користувача:  
приховано налаштуваннями конфіденційності

ID перевірки:  
1015622363

Дата перевірки:  
16.06.2023 10:16:30 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Library

Дата звіту:  
16.06.2023 10:16:54 EEST

ID користувача:  
100011372

Назва документа: Мельник Л.А. гр. ТК-41 повторно

Кількість сторінок: 36 Кількість слів: 6486 Кількість символів: 47590 Розмір файлу: 1.74 MB ID файлу: 1015269539

## 24.9% Схожість

Найбільша схожість: 24.2% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1015205851)

Пошук збігів з Інтернетом не проводився

24.9% Джерела з Бібліотеки

17

Сторінка 38

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

28

## 1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Перехід мереж доступу на оптичні технології

Мережі доступу (МД) є одним з найбільш динамічних сегментів телекомунікаційної галузі. Вони забезпечують безпосереднє надання операторських послуг абонентам і мають великий потенціал для розвитку навіть в умовах несприятливої економічної ситуації.

Швидкість передачі даних є важливим аспектом для користувачів, і виправдані очікування щодо швидкості передачі в МД зростають з кожним днем. Традиційні технології, такі як ADSL-2 і ADSL-2+, вже досягли своїх лімітів і не можуть задовольнити вимоги сучасних користувачів.

Відповідно, розвиток оптичних технологій стає важливим трендом в МД. Використання оптичних мереж доступу стає більш привабливим з точки зору фінансової ефективності, особливо при новому будівництві. Вартість прокладання оптичного кабелю може бути конкурентоспроможною порівняно з мідними кабелями, але оптичні рішення надають значно більшу швидкість передачі даних.

Застосування оптичних технологій на МД вже дозволяє досягати швидкостей передачі даних до 1 Гбіт/с до абонента. Технології хвильового мультиплексування дозволяють передавати кілька таких потоків на одному оптичному каналі. Крім того, оптичні технології продовжують розвиватися і здешевлюватися, що ще більше підвищує їх привабливість.

Отже, можна стверджувати, що розвиток МД надає нові можливості для швидкісного і стабільного фіксованого доступу до мережі і є вигідним з технічного і фінансового погляди

### 1.2 Архітектура та технології побудови ОМД

FTTx охоплює ціле сімейство оптико-волоконних технологій, які забезпечують передачу даних оптичним зв'язком до різних точок підключення користувачів. Кожен варіант архітектури FTTx має свої переваги та особливості.

FTTN (Fiber to the Node) передбачає прокладання оптичного кабелю до вузла мережі, що вже має розподільну "мідну" інфраструктуру. Цей варіант є бюджетним і швидко впроваджуваним рішенням, але може мати обмеження по швидкості і кількості підключень через мідні кабелі.

FTTC (Fiber to the Curb) означає прокладання оптичного кабелю до мікрорайону, кварталу або групи будинків. Цей варіант дозволяє збільшити кількість обслуговуваних користувачів і виділити кожному з них окрему смугу пропускання. Він особливо підходить для операторів, які вже використовують xDSL або PON технології.

FTTB (Fiber to the Building) передбачає прокладання оптичного кабелю до будівлі. Цей варіант є найбільш поширеним, особливо при будівництві мереж на базі Ethernet. FTTB має перевагу в менших витратах і вищій пропускну здатності порівняно з FTTC. Операційні витрати також зазвичай нижчі.

FTTH (Fiber to the Home) є найбільш витратним, але перспективним варіантом. В цьому випадку оптичний кабель доходить до житлових приміщень користувачів, забезпечуючи високу швидкість і якість послуг. Хоча будівництво мережі FTTH може бути трудомістким, вартість самого оптоволоконного кабелю становить невелику частину. Термін служби оптоволоконного кабелю також довготривалий.

Вибір конкретної архітектури FTTx залежить від різних факторів, таких як щільність населення, тип будівель, платоспроможність замовника та потреби у високошвидкісному доступі. Кожен варіант має свої переваги і обмеження, і вибір залежить від конкретних умов і вимог проекту



Рисунок 1.1 – Архітектури FTТх

### 1.3 Опис мережі FTТН

Мережа FTТН базується на волоконно-оптичній мережі доступу, яка забезпечує підключення кінцевих користувачів до центрального вузла через оптичне волокно.

Кожен мережевий вузол (АТС, вузол агрегації або точка присутності) має активне обладнання, яке забезпечує передачу даних до кінцевого користувача через оптичне волокно. Ці вузли зазвичай розташовані в межах великих міст або областей і підключаються до єдиної волоконно-оптичної транспортної мережі.

Мережа доступу FTТН може підключати різні типи пристроїв та користувачів, такі як фіксовані бездротові антени (наприклад, бездротові локальні мережі або WiMAX), базові станції мобільного зв'язку, приватні або багатоквартирні будинки, великі будівлі (школи, лікарні, бізнес-центри) та охоронне обладнання (камери спостереження, пристрої охоронної сигналізації).

Мережа FTТН надає високу швидкість передачі даних, стабільність зв'язку та можливість для розширення обсягу послуг, що надаються кінцевим

користувачам. Це робить її привабливою технологією для покращення доступу до Інтернету та інших мережевих послуг.

#### 1.4 Місце розгортання мережі FTTH

Розгортання мережі FTTH може мати різні особливості в залежності від місця розташування і типу забудови. Основні фізичні середовища розгортання включають міста, котеджні містечка та сільську місцевість.

У місті або мікрорайоні міста розгортання мережі FTTH може вимагати побудови або модернізації волоконно-оптичної інфраструктури вздовж вулиць та будинків, що забезпечує підключення до кінцевих користувачів.

У котеджних містечках можуть бути встановлені окремі оптичні кабелі для підключення кожного будинку, або можуть бути використані розподілені пункти доступу, що забезпечують підключення до кінцевих користувачів у цьому районі.

У сільській місцевості розгортання мережі FTTH може бути складним через великі відстані між користувачами та низьку щільність забудови. Це може вимагати використання розподілених пунктів доступу або оптичних мультиплексорів для об'єднання великої кількості користувачів на відстані.

Щодо типів будівель і населеності, розгортання мережі FTTH може варіюватись залежно від того, чи є будівлі приватними або багатоквартирними. Для приватних будинків можуть бути необхідні окремі підключення до кожного будинку, тоді як для багатоквартирних будинків може бути встановлено оптичний кабель, який розподіляється між різними квартирами.

Також важливо враховувати взаємини між власниками мереж і операторами. Це може включати укладення відповідних угод і домовленостей щодо доступу до будівель, розміщення обладнання та розподілу витрат. Зрозуміння функціональних і економічних вимог кожної сторони допомагає уникнути можливих конфліктів під час проектування і будівництва мережі FTTH.

### 1.5 Оптичне волокно для мережі FTTH

Оптичне волокно складається з серцевини, оболонки і зовнішнього покриття.

Серцевина оптичного волокна є світлопровідною частиною, яка передає світлові сигнали. Оболонка забезпечує відображення світла назад у серцевину, що дозволяє світловим хвилям поширюватись лише в серцевині волокна. Захисне покриття надає механічну міцність волокну.

Діаметр серцевини оптичного волокна може варіюватись залежно від типу волокна, існують різні стандарти для діаметрів серцевини. Буферні оболонки забезпечують захист і механічну міцність волокна, і вони зазвичай виготовляються з полімерних матеріалів.

Загасання є важливим параметром, що визначає втрату інтенсивності світлового сигналу при його проходженні через волокно. Дисперсія, з свого боку, впливає на розсіювання спектральних і хвильових складових сигналу в часі.

Загасання і дисперсія є факторами, що обмежують передачу оптичного сигналу на великі відстані. Вони можуть бути керовані і компенсовані за допомогою спеціальних технологій і пристроїв, таких як підсилювачі сигналу і компенсатори дисперсії.

Архітектура мережі, розмір мережі, тип волокна на існуючій мережі і очікуваний термін експлуатації є важливими факторами, які слід враховувати при виборі оптичного волокна.

Зазвичай для побудови мереж FTTH використовуються одномодові оптичні волокна стандарту ITU-T G.652. Одномодове волокно має малий діаметр серцевини і забезпечує передачу сигналів на великі відстані з меншими втратами. Це дозволяє забезпечити високу швидкість передачі даних і великий оптичний бюджет мережі.

Однак, з'явилося нове типу оптичного волокна, що стандартизовано в ITU-T G.657. Це волокно не чутливе до мікрозгинів і дозволяє зменшити значення оптичного загасання і мінімального радіусу вигину. Це особливо важливо для

мереж FTTH, де прокладання волокна може залежати від архітектурних особливостей будівель або існуючої інфраструктури. Використання такого волокна може спростити і забезпечити більш гнучке розгортання мереж FTTH.

Вибір типу волокна для мереж FTTH повинен бути обґрунтований і здійснюватися з урахуванням вищезгаданих факторів, а також специфічних вимог проекту та наявних технологій. Консультація з експертами і виробниками оптичного обладнання може бути корисною для вибору найбільш підходящого типу волокна для конкретного проекту FTTH.

### 1.6 Архітектура мережі FTTH

Найбільшого поширення набули два способи (топології) організації мережі доступу FTTH – «точка-багато точок» на базі пасивної оптичної мережі PON (рис.1.2 а) і «точка-точка», яка зазвичай використовує Ethernet технології (рис.1.2 б).



Рисунок 1.2 – а) Пасивна оптична мережа б) Активний Ethernet

Топологія «точка-багато точок» (PON). У цій топології одна центральна станція, відома як оптичний лінійний термінал (OLT), забезпечує підключення до оптичного волокна для кінцевих користувачів. За допомогою пасивного

подільника світла (splitter), оптичний сигнал розподіляється на кілька оптичних ліній, які ведуть до кінцевих користувачів (ONU - оптичний мережевий термінал). Ця топологія є економічно ефективною, оскільки вона використовує пасивні компоненти для розподілу сигналу і дозволяє обслуговувати багато користувачів на великій відстані. PON використовує протоколи, такі як Gigabit PON (GPON) або Ethernet PON (EPON), для передачі даних.

Топологія «точка-точка» з використанням Ethernet. У цій топології кожен кінцевий користувач має окреме волоконно-оптичне з'єднання з центральною станцією (OLT) за допомогою Ethernet технологій, таких як Gigabit Ethernet або 10 Gigabit Ethernet. Кожен користувач має свою власну лінію прямого з'єднання, що надає високу пропускну здатність та незалежність від інших користувачів. Ця топологія зазвичай використовується в ситуаціях, коли вимагається висока швидкість передачі даних або коли індивідуальний контроль за підключеними пристроями є важливим.

Обидві топології мають свої переваги і використовуються в залежності від конкретних потреб та обмежень проекту FTTH. Вибір між ними залежить від факторів, таких як вартість, масштаб мережі, пропускну здатність, вимоги до якості обслуговування та інші.

### 1.7 Ethernet FTTH (P2P)

Існує кілька різних підходів до побудови мережі доступу з використанням Ethernet-технологій.

Архітектура кільцевого типу, яку ви згадували, використовує кільцеву топологію, де комутатори розташовані на цокольних поверхах багатоквартирних будинків. Вона має перевагу в стійкості до пошкоджень кабелю, оскільки існує альтернативний шлях для передачі даних у разі відключення або пошкодження одного зв'язку. Однак, як ви зазначили, поділ смуги пропускання всередині кожного кільця може обмежувати загальну пропускну здатність мережі.

У архітектурі "зірка", кожен кінцевий пристрій має окрему оптоволоконну лінію, яка з'єднує його з точкою присутності (POP) або комутатором. Ця архітектура дозволяє кожному користувачеві мати свою власну пропускну здатність і незалежність від інших користувачів. Вона є більш масштабованою і може підтримувати вищі швидкості передачі даних. Однак вона може вимагати більше волоконного кабелю в порівнянні з архітектурою PON і може бути більш складною в монтажі.

Обидві архітектури мають свої переваги і використовуються в різних ситуаціях залежно від потреб і обмежень проекту. Вибір певної архітектури залежить від таких факторів, як масштаб мережі, пропускна здатність, вартість розгортання та підтримка існуючої інфраструктури

Архітектура Ethernet FTTH (P2P) має деякі недоліки порівняно з пасивною оптичною мережею (PON). Деякі з цих недоліків включають:

– Велика витрата оптоволоконного кабелю. Архітектура Ethernet FTTH (P2P) вимагає використання оптоволоконних кабелів великої ємності. Це може призвести до збільшених витрат на кабельну інфраструктуру, особливо при розгортанні мережі для великої кількості абонентів.

– Потреба в майданчиках для розміщення обладнання. Архітектура Ethernet FTTH (P2P) передбачає виділений оптичний інтерфейс для кожного абонента, що призводить до зосередження великої кількості оптоволоконних ліній на майданчиках оператора. Це може потребувати додаткових зусиль і витрат на обслуговування таких майданчиків.

– Результат обриву кабелю. В разі обриву великого кабелю з кількома сотнями оптоволоконних ліній біля точки доступу або АТС, відновлення такого кабелю може зайняти значно більше часу порівняно з кабелем, що передає трафік PON. Це може призвести до затримок у відновленні послуг для абонентів.

Вибір між архітектурою Ethernet FTTH (P2P) і PON залежить від конкретних потреб, обмежень та вимог мережі. Пасивна оптична мережа PON може бути ефективною і економічно вигідною в випадках, коли потрібно обслуговувати велику кількість абонентів зі спільними ресурсами. З іншого боку, архітектура

Ethernet FTTH (P2P) може бути більш привабливою для тих, хто шукає більшу гнучкість, безпеку та відділення абонентських ліній.

При виборі між архітектурою Ethernet FTTH (P2P) і пасивною оптичною мережею (PON) важливо враховувати ці переваги та недоліки, а також аналізувати конкретні вимоги та обмеження вашого проекту. Кожна з цих архітектур має свої властивості та підходи, і вибір повинен залежати від специфічних потреб вашої мережі.

## 2 ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ FTTH

### 2.1 Вибір сільського району

Для дослідження оптичної мережі у сільському районі с. Оброшино в Пустомитівському районі Львівської області був обраний населений пункт з такими обґрунтуваннями:

– Відсутність оптичної мережі. Враховуючи відсутність оптичної мережі та повністю відрізану мідну кабельну лінію, дослідження оптичної мережі у такому населеному пункті стає важливим завданням. Встановлення оптичної мережі може привести до покращення зв'язку та доступу до швидкісного Інтернету для мешканців.

– Зручна архітектура навколо АТС. Вибір села Оброшино обумовлений наявністю зручної зосередженої архітектури навколо місцевої автоматичної телефонної станції (АТС). Така архітектура сприяє зручному розміщенню необхідного обладнання та підключенню абонентів до оптичної мережі.

Загальна площа об'єкту дослідження складає 20 км<sup>2</sup>. Приблизна кількість домогосподарств у населеному пункті становить 750, а кількість мешканців - 4186 осіб. З урахуванням невеликої площі проектування, щільність розміщення домогосподарств є великою. Детальна схема району наведена на рисунку 2.1



Рисунок 2.1 – Схема району досліджувальної мережі

З врахуванням обмежень, що впливають з розміщення розподільчого кабелю на опорах ліній електропередачі в сільських районах, та потреби у використанні оптоволоконних кабелів великої ємності для активної мережі FTTH, було обрано технологію PON (Passive Optical Network) для побудови мережі FTTH.

Технологія PON використовує пасивні оптичні розподільчі пристрої, які дозволяють поділити оптичний сигнал і передати його до окремих абонентів без використання активного обладнання на цій стадії. При цьому, для надання послуг великій кількості абонентів потрібно лише одне оптоволоконне волокно.

Оскільки район проектування є сільською місцевістю з невеликою кількістю мешканців, пасивна мережа на базі стандартів GEPON (Gigabit Ethernet PON) є доцільним вибором. GEPON забезпечує швидкісний доступ до Інтернету зі швидкістю до 1 гігабіта на секунду для кожного абонента.

Таким чином, обрана технологія побудови мережі FTTH - пасивна оптична мережа на базі стандартів GEPON, є оптимальним рішенням для забезпечення зв'язку та швидкісного Інтернету в сільському районі с. Оброшино.

## 2.2 Опис населеного пункту

Розташування АТС на вулиці Тараса Шевченка у селі Оброшино надає зручну можливість використання її як майданчика для розміщення активного обладнання PON в проектованій мережі.

Загальна довжина траси, яка буде прокладена в мережі PON, становить 4655 метрів. З урахуванням запасу кабелю 5%, для цього знадобиться 4888 метрів оптичного кабелю. З них 1606 метрів будуть використані для ВОК 8 (волоконно-оптичний кабель з 8 волокнами), а 3283 метри - для ВОК 4.

Для розподілу волокон і з'єднання розподільчих кабелів з кабелями абонентської розводки було обрано оптичні бокси для зовнішнього встановлення. Загальна кількість оптичних боксів становить 24.

Для встановлення сплітерів першого каскаду з коефіцієнтом ділення 1:8 були обрані оптичні бокси № 8, № 13 і № 18. Це розташування сплітерів першого каскаду дозволить ефективно використовувати оптичні волокна кабелів.

На рисунку 2.2 наведено схематичне зображення підключення абонентів до оптичного боксу, який розташований на опорі лінії електропередачі (ЛЕП).

Враховуючи ці параметри і розташування сплітерів, буде створена мережа PON з оптичним кабелем, яка забезпечить зручний доступ до швидкого Інтернету та інших послуг для абонентів села Оброшино.

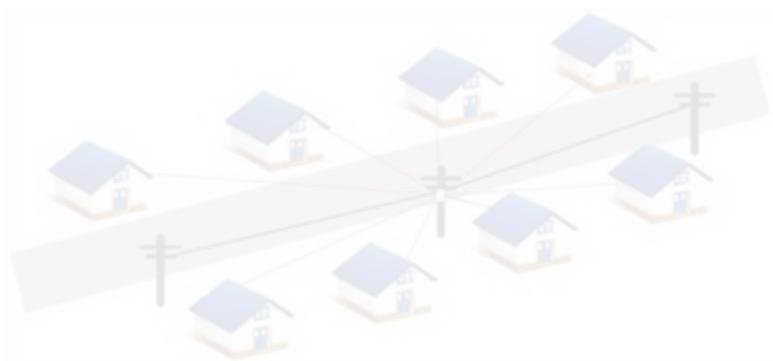


Рисунок 2.3 – Підключення абонентів до оптичного боксу

### 2.3 Оптичний бюджет проектованої мережі PON

### 2.3.1 Особливості розрахунку оптичного бюджету

Оптичний бюджет ВОЛЗ (волоконно-оптичного лінійного зв'язку) є важливим фактором при побудові дерева PON. Оптичний бюджет вказує на максимальну суму втрат оптичного сигналу, яку можна мати на шляху від OLT (Optical Line Terminal) до найвіддаленішого абонента ONU (Optical Network Unit).

Оптичний бюджет розраховується шляхом врахування оптичних втрат, які вносяться пасивним обладнанням у ВОЛЗ, таким як оптичні сплітери, патч-панелі, з'єднувальні роз'єми і оптичні кабелі. Кожен з цих компонентів має свої власні оптичні втрати, які залежать від якості обладнання і з'єднань.

Під час проектування лінії ВОЛЗ і вибору компонентів каналотворюючого обладнання необхідно враховувати оптичний бюджет, щоб переконатися, що втрати сигналу не перевищують припустимий рівень. Це важливо для забезпечення якісного і надійного з'єднання з кожним абонентом.

Оптичний бюджет можна розрахувати, знаючи оптичні втрати кожного компонента та довжину оптичного кабелю. Він повинен бути достатньо великим, щоб забезпечити потрібний рівень сигналу для кожного абонента на всій довжині лінії.

Розрахунок оптичного бюджету є складним процесом і може варіюватися залежно від конкретних умов та вимог проекту. Враховуючи оптичний бюджет, можна забезпечити ефективну роботу мережі PON і забезпечити якісний доступ до послуг для абонентів.

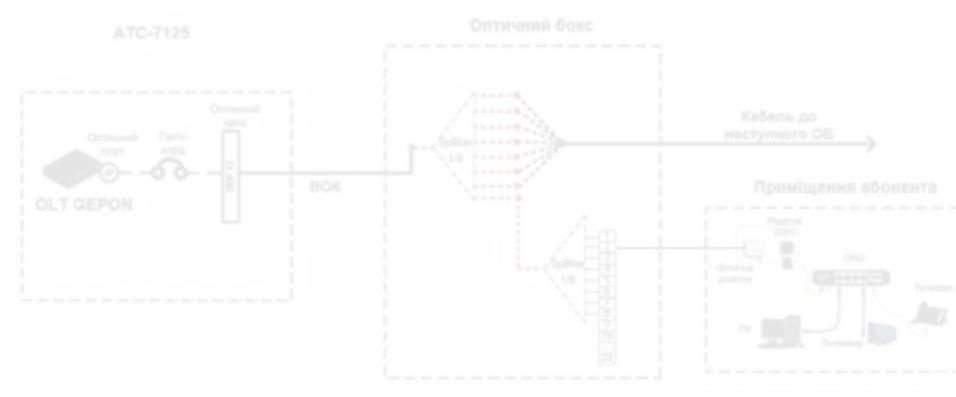


Рисунок 2.4 – Схема підключення абонента

Основними джерелами втрат в мережах PON є:

а) **Загасання в ВОК.** Це загальна втрата сигналу, яка виникає під час передачі сигналу через оптичний кабель. Ця втрата залежить від довжини кабелю та коефіцієнта загасання оптичного волокна на певній довжині хвилі. Втрати можуть бути власними втратами (розсіювання та поглинання волокном) або додатковими втратами (кабельні втрати).

б) Втрати в зварних з'єднаннях. При з'єднанні двох волокон виникають втрати сигналу. Залежно від якості звареного з'єднання, ці втрати можуть бути дуже маленькими (наприклад, 0,05 дБ).

в) Втрати в роз'ємних з'єднаннях. Роз'єми також можуть вносити певну втрату сигналу під час з'єднання волокон. Загасання на роз'ємах зазвичай приймається на рівні 0,5 дБ.

г) Втрати в сплітерах (розгалужувачах ОБ) (табл. 2.1). Сплітери використовуються для розгалуження оптичного сигналу на кілька шляхів до різних абонентів. Коефіцієнт розгалуження сплітера вказує на те, яка частина сигналу йде до кожного виходу сплітера. Загасання в сплітерах залежить від коефіцієнта розгалуження.

д) Кабельні втрати. Це додаткові втрати, які можуть виникнути під час будівництва та експлуатації оптичних кабельних ліній. Вони можуть бути пов'язані з деформацією і вигинами волокон під час прокладання кабелю, а також зі старінням оптичних волокон, додатковими вставками та з'єднаннями.

При розрахунку оптичного бюджету ВОЛЗ всі ці втрати збираються і додаються. Якщо загальна втрата не перевищує допустимий рівень втрат, то з'єднання може бути успішно встановлене.

Розрахунок оптичного бюджету ВОЛЗ вимагає уваги до всіх джерел втрат, і враховується найгірший випадок затухання, чутливості і потужності передавачів. Врахування цих параметрів допомагає забезпечити надійну і ефективну роботу мережі PON на великій відстані.

Таблиця 2.1 – Загасання в сплітерах

Планарні сплітери		Зварні сплітери		
Дільник	Загасання, дБ	Дільник	Загасання на довжині хвилі 1310нм, дБ	Загасання на довжині хвилі 1550нм, дБ
1:2	4,3	50/50	3,17/3,19	3,12/3,17
1:3	6,2	45/55	3,73/2,71	3,73/2,72
1:4	7,4	40/60	4,01/2,34	3,92/2,32
1:6	9,5	35/65	4,56/1,93	4,69/1,96
1:8	10,7	30/70	5,39/1,56	5,53/1,57
1:12	12,5	25/75	6,29/1,42	6,28/1,28
1:16	13,9	20/80	7,11/1,06	7,21/1,06
1:24	16	15/85	8,16/0,76	8,17/0,82
1:32	17,2	10/90	10,08/0,49	10,21/0,60
1:64	21,5	5/95	13,70/0,32	12,83/0,35
1:128	25,5			

Сумарне загасання оптичної лінії всіх компонентів ВОЛЗ становить (формула 2.1):

$$A_{\Sigma} = a \times L_{\Sigma} + A_w \times N_w + A_c \times N_c + A_s, \text{ дБ.} \quad (2.1)$$

$A_{\Sigma}$  – сумарне загасання сигналу, дБ;

$a$  – загасання сигналу на 1 км оптоволокну, дБ;

$L_{\Sigma}$  – сумарна довжина оптоволокну від OLT до кінцевого вузла, км;  $A_w$  – загасання сигналу на зварному з'єднанні, дБ;

$N_w$  – кількість зварних з'єднань на шляху проходження сигналу від OLT до кінцевого вузла, шт.;

$A_c$  – загасання сигналу на механічному поєднанні, дБ;

$N_c$  – кількість механічних з'єднань на шляху проходження сигналу від OLT до кінцевого вузла, шт.;

$A_s$  – сумарне загасання сигналу на каскаді сплітерів, дБ.

Для розрахунку оптичного бюджету потужності використовується різниця між потужністю передавача (SFP OLT трансивера) та чутливістю приймача в ONU. За наданими вами даними, потужність SFP OLT становить приблизно +4 дБм, а чутливість ONU -26 дБм.

Оптичний бюджет потужності обчислюється як різниця між цими двома значеннями:

Оптичний бюджет потужності, потужність SFP OLT, чутливість ONU

– = +4 дБм - (-26 дБм)

– = +4 дБм + 26 дБм

– = 30 дБ

Для перевірки, чи вище наведений оптичний бюджет втрат відповідає динамічному діапазону, необхідно здійснити розрахунок загальних втрат у ланцюгу мережі PON і порівняти їх з динамічним діапазоном.

Динамічний діапазон визначає максимальну різницю між потужністю сигналу на виході передавача і чутливістю приймача, при якій забезпечується

стабільна передача даних. Зазвичай динамічний діапазон для PON мережі становить близько 20-25 дБ.

Для розрахунку загальних втрат у ланцюгу мережі PON необхідно врахувати втрати на кожному компоненті (ВОК, з'єднаннях, сплітерах і т.д.) та додати їх.

Після розрахунку загальних втрат, включаючи запас, порівнюємо це значення з динамічним діапазоном. Якщо загальні втрати не перевищують динамічний діапазон, то мережа забезпечує стабільну передачу даних. У разі перевищення динамічного діапазону, необхідно провести додаткове тестування та вжити заходів для зниження втрат (наприклад, підвищення потужності передавача або зменшення втрат в компонентах мережі).

$$P \geq A_{\Sigma} + P_{\text{зап.}} \text{ дБ.} \quad (2.2)$$

Так, експлуатаційний запас враховується для компенсації можливих пошкоджень, погіршення умов передачі та майбутнього розвитку мережі. Це дозволяє забезпечити додатковий марж у втратах сигналу і зберегти якість передачі даних в разі негативних впливів.

Запас втрат зазвичай виражається у величині децибелів (дБ). Рекомендований рівень експлуатаційного запасу для мережі PON становить приблизно 3-4 дБ. Цей запас дозволяє врахувати потенційні втрати сигналу внаслідок змін в мережі і забезпечити достатню сигнальну маржу для надійної передачі даних.

Під час розрахунку оптичного бюджету втрат, експлуатаційний запас додається до загальних втрат у мережі. Якщо загальні втрати, включаючи експлуатаційний запас, не перевищують динамічний діапазон, то мережа забезпечує стабільну передачу даних.

Проте, важливо пам'ятати, що занадто великий експлуатаційний запас може зайняти значну частину динамічного діапазону, що може вплинути на якість передачі сигналу. Тому варто збалансувати величину експлуатаційного запасу з необхідністю забезпечення якості передачі даних та динамічного діапазону мережі

### 2.3.2 Розрахунок оптичного бюджету для проєктованого населеного пункту

При використанні PLC (планарного хвильоводного) сплітера, сигнал розгалужується рівномірно між гілками без додаткового загасання. Це означає, що ви можете обчислити оптичний бюджет втрат лише для найвіддаленішого вузла, оскільки загасання для кожної гілки буде однаковим.

Оптичний бюджет втрат враховує загасання, що вносяться всіма компонентами мережі, такими як оптичний кабель, сплітери, з'єднувачі та інше пасивне обладнання. Вирахування загасання для кожної гілки не потрібне у випадку використання PLC сплітерів, оскільки сигнал розподіляється рівномірно.

Тому достатньо обчислити оптичний бюджет втрат для найвіддаленішого вузла (ONU) від OLT. Загальна сума втрат між OLT і цим вузлом повинна бути менша за оптичний бюджет потужності, який було визначено раніше (30 дБ у вашому випадку), для забезпечення стабільної передачі сигналу. Для проєктованої мережі оптичний бюджет становитиме згідно з формули 2.1:

На довжини хвилі 1310 нм:

$$A_{\Sigma} = 0,36 \times 2,53 + 0,05 \times 16 + 0,5 \times 4 + 21,4 = 25,11 \text{ дБ.}$$

На довжини хвилі 1490 нм:

$$A_{\Sigma} = 0,24 \times 2,53 + 0,05 \times 16 + 0,5 \times 4 + 21,4 = 24,807 \text{ дБ.}$$

Оптичний бюджет потужності (динамічний діапазон) розраховується за формулою 2.3:

$$P = A_{tr} - A_{rec}, \text{ дБ} \quad (2.3)$$

$A_{tr}$  – потужність передавача;

$A_{rec}$  – чутливість ONU.

За формулою 2.3 оптичний бюджет потужності:

$$P=4-(-26) = 30 \text{ дБ.}$$

Порівняння бюджету потужності зі згасанням в лінії зв'язку згідн (2.2):

$$P \geq A_{\Sigma} + P_{\text{зап}} = 30 \geq 25,11 + 4 \text{ дБ.}$$

З розрахунку можна зробити висновок, що загукання в проєктованій PONмережі не перевищує оптичної потужності гарантованої виробниками обладнання PON.

## 2.4 Розподільчий сегмент мережі

### 2.4.1 Опис, вибір та особливості прокладання ВОЛЗ мережі PON

При використанні повітряної прокладки оптичних кабелів на опорах ліній електропередачі (ЛЕП) або повітряних лініях зв'язку (ПЛЗ) є свої переваги і недоліки.

Оптичний кабель, який ви обрали, виготовлений вітчизняним виробником марки ОКАДт (виробництво "Одесакабель"). Він спеціально призначений для підвішування на опорах ліній електропередачі і має діелектричну конструкцію з бронєю зі склопластикових прутків. Цей тип кабелю є стійким до зовнішніх електромагнітних впливів.

Основні переваги використання повітряної прокладки оптичних кабелів на опорах ЛЕП або ПЛЗ включають:

Скорочення термінів будівництва і зниження капітальних і експлуатаційних витрат, оскільки не потрібно виділяти земельну ділянку і отримувати дозволи від зацікавлених організацій.

Зменшення масштабів можливих пошкоджень в місцях міської забудови та промислових зон.

Незалежність від типів ґрунту, оскільки кабель підвішується у повітрі.

Проте, варто враховувати такі недоліки повітряної прокладки оптичних кабелів:

Скорочення терміну служби через вплив навколишнього середовища, такі як вплив погодних умов, вологості, температури тощо.

Підвищені механічні напруження при несприятливих погодних умовах, таких як сильний вітер, льодовики, грози.

Складності розрахунку при впливі навантажень в різних умовах експлуатації.

Обраний кабель має внутрішньозонову діелектричну конструкцію, що відповідає вимогам стандартів мережі зв'язку. Кількість волокон і деталі конструкції визначаються в залежності від призначення кабелю, умов прокладки, монтажу, експлуатації та індивідуальних особливостей застосування.

Ці характеристики кабелю допоможуть вам забезпечити передачу інформації на великі відстані з необхідною швидкістю та надійністю.

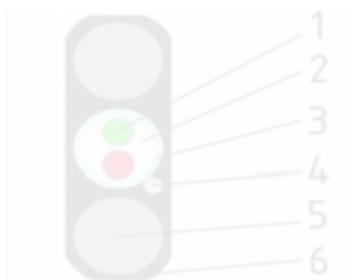


Рисунок 2.5 – Конструкція кабелю ОКАДт

Типова конструкція:

- 1) Оптичне волокно ІТУ-Т G.652 D.
- 2) Тиксотропний гідрофобний заповнювач.
- 3) Центральна трубка.
- 4) Шнур ріжучий.
- 5) Силовий елемент – два склопластикових прутки, розташованих позовжньо.

б) Зовнішня оболонка – поліетилен середнього тиску.

Таблиця 2.2 – Характеристика кабелю ОКАДт

Характеристика	Марка кабелю ОКАДт-	
	Д(1,5)П-4Е1	Д(1,5)П-8Е1
Тип ОВ	ITU-T G.652 D	
Кількість ОВ в кабелі, шт	4	8
Діаметр кабелю, мм	6,7х3,1(±0,5)	7,2х3,6(±0,5)
Діапазон допустимих температур при монтажі, °С	Мінімальна температура -40 Максимальна температура +60	
Допустиме розтягуюче навантаження, кН	1,5	1,5
Допустиме роздавлююче зусилля, Н/100 мм	1000	1000
Маса кабелю, кг/км	25	30
Максимальний радіус вигину, мм	Не менше 20 номінальних діаметрів кабелю	
Коефіцієнт хроматичної дисперсії, пс/(нм*км)	1310 нм - 3,5	
	1550 нм - 20	
Коефіцієнт загасання, дБ/км	1310 нм – 0,36	
	1550 нм – 0,22	

Основні вимоги та заходи безпеки при прокладці волоконно-оптичних кабелів включають:

- Збереження цілості зовнішньої оболонки кабелю. Уникати пошкодження оболонки під час установки та кріплення кабелю.
- Запобігання перекручуванню кабелю. Дотримуйтесь правильної орієнтації кабелю і уникати його перекручування під час прокладки.
- Надійне кріплення кабелю. Використовувати відповідні траверси або кронштейни для надійного кріплення кабелю на опорах.
- Використання діелектричних кабелів. Для забезпечення електробезпеки використовувати повністю діелектричні оптичні кабелі. Це дозволить уникнути необхідності в заземленні кабелю.
- Виконання тяги рівномірно і без ривків. Під час прокладання кабелю робіться рівномірне тягуче зусилля без ривків для запобігання пошкодженням.

– Дотримання мінімального радіусу вигину. Враховувати мінімальний радіус вигину для конкретного волоконно-оптичного кабелю (зазвичай 150 мм), щоб уникнути пошкодження волокон.

– Дотримання допустимих зусиль під час протягування кабелю. Не перевищувати максимальне допустиме зусилля, яке можна застосувати під час протягування кабелю відповідно до його технічних характеристик.

– Дотримання вимог безпеки при прокладці кабелю біля опор ЛЕП. Не кріпиться кабель до труб газової вентиляції та димовидалення, не порушувати герметичність покрівлі будівлі. Уникати зіткнень кабелю з іншими кабельними лініями та конструкціями, а в разі неможливості - захистити його металорукавом або металевою трубкою.

– Обмеження провису кабелю. Дотримуватись вимог, щоб провис кабелю не перевищував 1,2 м на 50 м прольоту.

– Тестування кабельних сегментів. Використовувати спеціалізовані вимірювальні прилади для тестування кабельних сегментів згідно з вимогами стандартів.

Дотримання цих вимог та заходів безпеки сприятиме успішній прокладці і експлуатації волоконно-оптичних кабелів по опорах ЛЕП.

#### **2.4.2 Опис та вибір обладнання абонентської точки концентрації**

Опис оптичного боксу FOB-05-24 (рис.2.6). є досить розповсюдженим і використовується для закінцювання лінійного оптичного кабелю та підключення оптичних конекторів у волоконно-оптичних мережах.

Основні характеристики оптичного боксу FOB-05-24:

– Ємність. Бокс розрахований на розміщення до 24 оптичних конекторів. Він забезпечує достатню кількість портів для підключення волоконних пігтейлів та абонентських FTTH кабелів.

– Входи кабелю. Бокс має два входи для лінійного оптичного кабелю, які оснащені зажимними втулками для надійного ущільнення. Також можуть бути наявні додаткові входи у разі необхідності.

– Фіксація кабелю. Кабель кріпиться до боксу за допомогою спеціальних притискачів, що забезпечують надійне кріплення силових елементів кабелю. Додаткові фіксатори можуть використовуватися для закріплення силових елементів.

– Сплайс-касети. Бокс оснащений сплайс-касетами, які використовуються для розміщення зварних з'єднань волокон. Це дозволяє забезпечити захист і організацію з'єднань всередині боксу.

– Матеріали та конструкція. Оптичний бокс може бути виготовлений з пластику або металу, залежно від моделі. Він має знімну або відкидаючу кришку для зручного доступу до внутрішніх елементів.

Застосування: Бокс FOB-05-24 часто використовується в глибоких волоконно-оптичних мережах, таких як FTTH (Fiber to the Home), PON (Passive Optical Network) та інші.

Оптичний бокс виконує важливу роль у волоконно-оптичних мережах, забезпечуючи зручне підключення оптичних кабелів і елементів мережі. Його конструкція та функціональні можливості дозволяють забезпечити надійну і організовану систему з'єднань у мережі.



Рисунок 2.6 – Оптичний бокс FOB-05-24

Оптичний бокс є важливим елементом волоконно-оптичних мереж, забезпечуючи організацію та захист з'єднань.

Щодо оптичних розгалужувачів (OP), PLC (Planar Lightwave Circuit) сплітери є популярними в розгалужених оптичних мережах, зокрема в PON-мережах. Вони мають переваги, такі як низьке загасання сигналу, багато виходів для відгалужень і можливість розміщення додаткових пристроїв. Планарні сплітери виготовляються за складнішою технологією, що призводить до вищої вартості, але вони забезпечують високу якість з'єднання і широкий діапазон хвиль.

Оптичні розгалужувачі можуть бути безкорпусними або корпусними. Безкорпусні сплавні дільники мають компакту конструкцію і встановлюються в сполучних касетах. Корпусні розгалужувачі знаходяться в міцних пластикових корпусах, що забезпечує захист від різних впливів. Обидва типи розгалужувачів мають свої переваги та застосування, залежно від умов експлуатації і вимог мережі.

У якості оптичних розгалужувачів було обрано оптичний дільник PLC Splitter 1×8, 900 nm, G657A (рис. 2.7). Характеристики розгалужувача наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристики PLC Splitter 1x8, 900 um, G657A

Дільник	1 × 8
Робочі довжини хвиль, нм	1260-1650
Максимальні втрати, дБ	10,6
Тип конекторів	без конекторів
Направленість, дБ	55
Зворотні втрати, дБ	50
Втрати, пов'язані з поляризацією, дБ	0,25
Довжина виводів, м	1,5
Оптичний діаметр, мм	0,9
Тип волокна	G.657.A1
Робоча температура зберігання і експлуатації, °C	-40-+85



Рисунок 2.7 – Оптичний дільник PLC Splitter 1x8, 900 um, G657A

### 3 ПРАВИЛА БУДУВАННЯ МАД

#### 3.1 Станційний сегмент мережі PON

OLT (Optical Line Terminal) є головним обладнанням в мережі PON (Passive Optical Network) і виконує роль комутатора. Це пристрій, призначений для передачі інформації на абонентські термінали (ONU) та отримання зворотних пакетів від них, агрегації і комутації трафіку. Функціонал OLT відповідає світчу 2-го рівня і включає Uplink порти для підключення до комутатора рівня 3 і Downlink порти для побудови мережі PON.

Вибір OLT в мережі залежить від конкретних потреб і вимог. Одним з пристроїв OLT, який був обраний, є BDCOM P3310C, що є оптичним лінійним терміналом для мереж GPON. Цей пристрій відповідає стандартам IEEE 802.3ah, YD/T 1475-2006 і CTC 2.0/2.1. Він підтримує автоматичне виявлення та роботу з абонентськими терміналами (ONU) різних виробників.

Основні особливості BDCOM P3310C включають наявність чотирьох портів GPON з коефіцієнтом ділення 1:64, підтримку стандартів IEEE 802.3ah, YD/T 1475-2006, CTC 2.0/2.1, мідні та SFP-порти Gigabit Ethernet для підключення до рівня агрегації, механізм динамічного розподілу смуги пропускання (DBA) та підтримку якості обслуговування QoS, підтримку багатоадресної розсилки (multicast) та Multicast VLAN, компактні розміри і низьке енергоспоживання, підтримку двох блоків живлення, а також широкий набір функцій експлуатації, адміністрування та обслуговування (OAM).

OLT, такий як BDCOM P3310C, дозволяє побудувати стійкі до відмов, безпечні і масштабовані мережі "останньої милі" з передачею даних на значні відстані (до 40 км) без зниження швидкості передачі.



Рисунок 3.1 – Оптичний лінійний термінал BDCOMP3310C

### 3.2 Оптичні модулі

Трансивери SFP (Small Form-factor Pluggable) є популярними і стандартизованими модулями, які використовуються для забезпечення оптичного зв'язку між OLT комутатором і абонентськими терміналами (ONU) в мережах PON.

Трансивер FoxGate 1,25 Gbps, 1490 nmTx/1310 nmRx, SC, SFP, 20 km, що ви згадуєте, є SFP GEPON трансивером, спеціально розробленим для використання в оптичних мережах GEPON (Gigabit Ethernet PON). Цей трансивер забезпечує двонаправлену передачу даних зі швидкістю 1,25 Гбіт/с через одне оптичне волокно на відстань до 20 км.

Він працює на довжинах хвиль 1490 нм для передачі (Tx) і 1310 нм для прийому (Rx). Цей розподіл спектру використовується в GEPON-мережах, де передача даних відбувається на довжині хвилі 1490 нм, а прийом даних - на довжині хвилі 1310 нм.

Трансивер має роз'єм SC, який використовується для підключення оптичного волокна. Роз'єм SC є стандартним і широко поширеним роз'ємом для оптичних з'єднань.

Завдяки цим характеристикам, трансивер FoxGate 1,25 Gbps, 1490 nmTx/1310 nmRx, SC, SFP, 20 km є підходящим вибором для використання в оптичних лінійних терміналах (ONU) у мережах PON, зокрема в GEPON-мережах. Він дозволяє передавати дані з високою швидкістю та забезпечує оптичний зв'язок на значні відстані без втрати якості сигналу.

**Основні особливості:**

- трансивер відповідає стандарту IEEE 802.3ah-2004;
- довжини хвиль: передача 1490 нм, прийом 1310 нм;
- вихідна потужність до +7 дБ;
- тип оптичного роз'єму: SC.



Рисунок 3.2 – Оптичний модуль

**3.3 Оптична панель**

ODF Line-1U SC-12 від компанії "Укрком Лайн" є компактним універсальним оптичним кросом фронтального типу, призначеним для зрощування і комутації 12 волокон з конекторами SC/UPC. Ця оптична панель (ODF) використовується для перетворення волокон лінійних кабелів в комутаційний інтерфейс, який дозволяє підключити їх до активного обладнання.

ODF Line-1U може бути встановлена в будь-які стійки або шафи розміром 19" або 21" (за використання перехідних кронштейнів). Корпус оптичної панелі регулюється по глибині і виготовлений з металу. Є висувна поворотна конструкція, яка забезпечує легкий доступ до всіх оптичних компонентів всередині панелі, навіть при підключених комутаційних шнурах.

Адаптери на фронтальній частині оптичного кросу розташовані під кутом 45°, що допомагає запобігти прямому попаданню лазерного випромінювання під час експлуатаційних робіт.

Корпус панелі не має отворів більше 10 мм, що забезпечує надійний захист від проникнення гризунів. Вона також забезпечує можливість окінцевого

з'єднання оптичних кабелів будь-яких типів. Захисні зростки і запас волокон можуть бути розташовані у сплайс-касеті FOOSC A-Tray.

ODF Line-1U SC-12 є зручним і надійним пристроєм для організації і забезпечення оптичного з'єднання волокон у мережі. Вона дозволяє легко маневрувати з оптичними компонентами і забезпечує безпечну і надійну комутацію волоконних з'єднань.

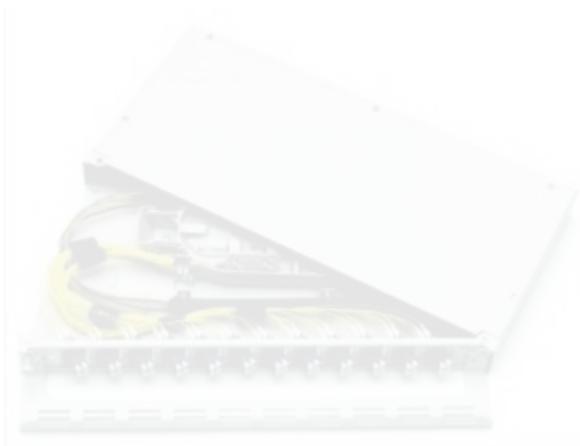


Рисунок 3.3 – Оптична панель ODF Line-1U

### 3.4 Абонентський сегмент мережі PON

Оптичний термінал ONU (Optical Network Unit) є компактним пристроєм, який встановлюється в приміщенні абонента і виконує функцію перетворення оптичного сигналу, що надходить з мережі FTTH (Fiber-to-the-Home), в електричний сигнал, зрозумілий для клієнтського обладнання.

Стандартний оптичний термінал ONU зазвичай оснащений одним оптичним портом 1Г (Uplink) і одним або чотирма мідними портами 1Г або 0.1Г (Downlink). Також існують моделі з більшою кількістю портів, наприклад, з 8, 16 або 24 портами, а також моделі з приймачем CATV, які забезпечують широкосмуговий доступ для клієнтського обладнання і можуть приймати телевізійний сигнал по коаксимальному кабелю.

Оптичний термінал ONU виконує функцію видаленої конфігурації і управління з центрального концентратора OLT (Optical Line Terminal). Він може відправляти, агрегувати і обробляти різні типи даних, що надходять від клієнтів, і передавати їх вгору до OLT для подальшої обробки і маршрутизації в мережі.

Для забезпечення стабільної та ефективної роботи рекомендується використовувати обладнання від одного виробника, тому абонентський термінал ONU повинен бути тієї ж торгової марки, що і OLT, щоб забезпечити сумісність та оптимальну взаємодію в мережі. У якості абонентського терміналу, типовим рішенням є ONU марки BDCOM P1501C1 (рис 3.4).



Рисунок 3.4 – Абонентський термінал ONU

Кабелі абонентської розводки мають важливе значення для з'єднання оптичного терміналу ONU з приміщенням абонента. Ці кабелі можуть бути прокладені підземним способом в каналах або безпосередньо в ґрунті. При повітряній прокладці вони відводяться від опори до будівлі і далі до точки підключення. Кабелі абонентської розводки можуть також містити додаткові резервні волокна для майбутнього розширення мережі.

Оптимальним варіантом для підвішування кабелів на опорах є використання кабелю ОКАД-Д виробництва «Одесакабель». Кабель ОКАД-Д (0,1) Пнг-НФ...1Е7 є плоским FTTH абонентським кабелем з двома силовими діелектричними

елементами. Він призначений для підвіски і експлуатації на опорах повітряних ліній зв'язку, міського електротранспорту та повітряних лініях електропередачі. Кабель має високу стійкість до навантажень, таких як вітер, ожеледь, температура і комбінації цих факторів. Він також може бути прокладений по зовнішніх стінах будівель і споруд.

Кабель ОКАД-Д має малогабаритну та гнучку конструкцію, з двома смужками не горючого пластика (LSZH) і волокнами між ними. Для захисту від механічних навантажень використовуються склопластикові стержні або сталеві проволоки, що вбудовані в зовнішній покрив. Така конструкція робить кабель легким, гнучким і зручним для прокладання, а плоска поверхня дозволяє його легко кріпити до різних поверхонь, таких як стіни, плінтуси, дверні стояки тощо.

З урахуванням експлуатаційних показників та ціни, кабель ОКАД-Д є оптимальним вибором для абонентської розводки, особливо при підвішуванні на опорах Особливості ОКАД-Д:

- Оптичні волокна, згруповані в пучки.
- Тиксотропний гідрофобний заповнювач.
- Центральна-розташована трубка.
- Силовий елемент – поздовжньо розташовані сталеві дроти.
- Оболонка з поліетилену високої щільності.

Таблиця 3.1 – Характеристики кабелю ОКАД-Д (0,1) Пнг-НФ...1Е7

Тип ОВ	ITU-T G.652 D
Кількість ОВ в кабелі, шт	1
Діаметр кабелю, мм	3,0 x 2,0 ±0,2
Діапазон допустимих температур при монтажі, °C	-40 °C - +60 °C
Допустиме розтягуюче навантаження, кН	0,1
Допустиме роздавлююче зусилля, Н/100 мм	1000
Маса кабелю, кг/км	6

Максимальний радіус вигину, мм	Не менше 20 номінальних діаметрів кабелю
Коефіцієнт хроматичної дисперсії, пс/(нм*км)	1310 нм – 3,5 1550 нм – 18
Коефіцієнт загасання, дБ/км	1310 нм – 0,36 1550 нм – 0,22

Абонентська оптична розетка є спеціальним обладнанням, яке використовується для заведення оптичних волокон в будь-яке приміщення, зокрема у мережах типу PON (Passive Optical Network). Ця розетка добре поєднується з різними типами оптичних кабелів.

Конструкція абонентської оптичної розетки є простою і включає корпус, монтажну пластину та кріпильні елементи. Розміри розетки зазвичай компактні, але вона може вмістити певний запас оптичного кабелю. Кабель, який підключається до розетки, фіксується за допомогою металевого затиску або хомутів. В конструкції також передбачені ложементи, які дозволяють установити гільзи КДЗЗ (кросс-дистанційного з'єднувального пристрою).

Для з'єднання оптичної мережевої одиниці (ONU) з абонентською оптичною розеткою використовується оптичний шнур, відомий як патч-корд.

Один з типових варіантів абонентської оптичної розетки - Crosver FOR-02. Вона призначена для окінцювання абонентського волоконно-оптичного кабелю (ВОК). Ця розетка дозволяє зрощувати до двох оптичних волокон і має можливість установки двох адаптерів. Також передбачено можливість закріплення оптичного кабелю за допомогою кабельного зажиму, що запобігає його висмикуванню. Crosver FOR-02 призначена для закінцювання патч-кордових оптичних кабелів або кабелів типу FTTH (Fiber to the Home).

Загалом, абонентська оптична розетка є важливим елементом для підключення оптичних волокон до приміщень абонентів, забезпечуючи зручне і надійне з'єднання з оптичними мережами.

### 3.5 Швидкість передачі даних в мережі PON

Для розрахунку швидкості передачі даних в мережі PON (Passive Optical Network) враховуються кількість підключених абонентів і пропускна здатність каналу.

У технології GEPON (Gigabit Ethernet PON) загальна швидкість передачі даних складає 1.25 Гбіт/с, проте 0.25 Гбіт/с використовується для каналного кодування і несе надлишкові дані, тому реальна швидкість становить 1 Гбіт/с.

Для розрахунку швидкості для кожного абонента в мережі PON, можна використовувати наступний підхід. Припустимо, що до одного PON-порту OLT (Optical Line Terminal) підключено максимально можливу кількість ONU (Optical Network Unit), яка в даному випадку становить 64 одиниці.

Швидкість низхідного потоку (від OLT до ONU) складає 1000 Мбіт/с. Отже, на одну ONU приходить швидкість  $1000 \text{ Мбіт/с} / 64 = 15.6 \text{ Мбіт/с}$ . Це є мінімальною швидкістю при повній завантаженості мережі, коли всі ONU використовують свою смугу трафіку.

Проте, фактична швидкість залежить від активності користувачів в мережі. Якщо припустити, що одночасно в мережу підключено 50% ONU, то швидкість на одну ONU зростає до 32 Мбіт/с. Враховуючи той факт, що не всі користувачі активно використовують канал зв'язку, можна припустити, що з усіх активних користувачів в одиницю часу активно навантажується лише 50%. Таким чином, швидкість на одну ONU може становити приблизно 65-70 Мбіт/с.

Протягом "Prime Time" (періоду пікової активності, наприклад, ввечері), кожна ONU може отримувати швидкість до 1 Гбіт/с. Однак, необхідно також враховувати сезонні коливання попиту клієнтів (наприклад, взимку більше активних користувачів у вечірні години, влітку - менше).

Важливо зазначити, що провайдери не можуть гарантувати фіксовану швидкість для кожного абонента в мережі PON. Швидкість може залежати від завантаженості мережі і активності користувачів. Проте провайдери можуть

обмежити швидкість для окремих абонентів або надати послугу виділення каналу з гарантованою смугою пропускання для бізнес-клієнтів.

### 3.6 Розрахунок трафіку

Розрахунок трафіку у ГНН для мережі абонентського доступу на основі технології PON проводиться не для всієї мережі, а лише для одного порту OLT. Максимальна кількість абонентів на одному порті  $Na_{\text{макс}}=64$ .

Сумарна необхідна пропускна здатність для IP-телефонії, IPTV та передачі файлів розраховується за формулою 3.1:

$$C_{\text{заг}}=CT+C_{\text{IPTV}}+C_{\text{ТФ}}, \text{ Мбіт/с} \quad (3.1)$$

CT – навантаження від трафіку IP-телефонії, Мбіт/с;

$C_{\text{IPTV}}$  – навантаження від трафіку IPTV, Мбіт/с;

$C_{\text{ТФ}}$  – навантаження від трафіку передачі файлів, Мбіт/с.

В IP-телефонії на сьогоднішній день найбільш поширене перетворення за допомогою кодека G.711. Сигнал в даному кодеку надано потоком величиною 64 кбіт/с.

Для передачі мови по IP-мережі, в IP-шлюзі до мовних повідомлень, розбитим аудіокодеком на пакети, додаються заголовки протоколів RTP / UDP / IP / Ethernet, що вносить значну частку надмірності.

У ГНН абонентів, що користуються послугою IP-телефонії, приблизно 50% від максимально можливої кількості абонентів  $Na_{\text{макс}}$ , і складає 32 абоненти.

Пропускна здатність, яку треба виділити для пропуску навантаження служби телефонії розраховується за формулою 3.2:

$$CT=N \cdot V \cdot K \text{ надмір}, \text{ Мбіт/с} \quad (3.2)$$

K надмір – коефіцієнт надмірності (за рахунок службових заголовків);

$N$  – кількість абонентів, шт;

$V$  – швидкість кодексу G.711, Мбіт/с.

Для кодексу G,711 Кнадмір=1,4.

Отже, навантаження для IP-телефонії згідно формули 3.2:

$$CT=32 \cdot 64 \cdot 1,4=2,867 \text{ Мбіт/с}$$

Для цифрового телебачення, де використовується кодек MPEG4, швидкість інформаційного потоку для HD-каналів VHD= 20 Мбіт/с, для SD-каналів VSD= 5 Мбіт/с .

Оскільки місце проектування мережі сільський район, візьмемо кількість каналів, які дивляться абоненти у ГНН на одному порті – 20. З них лише 50% каналів у якості HD.

Необхідна пропускна здатність для IPTV розраховується за формулою 3.3:

$$C_{IPTV}=N \cdot V_{HD}+N \cdot V_{SD}, \text{ Мбіт/с} \quad (3.3)$$

$N$  – кількість абонентів;

Згідно формули 3.3, навантаження IPTV складає:

$$C_{IPTV}=10 \cdot 20+10 \times 5=250 \text{ Мбіт/с}$$

Розрахунок пропускної здатності для служб передачі файлів здійснюється при 100% відсотковій активності абонентів, та середньому навантаженні кожного абонента  $V=10$  Мбіт/с. Необхідна пропускна здатність для служб передачі файлів розраховується за формулою 3.4:

$$C_{ПФ}=N \cdot V, \text{ Мбіт/с} \quad (3.4)$$

$N$  – кількість абонентів;

Згідно формули 3.4, для передачі файлів необхідна пропускна здатність:

$$C_{ПФ}=64 \cdot 10=640 \text{ Мбіт/с}$$

Отже, загальне навантаження складає:

$$C_{\text{заг}}=2,867 +250+640 =892,8 \text{ Мбіт/с}$$

З отриманих розрахунків, можна зробити висновок, що смуги пропускання у 1 Гбіт/с вистачить для забезпечення високої якості послуг.

## Схожість

Джерела з Бібліотеки

17

1	Студентська робота	ID файлу: 1015205851	Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University	11 Джерело	24.2%
2	Студентська робота	ID файлу: 1015062403	Навчальний заклад: Lutsk National Technical University		11%
3	Студентська робота	ID файлу: 1015011308	Навчальний заклад: Lutsk National Technical University		0.29%
4	Студентська робота	ID файлу: 1015220468	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyi...		0.14%
5	Студентська робота	ID файлу: 1015025025	Навчальний заклад: Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University		0.14%
6	Студентська робота	ID файлу: 3440401	Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University		0.12%
7	Студентська робота	ID файлу: 1015196017	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyi...		0.12%