

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи
фахового молодшого бакалавра**

на тему: **Дослідження можливостей використання технології FTTH для
широкосмугового доступу в сільській місцевості**

Виконав студент IV курсу, групи ТК-41
спеціальності 172 Телекомунікації та
радіотехніка
ОПП «Телекомунікації та комп'ютерні
технології»

Вороновський Юрій Юрійович

Керівник	_____	Володимир ПЛІШ
	(підпис)	
Нормоконтролер	_____	Володимир ПЛІШ
	(підпис)	
Рецензент	_____	Анатолій РОМАНЮК
	(підпис)	
Голова ЕК	_____	Андрій ВАХ
	(підпис)	
Члени ЕК	_____	Ігор ТИБЕЛЬ
	(підпис)	
	_____	Володимир ПЛІШ
	(підпис)	

Дипломна робота захищена в ЕК «___» _____ 2025 р.

з оцінкою «_____»

Львів 2025

**ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

Циклова комісія	<i>Телекомунікації</i>
Освітньо-професійний ступінь	<i>Фаховий молодший бакалавр</i>
Освітньо-професійна програма	<i>Телекомунікації та комп'ютерні технології</i>
Спеціальність	<i>172 Телекомунікації та радіотехніка</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач відділення
«Телекомунікацій та
комп'ютерних технологій»
_____ Ігор ТИБЕЛЬ
« 25 » квітня 2025 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

Вороновському Юрію Юрійовичу

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи

*Дослідження можливостей використання
технології FTTH для широкосмугового доступу в
сільській місцевості*

керівник роботи

*Володимир ПЛІШ викладач вищої категорії,
викладач-методист*

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом директора від “ 20 ” березня 2025 року № 20-СТ

2. Строк подання студентом роботи “10” червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи 3.1 Використати мережу оптичного мережного
доступу;

3.2 Застосувати оптичне волокно для мережі FTTH;

3.3 Описати досліджувальний населений пункт;

3.4 Розрахувати трафік мережі.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

4.1 Аналіз об'єкту дослідження;

4.2 Технології побудови мережі FTTH

4.3 Правила будування МАД

4.4 Техніко-економічне обґрунтування.

4.5 Охорона праці та безпека життєдіяльності

5. Перелік графічного матеріалу

5.1.	<i>Архітектури FTTx</i>
5.2.	<i>Пасивна оптична мережа та активний Ethernet</i>
5.3.	<i>Схема району досліджувальної мережі</i>
5.4.	<i>Підключення абонентів до оптичного боксу</i>
5.5.	<i>Схема підключення абонента</i>

6. Консультанти розділів дипломної роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання отримав
Техніко-економічне обґрунтування	<i>Мар'яна СМУК викладач вищої категорії</i>	25.04.2025р.	25.04.2025р
Охорона праці та безпека життєдіяльності	<i>Олена МЕЛЬНИКОВА викладач першої категорії</i>	25.04.2025р.	25.04.2025р.

7. Дата видачі завдання « 25 » квітня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання	Примітка
1	<i>Вступ.</i>	25.04-01.05	
2	<i>Аналіз об'єкту дослідження;</i>	02.05-08.05	
3	<i>Технології побудови мережі FTTH</i>	09.05-15.05	
4	<i>Правила будування МАД</i>	16.05-22.05	
5	<i>Техніко – економічне обґрунтування</i>	23.05-29.05	
6	<i>Охорона праці та безпека життєдіяльності</i>	30.05-03.06	
7	<i>Висновки</i>	04.06-05.06	
8	<i>Підготовка графічного матеріалу.</i>	06.06-09.06	

Здобувач

(підпис)

Юрій ВОРОНОВСЬКИЙ

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ПЛІШ

(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Текстова частина дипломної роботи: 65 с., 11 рис., 5 табл., 9 джерел.

Об'єкт дослідження – оптична мережа технології FTTH.

Мета роботи – побудова оптичної мережі доступу з використанням оптичних ліній зв'язку.

Метод дослідження – абстрактно-логічний, порівняльний, коефіцієнтний, структурний аналіз.

У дипломній роботі проаналізовано архітектури оптичних мереж абонентського доступу, наведено опис технології FTTH, існуючі рішення побудови мереж абонентського доступу за цією технологією та сформульовані основні задачі роботи.

У основній частині обрано об'єктом проектування сільську місцевість, створена характеристика об'єкту, запропонована мережа доступу на базі технології FTTH, розраховано її оптичний бюджет та трафік у ГНН, обрано необхідне обладнання.

МЕРЕЖА, АБОНЕНТСЬКИЙ ДОСТУП, АРХІТЕКТУРА, ТЕХНОЛОГІЯ, FTTH, ОБЛАДНАННЯ, PON, GPON.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ОБ’ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	8
1.1 Перехід мереж доступу на оптичні технології.....	8
1.2 Архітектура та технології побудови ОМД	9
1.3 Опис мережі FTTH.....	11
1.4 Місце розгортання мережі FTTH.....	12
1.5 Оптичне волокно для мережі FTTH.....	13
1.6 Архітектура мережі FTTH.....	15
1.7 Ethernet FTTH (P2P).....	16
2 ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ FTTH	20
2.1 Вибір сільського району	20
2.2 Опис населеного пункту	21
2.3 Оптичний бюджет проектованої мережі PON.....	22
2.4 Розподільчий сегмент мережі.....	26
3 ПРАВИЛА БУДУВАННЯ МАД	35
3.1 Станційний сегмент мережі PON	35
3.2 Оптичні модулі	36
3.3 Оптична панель.....	38
3.4 Абонентський сегмент мережі PON.....	39
3.5 Швидкість передачі даних в мережі PON.....	43
3.6 Розрахунок трафіку.....	44
3.7 Прокладення кабелю.....	46
4 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	48
4.1 Розрахунок капітальних витрат на розробку.....	48
4.2 Складові структури витрат на розробку.....	48
4.3 Витрати на відлагодження розробки.....	50
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЕДІЯЛЬНОСТІ.....	52
5.1 Загальні положення.....	52

5.2 Організація охорони праці на підприємстві.....	53
5.3 Заходи безпеки на робочому місці.....	55
5.4 Санітарно-гігієнічні вимоги.....	56
ВИСНОВКИ	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	59
КОПІЇ ОBOB'ЯЗКОВИХ КРЕСЛЕНЬ.....	60
Лист 1 Архітектури FTTx	61
Лист 2 Пасивна оптична мережа та активний Ethernet	62
Лист 3 Схема району досліджувальної мережі	63
Лист 4 Підключення абонентів до оптичного боксу	64
Лист 5 Схема підключення абонента	65

ВСТУП

Сьогодні зв'язок відіграє важливу роль в нашому світі. Якщо раніше для передачі інформації використовувалися мідні кабелі, то тепер настав час оптичних телекомунікаційних технологій.

Оптичне волокно в даний час вважається найдосконалішим фізичним середовищем для передачі інформації, а також самим перспективним середовищем для передачі великих потоків інформації на значні відстані.

Незважаючи на численні переваги перед іншими способами передачі інформації, волоконно-оптичні системи мають також і недоліки, головним чином через відносно високу вартість інтерфейсного обладнання, а також складності монтажу і обслуговування оптичних ліній.

В останні 10 років швидко розвиваються і отримують все більш широке поширення нові послуги зв'язку, а також поліпшується якість традиційних послуг. При цьому різні види послуг надаються різними мережами зв'язку, наприклад, телефонні послуги – телефонна мережа, телевізійні – мережа кабельного телебачення, широкосмуговий доступ в інтернет також за спеціальною, часто волоконно-оптичної мережі. Відповідно, користувач отримує ці послуги за допомогою окремих терміналів: телефонного апарату, телевізора, персонального комп'ютера.

Узагальнюючим поняттям технологій оптичного доступу виступає термін FTTx – доведення оптичного волокна до об'єкта. Технологія FTTx включає в себе безліч концепцій розгортання мереж доступу, в тому числі технологію FTTH, яка має очевидні переваги для користувачів, як сьогодні, так і в доступному для огляду майбутньому.

1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Перехід мереж доступу на оптичні технології

В останні роки мережі доступу (МД) є найбільш динамічним сегментом телекомунікаційної галузі. Вони безпосередньо пов'язані з наданням операторських послуг абонентам, тому МД добре окупаються навіть в умовах несприятливої економічної ситуації. Тут постійно удосконалюються технології для задоволення нових потреб користувачів, з'являються нові, характерні тільки для цих мереж, технічні рішення. На відміну від транспортних мереж (міжстанційних, міжміських і т.п.), в МД тільки починається перехід на оптичні технології в фіксованого зв'язку. Тому можна зупевненістю сказати, що МД знаходяться в фазі розвитку, що робить їх технічно і фінансово привабливими.

З точки зору швидкості передачі - навіть найсучасніші модеми ADSL-2, ADSL-2 + вже зараз знаходяться «на межі» вимог користувачів. При інтернет обміні прийнятна швидкість передачі 1-2 Мбіт/с, а для потокового відео 4 ... 6 Мбіт/с. Цим практично і вичерпуються можливості модему при невеликій відстані до абонента.

При новому будівництві технологія xDSL стає неконкурентоспроможною навіть економічно. Вартість одного 400-парного мідного кабелю перевищить вартість всієї невеликої розгалуженої оптичної мережі. Таким чином, застосування оптичних рішень на мережах доступу стає єдиним підходящим способом організації широкопотокового фіксованого доступу. Вже зараз, використовуючи реальні оптичні технології, можлива організація високошвидкісних потоків 1 Гбіт/с до абонента. А застосування технологій хвильового мультиплексування дозволить передавати такі потоки на кожній з декількох оптичних несучих. Причому оптичні технології постійно вдосконалюються і здешевлюються.

1.2 Архітектура та технології побудови ОМД

Концепція реалізації будівництва мережі доступу або будь-якої комп'ютерної мережі, у якій від вузла зв'язку до певного місця доходить волоконно-оптична лінія передачі, має назву FTTx (Fiber to the x), де "x" може означати різні типи місць призначення, такі як будинки (FTTH - Fiber to the Home), квартири (FTTB - Fiber to the Building), підприємства (FTTE - Fiber to the Enterprise) і т. д.

Найчастіше оптичну мережу доступу за допомогою концепції FTTx реалізують у варіантах архітектури P2P (точка - точка) та PmP (точка - багато точок) з використанням оптичних розгалужувачів. У випадку P2P кожному абоненту надається окрема оптична лінія від центрального вузла до його місця призначення. У випадку PmP одна оптична лінія з центрального вузла виходить до кількох абонентів, що дозволяє скористатися економічними перевагами за рахунок спільного використання ресурсів.

FTTX – ціле сімейство оптико-волоконних технологій, покликаних для забезпечення оптичним зв'язком. У це сімейство входять різні види архітектури, які відрізняються головним чином тим, наскільки близько до терміналу користувача підходить оптичний кабель (рис.1.1):

– FTTN (Fiber to the Node) – волокно до вузла мережі, FTTN використовується в основному як бюджетне і швидко впроваджуване рішення там, де існує розподільна "мідна" інфраструктура і прокладка оптики нерентабельна. Пов'язані з цим рішенням труднощі: невисока якість послуг, що надаються, обумовлене специфічними проблемами лежать в каналізації мідних кабелів, істотне обмеження по швидкості і кількості підключень в одному кабелі.

– FTTC (Fiber to the Curb) – волокно до мікрорайону, кварталу або групи будинків;

FTTC – це покращений варіант FTTN, позбавлений частини властивих останньому недоліків. Архітектура FTTC в першу чергу призначена для операторів, що вже використовують технології xDSL або PON, і операторів

кабельного телебачення: реалізація цієї архітектури дозволить їм з меншими витратами збільшити і кількість обслуговуваних користувачів, і виділену кожному з них смугу пропускання. У Європі цей тип підключення часто застосовується невеликими операторами Ethernet-мереж. Пов'язано це з більш низькою вартістю мідних рішень і з тим, що монтаж оптичного кабелю вимагає високої кваліфікації виконавця.

– FTTB (Fiber to the Building) – волокно до будівлі;

Архітектура FTTB набула найбільшого поширення, так як при будівництві мереж FTTx на базі Ethernet - це, найчастіше, єдина технічно можлива схема побудови мережі. Крім того, в структурі витрат на створення Ethernet-мережі різниця між варіантами FTTC і FTTB відносно невелика. Також не слід забувати, що операційні витрати при експлуатації мережі FTTB нижче, а пропускна здатність вище.

– FTTH (Fiber to the Home) – волокно до житла (квартири або окремого котеджу).

Варіант доступу FTTH є найбільш витратним, але в той же час і найбільш перспективним, серед всіх типів доступу FTTx.

На перший погляд, будівництво мережі FTTH – це дуже трудомісткий і, відповідно, дорогий процес, але на практиці основні витрати при розгортанні мережі FTTH припадають на будівельні роботи, а вартість самого оптоволоконного кабелю становить відносно невелику частину. Це означає, що в разі необхідності проведення будівельних робіт кількість оптоволоконного кабелю, що прокладається вже не має великого значення.

Більш того, хоча життєвий цикл мережі FTTH і її електронних компонентів становить кілька років, оптоволоконний кабель і оптична розподільча мережа мають більш тривалий термін служби (принаймі, 30 років).

Всі архітектури FTTx припускають наявність ділянки з розподільними мідними кабелями, але чим він коротший, тим більше пропускна здатність мережі. Максимальне використання оптичних технологій передбачає структура FTTH, при якій оптичний мережевий термінал знаходиться в квартирі

користувача і з'єднується короткими кабелями з кінцевими пристроями - телефоном, комп'ютером, телевізором і т.п.

Вибір архітектури залежить від безлічі умов, і в першу чергу від щільності розміщення абонентів. Але орієнтовно можна висловитися за доцільність застосування системи FTTB для багатоповерхових житлових будинків. Для приватної забудови або офісів, в залежності від платоспроможності замовника і його потреби в високошвидкісних додатках, більше підійде FTTH

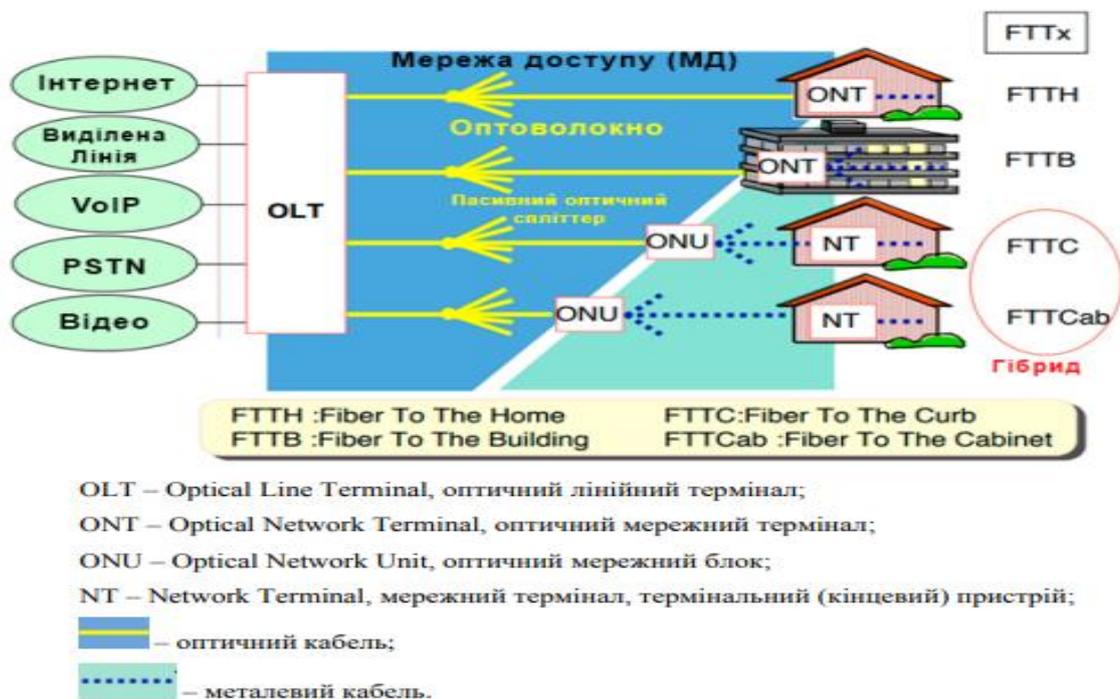


Рисунок 1.1 – Архітектури FTTx

1.3 Опис мережі FTTH

Мережа FTTH (волокно до абонента) заснована на волоконно-оптичній мережі доступу, яка підключає велику кількість кінцевих користувачів до центрального вузла, званому мережевим вузлом (АТС), вузлом агрегації або точкою присутності (POP). Кожен такий вузол включає в себе необхідне активне обладнання для передачі даних до кінцевого користувача, використовуючи оптичне волокно. Кожен мережевий вузол в межах великих міст або областей підключається до єдиної волоконно-оптичної транспортної мережі.

До мережі доступу можуть бути підключені:

- Фіксована бездротова антенна мережа, наприклад, бездротова LAN або WiMAX;
- Базові станції мобільного зв'язку;
- Кінцеві користувачі, які живуть у приватних або багатоквартирних будинках;
- Великі будівлі (школи, лікарні, бізнес центри);
- Охоронне обладнання (камери спостереження, пристрої охоронної сигналізації).

1.4 Місце розгортання мережі FTTH

Задача підключення кінцевого користувача по волокну може потребувати наявності волоконно-оптичної інфраструктури, розташованої в місцях загального або приватного користування.

Фізичне середовище розгортання мережі FTTH може бути розділена на:

- Місто, або мікрорайон міста;
- Котеджне містечко;
- Сільська місцевість;
- Типи будівель і населеність - приватні або багатоквартирні будинки.

Необхідно враховувати, що фізичне середовище розгортання мережі залежить не тільки від різноманітної щільності забудови (на км²), але і від специфічних умов (типів) забудови. Саме ці типи забудови є ключовим фактором вибору архітектури мережі. Визначено такі типи забудови:

- Greenfield – новобудови, де розгортання мережі відбуватиметься одночасно з будівництвом будинків;
- Brownfield – будівлі вже побудовані, але мають застарілу кабельну інфраструктуру;
- Overbuild – будівлі вже побудовані і мають сучасну кабельну інфраструктуру.

При проектуванні і будівництві мереж FTTH важливо розуміти взаємини між власниками мереж і операторами, щоб уникнути виникнення будь-яких конфліктів через функціональні або економічні вимоги.

1.5 Оптичне волокно для мережі FTTH

Оптичне волокно є так званим «каналом для передачі світлового сигналу», що дозволяє транспортувати імпульси лазерного випромінювання, що генеруються лазером або іншими оптичними джерелами випромінювання, до оптичного приймача.

Конструктивно оптичне волокно складається з серцевини, оболонки і зовнішнього покриття. Серцевина – це світлопередаюча частина волокна, тобто серцевина є так званим оптичним каналом, через який поширюється світлове випромінювання.

Оболонка забезпечує відображення світла в серцевину волокна таким чином, щоб світлові хвилі поширювалися тільки по серцевині волокна і не йшли за його межі. Захисна оболонка забезпечує механічну міцність волокна. Такі буферні оболонки зазвичай бувають багатошаровими, виготовляються з полімерних матеріалів і мають діаметр від 250 до 900 мкм. Діаметр серцевини оптичного волокна може мати різні значення в залежності від типу волокна. Існує велика кількість параметрів, що характеризують передачу оптичного сигналу в волокну. Два основних параметри - це загасання і дисперсія.

Загасання – це зменшення інтенсивності світлового променя (сигналу) в залежності від відстані при його проходженні через серцевину волокна. Загасання сигналу в волоконній оптиці зазвичай вимірюють в одиницях дБ, а загасання сигналу в оптичному волокну - в дБ/км. Загасання - важливий фактор, що обмежує передачу цифрового сигналу на великі відстані. Основне ослаблення випромінювання в оптичних системах викликано розсіюванням, поглинанням і відбиттям в місцях з'єднання волокна і в самому волокну.

Дисперсія – це розсіювання в часі спектральних і хвильових (модових) складових оптичного сигналу. Існують три типи дисперсії: міжмодова, хроматична і матеріальна. З огляду на те, що практично неможливо гарантувати ідеальне проходження світлового випромінювання строго по витягнутій лінії, часто створюється така ситуація, що імпульс містить кілька хвиль (мод), які приходять до приймача не одночасно, а з деяким інтервалом часу. Ті моди, які проходять прямолінійно, швидше добираються до кінця волокна, інші – зигзагоподібно і, отже, трохи запізнюються. Цей часовий діапазон проходження різних хвиль або мод одного випромінювання називається міжмодовою дисперсією.

Існують різні типи оптичних волокон. Для побудови мереж FTTH зазвичай використовується одномодове волокно, однак в деяких випадках можливе використання багатомодового волокна. Вибір типу волокна залежить від безлічі факторів, деякі з яких наведено нижче:

1) Архітектура мережі – архітектура мережі залежить від необхідної швидкості передачі даних по волокну, а також від максимально можливого оптичного бюджету мережі. Обидва ці фактори впливають на вибір волокна.

2) Розмір мережі – розмір мережі може визначатися кількістю підключених і абонентів, що обслуговуються. Однак в іншому контексті такий фактор визначається фізичної довжиною прокладених волоконно-оптичних ліній. При цьому оптичний бюджет лінії визначає наскільки далеко від абонента буде розташований мережевий вузол POP. На оптичний бюджет лінії впливають всі пасивні компоненти, встановлені на мережі, включаючи оптичне волокно.

3) Тип волокна, що використовується на існуючій мережі якщо відбувається модернізація або розширення існуючої волоконно-оптичної мережі, то необхідно, щоб новий сегмент мережі був сумісний з волокном, що використовується на існуючому сегменті.

4) Очікуваний термін експлуатації – мережі FTTH розробляються з очікуваним терміном експлуатації не менше 30 років. Тому дуже важливо, щоб при будівництві мереж FTTH враховувався можливий розвиток в майбутньому.

Це ж стосується і вибору типу волокна, яке повинно використовуватися під час всього терміну експлуатації мережі.

Для побудови мереж FTTH зазвичай використовуються одномодові оптичні волокна стандарту ITUT G.652. Однак, зовсім недавно на ринку телекомунікацій з'явився новий тип оптичного волокна не чутливого до мікрозгибам, яке дозволяє зменшити значення оптичного загасання і мінімального радіусу вигину, що дуже важливо саме для мереж FTTH. Таке волокно стандартизовано в ITU G.657.

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).

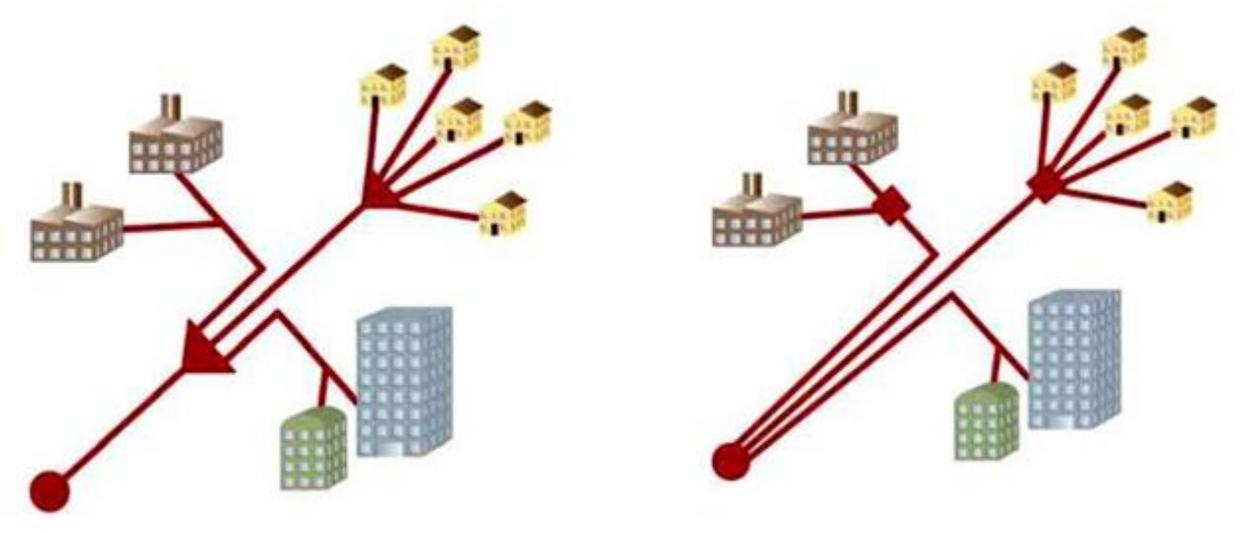


Рисунок 1.2 – а) Пасивна оптична мережа б) Активний Ethernet

У топології «точка-точка» для розподілу оптичного сигналу використовуються активні мережеві пристрої (комутатори, маршрутизатори, мультиплексори), в результаті чого трафік, що виходить із обладнання, розташованого в точці присутності (POP), направляється безпосередньо тому

користувачеві, якому він адресований. Іншими словами, в цьому випадку імітується оптичне з'єднання «точка - точка». Найбільшого поширення в таких мережах отримав протокол Ethernet, а самі мережі стали називатися «активними оптичними Ethernet-мережами» або активним Ethernet. Така топологія може також включати в себе технології PON шляхом розміщення пасивних оптичних розгалужувачів (сплітерів) в точці доступу.

У топології «точка-багато точок» для розподілу оптичного сигналу використовують пасивне обладнання (сплітери). Така технологія має назву PON. Завдяки цим оптичним розгалужувачем, лише одним оптичним волокном можна підключити до 128 абонентів. Саме тому ця технологія набуває популярності у сучасних оптичних мережах доступу.

1.7 Ethernet FTTH (P2P)

Пасивна оптична мережа (PON) і технології Ethernet «точка-точка» були розгорнуті по всьому світу. Вибір тієї чи іншої технології залежить від багатьох факторів, включаючи демографічну ситуацію і географічне розташування мережі, специфічні параметри розгортання, капіталовкладення т.п. Зокрема, обране рішення в великій мірі залежить від легкості побудови пасивної інфраструктури мережі. Тому на сучасному ринку телекомунікацій обидві технології є прийнятними.

Мережі Ethernet будуються в основному за схемою, коли кожен абонент, використовуючи одне призначене волокно, підключається до Ethernet комутатора, розташованому на мережевому вузлі POP. Така схема побудови є найбільш простою і відкритою.

Топологія кабельної інфраструктури для будівництва волоконно-оптичних рішень «точка-точка» може здатися ідентичною PON. Однак кількість волокон/кабелів між POP і точкою концентрації волокон буде значно більше, ніж в мережах PON. Лінійні оптичні кабелі, які приходять від мережевого вузла POP, підключаються до точки розподілу. Ця точка може розташовуватися як в муфті

під землею, так і в шафі зовнішньої установки. Від точки розподілу волокна йдуть до кінцевих користувачів. Ємність лінійних кабелів значно відрізняється від ємності кабелів абонентської розводки, і тому можливо, що способи прокладки і монтажу будуть відрізнятися при побудові двох ділянок мережі: магістрального і абонентського. При будівництві мережі можуть використовуватися як стандартні канали кабельної каналізації, так і альтернативні системи, наприклад, канали стічної каналізації або тунелі.

Волокна, що приходять в мережевий вузол POP, закінчуються в оптичному кросі (ODF), який являє собою гнучке рішення по організації волокон, що дозволяє підключати абонентів до будь-яких портів оптичних комутаторів, встановлених на мережевому вузлі.

Щоб організувати велику кількість волокон в досить обмеженому просторі необхідно мати компактний оптичний крос великого об'єму.

Необхідність швидкого виведення на ринок і зниження вартості для абонентів привели до появи мережевої архітектури на базі Ethernet-комутації. Передача даних по мережі Ethernet і Ethernet-комутація стали приносити дохід на ринку корпоративних мереж і привели до зниження цін, появи закінчених продуктів і прискорення освоєння нових продуктів.

В основі перших європейських проектів мереж Ethernet FTTH лежала архітектура, при якій комутатори, розташовані на цокольних поверхах багатоквартирних будинків, були об'єднані в кільце за технологією Gigabit Ethernet.

Ця структура забезпечувала чудову стійкість до різного роду пошкоджень кабелю та була вельми рентабельною, але до її недоліків можна було віднести поділ смуги пропускання всередині кожного кільця доступу - (1 Гбіт/с), що давало в перспективі порівняно невелику пропускну здатність, а також викликало труднощі масштабування архітектури.

Потім широкого поширення набула архітектура Ethernet типу «зірка». Така архітектура передбачає наявність виділених оптоволоконних ліній (зазвичай одномодових, одноволоконних ліній з передачею даних Ethernet за технологією

100BX або 1000BX) від кожного кінцевого пристрою до точки присутності (point of presence, POP), де відбувається їх підключення до комутатора. Кінцеві пристрої можуть знаходитися в окремих житлових будинках, квартирах або багатоквартирних будинках, на цокольних поверхах яких розташовуються комутатори, що доводять лінії по всіх квартирах за допомогою відповідної технології передачі.

Переваги архітектури Ethernet FTTH (P2P) перед пасивною оптичною мережею:

1) Практично необмежена дискретна смуга пропускання – пряма оптоволоконна лінія може забезпечити практично необмежену смугу пропускання, що дозволяє досягти максимальної гнучкості при розгортанні сервісу в майбутньому, коли потреба в пропускну здатності зросте.

2) Відділення абонентських ліній – це властивість, притаманна архітектурам Ethernet FTTH. Воно важко реалізується в архітектурі пасивної оптичної мережі через загального характеру середовища передачі в дереві PON. Реалізація принципу відділення абонентських ліній стала головним критерієм вибору технології FTTH деякими новими компаніями в Європі, оскільки вони прагнули побудувати мережі, де доступ до інфраструктури оптоволоконної мережі доступу могли б мати кілька провайдерів.

3) Безпека – на сьогоднішній день виділена оптоволоконна лінія є найбільш захищеною середовищем (на фізичному рівні). Крім того, комутатори Ethernet, що використовуються в середовищах провайдерів, покликані забезпечити розподіл фізичного рівня портів і логічного рівня абонентів і мають безліч надійних функцій захисту, які в змозі запобігти практично всім спробам вторгнень.

Однак, архітектура Ethernet FTTH (P2P) має і свої недоліки, які іноді є ключовими при виборі між архітектурою Ethernet FTTH (P2P) і PON:

1) Велика витрата оптоволоконного кабелю - на відміну від мереж PON, в яких для надання послуг великій кількості абонентів потрібно лише 1 волокно, мережі Ethernet FTTH припускають використання оптоволоконних кабелів великої ємності вже на виході з точки присутності.

2) Потреба в майданчиках для розміщення обладнання в точках присутності так як кожному абоненту надається виділений оптичний інтерфейс, то на майданчиках оператора буде зосереджено велике скупчення оптичних волокон. Обслуговування великого числа оптоволоконних ліній представляється дуже складним завданням, якщо відсутні новітні оптичні розподільні стійки, які дозволяють будувати точки присутності з декількома тисячами оптоволоконних ліній, що йдуть від лінійних споруд.

3) Результат обриву кабелю – з точки зору мережі Ethernet, найгіршим варіантом є обрив великого кабелю з кількома сотнями оптоволоконних ліній поблизу точки доступу або АТС. Для відновлення цього кабелю буде потрібно набагато більше часу, ніж для кабелю, що передає трафік PON, оскільки в ньому значно менше ліній.

2 ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ ФТТН

2.1 Вибір сільського району

Для дослідження оптичної мережі у сільському районі обрано населений пункт с. Оброшино, Пустомитівського району, Львівської області. Такий вибір обумовлений тим, що:

– по-перше, оптична мережа відсутня, а мідна кабельна лінія повністю вирізана.

– по-друге, район має зручну зосереджену навколо АТС архітектуру.

Загальна площа об'єкту дослідження – 20 км². Приблизна кількість домогосподарств населеного пункту – 750. Приблизна кількість мешканців – 4186 осіб. На незначній площі проектування, щільність розташування домогосподарств є великою. Загальна схема району наведена на рис.2.1.



Рисунок 2.1 – Схема району досліджувальної мережі

Зазвичай, єдиний можливий спосіб прокладання розподільчого кабелю в сільських районах – це його підвіс на існуючі опори ліній електропередачі. При

виборі технології побудови мережі FTTH слід враховувати, що використання багатоволоконних кабелів на опорах ЛЕП – не доцільне.

Активна мережа FTTH вимагає використання оптоволоконних кабелів великої ємності вже на виході з точки присутності, на відмінно від пасивної оптичної мережі в яких для надання послуг великій кількості абонентів потрібно лише 1 волокно. Проаналізувавши переваги та недоліки пасивних оптичних мереж, у якості технології побудови мережі FTTH було обрано технологію PON.

Оскільки район проектування сільська місцевість з незначної кількістю мешканців, пасивна мережа буде розгорнута на обладнанні стандартів GPON.

2.2 Опис населеного пункту

На території села Оброшино, за адресою вул. Тараса Шевченка, розташована АТС, яка може бути майданчиком для розташування активного обладнання PON.

У проєктованій мережі PON загальна кількість довжини траси, що прокладається складає 4655 метрів. Отже, з урахуванням запасу кабелю 5%, знадобиться 4888 метрів оптичного кабелю. З них ВОК 8 потрібно 1606 метрів, ВОК 4 – 3283 метри. Точкою розподілу волокон, у якій волокна розподільчих кабелів поділяються та зрощуються з індивідуальними волокнами кабелів абонентської розводки, було обрано оптичні бокси для зовнішнього встановлення. Загальна кількість ОБ – 24.

Для встановлення сплітерів першого каскаду з коефіцієнтом ділення 1:8 було обрано ОБ № 8, №13, №18. Таке розташування сплітерів першого каскаду дозволить раціонально використовувати оптичні волокна кабелів.

Схематичне зображення підключення абонентів до оптичного боксу, який розташований на опорі ЛЕП зображено на рисунку 2.2.

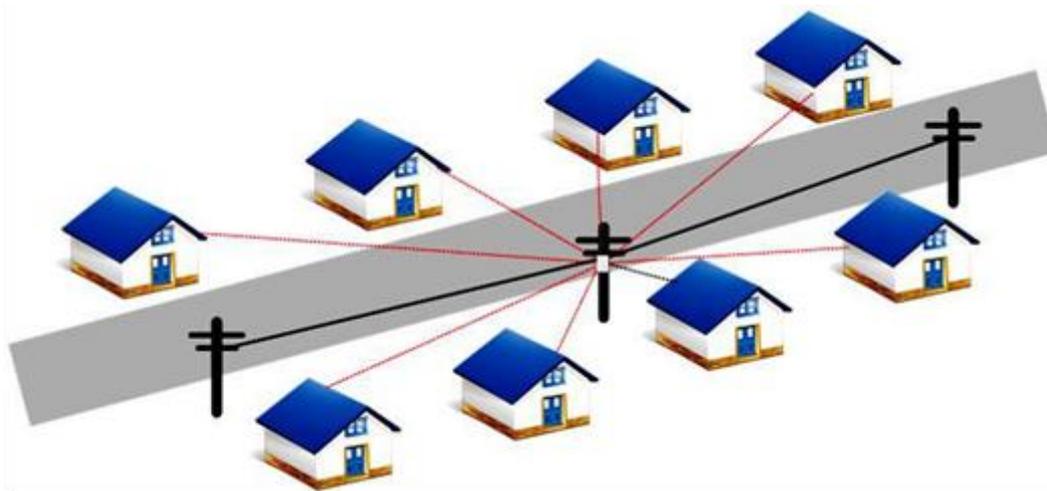


Рисунок 2.3 – Підключення абонентів до оптичного боксу

2.3 Оптичний бюджет проектованої мережі PON

2.3.1 Особливості розрахунку оптичного бюджету

Для того, щоб правильно побудувати дерево PON, необхідно враховувати, в першу чергу, оптичні втрати, що вноситься пасивним обладнанням. Оптичний бюджет ВОЛЗ, або орієнтовне загасання оптичної лінії – це прогнозована сума втрат оптичного сигналу на всіх компонентах ВОЛЗ від проектованого OLT до максимально віддаленого абонента (ONU).

Оптичний бюджет ВОЛЗ розраховується в основному на етапі проектування лінії і підбору каналотворюючого обладнання.

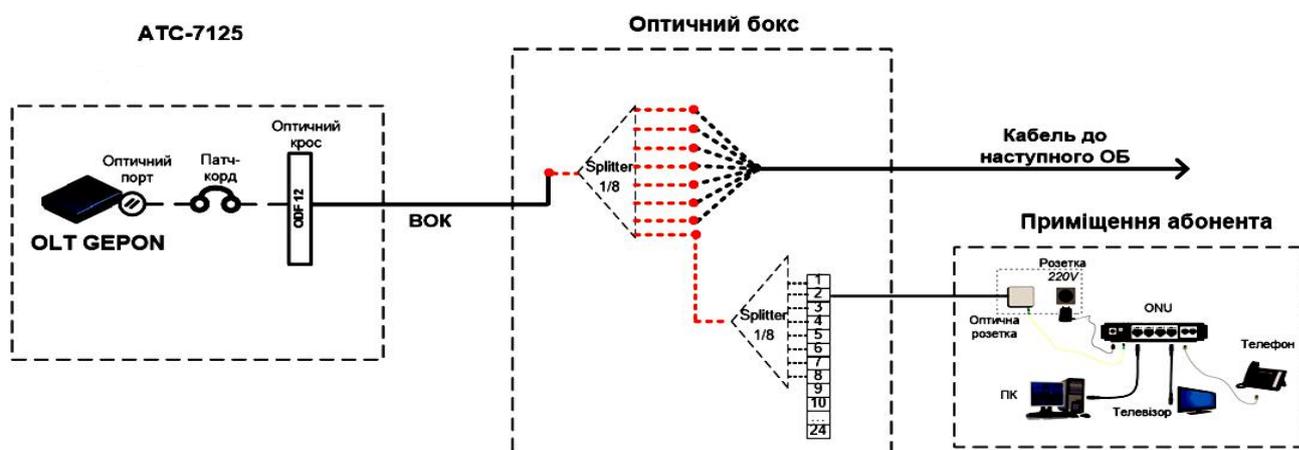


Рисунок 2.4 – Схема підключення абонента

Теоретично, PON може покрити територію радіусом 20 км. Практично все залежить від бюджету втрат на конкретній ділянці дерева. Для розрахунків необхідно керуватися найгіршими показниками затухання, чутливості і потужності випромінювання передавачів.

Основними джерелами втрат в мережах PON є:

а) Загасання в ВОК, яке залежить від його довжини і коефіцієнта загасання ОВ на певній довжині хвилі (вказується в технічних характеристиках кабелю). На це загасання впливають такі фактори, як: втрати на розсіювання; втрати на поглинання в матеріалі волокна; поглинання на домішках; кабельні втрати. Втрати на розсіювання і поглинання називаються власними втратами, в той час як кабельні втрати, в силу їх природи, називають також додатковими втратами.

б) Втрати в зварних з'єднаннях. Величина цих втрат залежить від втрат в кожному з'єднанні і від їх загальної кількості. Втрати на зварних з'єднаннях складають 0,05 дБ;

в) Втрати в роз'ємних з'єднаннях. Величина цих втрат залежить від втрат в кожному з'єднувачі і їх загальної кількості. Загасання на конекторі прийнято вважати 0,5 дБ;

г) Втрати в сплітері (розгалужувачах ОВ). Величина цих втрат залежить від коефіцієнта розгалуження сплітера (табл. 2.1);

д) Кабельні втрати. При будівництві і експлуатації оптичних кабельних ліній можлива поява так званих експлуатаційних втрат. Вони обумовлені деформацією і вигинами волокон, що виникають при накладенні покриттів і захисних оболонок при виробництві кабелю, а також в процесі його прокладки. Крім того, до уваги береться запас на старіння ОВ і додаткові вставки, а також з'єднання при проведенні в подальшому ремонтних робіт. Величина запасу на кабельні втрати становить 3 дБ;

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_{Σ} – сумарне загасання сигналу, дБ;

a – загасання сигналу на 1км оптоволоконна, дБ;

L_{Σ} – сумарна довжина оптоволоконна 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.

Наступний крок – розрахунок оптичного бюджету потужності, але його можна прийняти рівним 30 дБ (виробник гарантує оптичний бюджет потужності 30 дБ). Все, що понад 30 дБ - необхідно тестувати.

Оптичний бюджет потужності визначається як різниця між потужністю передавача (SFP OLT трансивера) і чутливістю приймача в ONU.

Потужність SFP OLT: $\sim +4$ дБм;

Чутливість ONU: ~ -26 дБм.

Розрахунок бюджету втрат повинен підтвердити, що для кожного ланцюга загальна величина втрат (включаючи запас) не перевищує динамічний діапазон:

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

Експлуатаційний запас необхідно передбачати на випадок пошкоджень в лінійному тракті, погіршення умов передачі і подальшого розвитку мережі. Зазвичай береться запас 3-4 дБ.

2.3.2 Розрахунок оптичного бюджету для проєктованого населеного пункту

PLC сплітери ділять сигнал рівномірно, тому у даному випадку немає сенсу рахувати загасання для кожної гілки - досить зробити обчислення тільки для одного кінцевого вузла, який є найвіддаленішим від OLT.

Для проектованої 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):

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

З розрахунку можна зробити висновок, що затухання в проектованій PON мережі не перевищує оптичної потужності гарантованої виробниками обладнання PON.

2.4 Розподільчий сегмент мережі

2.4.1 Опис, вибір та особливості прокладання ВОЛЗ мережі PON

Розподільні кабелі мають середню ємність і призначені для з'єднання первинної точки розподілу волокон мережі FTTH (FCP) з точкою концентрації абонентів (оптичними боксами). Кабелі можуть прокладатися в каналах кабельної каналізації, безпосередньо в ґрунті або підвішуватися на опорах.

Поширеним способом виконання розподільчої мережі в облаштованому і заселеному селищі є підвіска оптичних кабелів на опорах ліній електропередачі ЛЕП 0,38 кВ і повітряних лініях зв'язку (ПЛЗ). До переваг прокладки ВОЛЗ по опорах можна віднести скорочення термінів будівництва поряд зі зниженням капітальних і експлуатаційних витрат (необхідність відведення земель і погоджень з зацікавленими організаціями відсутня), зменшення масштабів можливих пошкоджень в місцях міської забудови та промзонах, а також незалежність від типів ґрунту. І хоча повітряна прокладка оптичних кабелів істотно простіше підземної, потрібно відзначити і такі недоліки прокладки ВОЛЗ по опорах, як скорочення терміну служби через вплив навколишнього середовища, схильність підвищеним механічним напруженням при несприятливих погодних умовах, а також складності розрахунку при впливі навантажень в різних умовах експлуатації.

З огляду на комплекс таких параметрів, як вартість різних типів кабелів, їх експлуатаційні характеристики, обсягу переданої інформації, перспективи розвитку мережі, відстані від головного комутаційного вузла, обраний діелектричний самонесучий, волоконно-оптичний кабель з одномодовими волокнами. Обраний кабель вітчизняного виробника марки ОКАДт (виробництво «Одесакабель») спеціально призначений для підвішування на опорах ліній електропередачі. Оптичний кабель внутрішньозоновий діелектричний, з бронею з склопластикових прутків.

Задані швидкості, технологія і відстані передачі інформації диктують застосування в якості середовища передачі одномодове волокно. Конструкція волоконно-оптичного кабелю і кількість волокон визначені в залежності від призначення кабелю, цілі використання, умов прокладки, монтажу, і експлуатації, вимог стандартів мережі зв'язку та індивідуальних особливостей застосування.

Конструкція ВОК прийнятого типу (рис.2.5) – повністю діелектрична, стійка до зовнішніх електромагнітних впливів і призначена для монтажу на лініях електропередачі. Повив силових елементів у вигляді високоміцних синтетичних

ниток забезпечує гнучкість, малу вагу і діаметр кабелю. Характеристики кабелю наведені у таблиці 2.2.

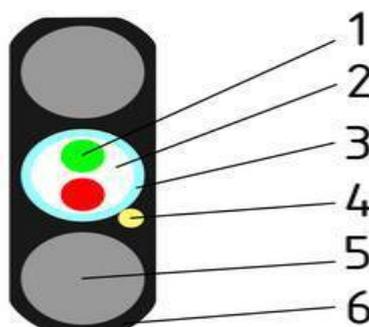


Рисунок 2.5 – Конструкція кабелю ОКАДт

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 поздовжньо.
- 6) 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	ІТУ-Т G.652 D	
Кількість ОВ в кабелі, шт	4	8
Діаметр кабелю, мм	6,7x3,1(±0,5)	7,2x3,6(±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

Основними особливостями підвіски оптичних кабелів по опорах ЛЕП є:

- оптичний кабель підвішується на опорі нижче проводів лінії електропередачі на відстані не менше 1 м від них (зазвичай від землі відстань становить 46 м);

- при використанні технології PON по всій трасі досить підвісити одну лінію (нитку) оптичного розподільного кабелю. Відгалуження кабелів абонентської проводки виконують з однієї муфти (боксу) не більше ніж на 4-8 житлових будинків. Розміщувати муфти (бокси) на опорах біля кожного будинку недоцільно;

- в якості пристрою кріплення кабелів на опорі застосовують траверси або кронштейни. Для укладання запасу кабелів застосовують хрестоподібний пристрій типу ППМК або спеціальна шафа типу ШРМ. Дані пристрої не повинні заважати виконувати підйом на опори монтажникам електромереж для експлуатації ліній електропередачі;

- для забезпечення електробезпеки і виключення необхідності виконання заземлення, в якості кабелів розподільчої мережі та абонентської проводки, як правило, використовують повністю діелектричні оптичні кабелі (самонесучі або несучі з діелектричним тросом);

- для підвіски оптичних кабелів по опорах ЛЕП потрібне отримання технічних умов (ТУ) та погоджень від відповідних експлуатуючих організацій.

При прокладанні ВО кабелів слід виконувати такі вимоги:

- не допускати пошкодження зовнішньої оболонки кабелю;
- не допускати перекручування кабелю;
- хомути повинні затягуватися вручну без використання інструменту;
- тягнуче зусилля докладати рівномірно, без ривків;
- при прокладанні волоконно-оптичного кабелю необхідно враховувати, що його мінімальний радіус вигину 150 мм;
- максимальне зусилля, що додається при протягуванні кабелю, не повинно перевищувати допустиме значення для конкретного ВО кабелю;

Вимоги при прокладці волоконно-оптичних ліній зв'язку по існуючим опорам ліній електропередачі напругою 220В / 380В:

- заборонено закріплювати кабель до труб газової вентиляції та димовидалення;
- заборонено порушувати герметичність покрівлі будівлі;
- кабель не повинен стосуватися інших кабельних і дротяних ліній зв'язку, конструкцій даху та огорожень, якщо зіткнень уникнути не можливо, то зіткнення необхідно захистити металорукавом або металевою трубкою.
- провис кабелю повинен бути не більше 1,2 м на 50 м прольоту. Тестування кабельних сегментів необхідно здійснювати за допомогою спеціалізованих вимірювальних приладів, що відповідають вимогам діючих стандартів.

2.4.2 Опис та вибір обладнання абонентської точки концентрації

Серед компонентів волоконно-оптичної мережі важливе значення має кросове обладнання, без якого не обходиться ні одна оптична мережа. Основним видом такого обладнання є оптичний бокс, який слугує для окінцювання оптичного кабелю і підключення до нього активних елементів.

Оптичний бокс, на відміну від муфти, як правило, являє собою не герметичну конструкцію і призначений для установки всередині приміщень. Випускаються також пило і вологозахищені оптичні бокси, які можуть встановлюватися поза приміщеннями.

Конструктивно оптичний бокс (в залежно від моделі) виготовляється з пластику або металу. Для доступу всередину має знімну або кришку, що відкидається. Усередині розташовані елементи фіксації вводиться кабелю і силових елементів оптичного кабелю. Більшість моделей має два введення кабелю, але є також моделі великої місткості з великою кількістю введів кабелю.

Окінцювання оптичних волокон, як правило, проводиться шляхом приварки до кожного волокна оптичного пігтейлу- відрізка волокна в захисному буфері з попередньо змонтованим в заводських умовах оптичним коннектором необхідного типу. Для розміщення зварних з'єднань і волокон оптичний бокс

оснащений однією або декількома сплайс-касетами. Опираючись на коефіцієнт ділення розгалужувачів, кількість та волоконність кабелю, обрано оптичний кросово-розподільчий бокс середньої ємності FOB-05-24, призначений для закінцювання лінійного оптичного кабелю пігтейлами, розміщення оптичних конекторів усередині боксу, а також забезпечує виведення абонентських кабелів (рис.2.6). Бокс може застосовуватися у волоконно-оптичних мережах з глибоким проникненням оптики (FTTH, PON та інші).

Бокс FOB-05-24 дозволяє розмістити до 24 оптичних конекторів і вивести 24 абонентських FTTH кабелі. Є два вводи лінійного кабелю, які оснащені зажимними втулками, що забезпечують надійне ущільнення, а також два додаткових вводи у разі необхідності. Кабель кріпиться спеціальними притискачами, а для закріплення силових елементів кабелю бокс комплектується додатковими фіксаторами.



Рисунок 2.6 – Оптичний бокс FOB-05-24

Оптичний бокс FOB-05-24 має міцний корпус із стабілізованого до впливу ультрафіолетового випромінювання пластику. Спеціальний замок, розташований на кришці, обмежує доступ стороннім особам всередину боксу. Захист від вологи і пилу забезпечує гумова ущільнююча прокладка між кришкою і корпусом по

всьому периметру. Вводи кабелів укомплектовані гумовими заглушками. Не допускається повне занурення боксу в воду в процесі експлуатації.

Всередині боксу розташована відкидна панель, яка з одного боку має панель для установки 24-х оптичних адаптерів типу SC і організатор волокон, а з іншого боку являє собою велику сплайс-касету, в якій передбачено місце для розміщення 48 зварних з'єднань волокон. Таким чином, крім 24-х з'єднань для відводів, можна розміщувати ще з'єднання транзитних волокон.

У глибині боксу є ще один організатор, призначений для абонентських кабелів. Також тут можлива установка додаткових оптичних пристроїв в плоскому корпусі типу дільників, мультиплексорів та ін.

Кріплення боксу на стовпи здійснюється бандажною стрічкою шириною 10 мм за допомогою перехідних металевих пластин.

У зв'язку з початком широкого впровадження пасивних оптичних мереж (PON) значний інтерес викликають параметри і конструкції оптичних розгалужувачів (ОР). Саме це додає мережі необхідну гнучкість архітектури, масштабованість, максимальне задоволення системним вимогам, економічність. В принципі ОР вже досить тривалий час успішно застосовується на магістральних ділянках в мережах кабельного телебачення, там, де необхідно створення розгалуженої деревоподібної архітектури з рівномірним або нерівномірним розподілом оптичної потужності. Однак саме під час проектування та інсталяції PON розгалужувачі проявили себе ключовим елементом мережі. Однак у продажу зустрічаються зварні сплітери з набагато більшим числом "хвостів". Досягається це комбінацією декількох звичайних коплерів в заводському корпусі.

PLC Splitters виготовляються за більш складною технологією, ніж зварні, і тому їх вартість вища. Їх основа – так званий планарний чіп, який проводиться методом витравлення необхідної кількості хвилеводів за шаблоном в кварцовому склі або пластику.

Планарні сплітери найчастіше використовуються для побудови PON через їх переваги:

– Загасання сигналу при проходженні через PLC розгалужувач менше, ніж при проходженні через зварений.

– Число виходів, тобто відгалужень основного волокна може доходити до 128.

– Кількість хвостів-виходів найчастіше дорівнює $2k N$ (2, 4, 8, 16, 32 і так далі), але виробляються дільники і з вільним числом виходів (3, 6).

– Планарні розгалужувачі ділять сигнал на рівні частини, що найчастіше і потрібно при побудові мережі. Показники загасання в різних примірниках сплітерів практично однакові і тому передбачувані, на відміну від зварних.

– Діапазон хвиль, який підтримує планарний чіп, досить широкий, тому в мережі із застосуванням PLC дільників можуть бути використані додаткові технології ущільнення трафіку.

Як і будь-який електротехнічний пристрій, ОР може бути схильний до різних механічних, кліматичних, хімічних та інших впливів. Виходячи з передбачуваного способу розміщення і умов експлуатації, конструкції розгалужувачі діляться на дві великі групи: безкорпусні та корпусні.

Безкорпусні сплавні дільники мають малогабаритне виконання і призначені для встановлення в сполучних касетах в посадкове місце гільзи для захисту зварного з'єднання. При корпусному виконанні конструкція розгалужувача поміщається в міцний пластиковий корпус, що захищає ОР від механічних, кліматичних і хімічних впливів. У корпусах є наскрізні отвори діаметром $2 \div 3$ мм для кріплення до плоскої поверхні.

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, °С	-40-+85

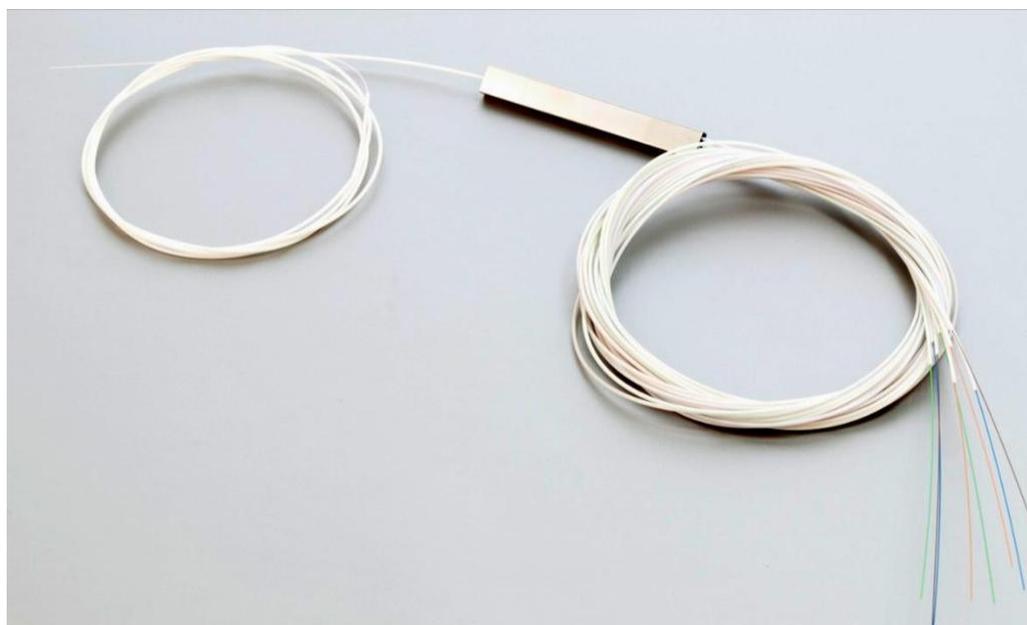


Рисунок 2.7 – Оптичний дільник PLC Splitter 1x8, 900 um, G657A

3 ПРАВИЛА БУДУВАННЯ МАД

3.1 Станційний сегмент мережі PON

«Відправною точкою» мережі PON і головним обладнанням в ній є OLT - комутатор. OLT (Optical Line Terminal) – обладнання для GPON і GEPON мереж, також зване PON-комутатором. Пристрій здійснює передачу інформації на абонентські термінали і прийом зворотних пакетів від них, агрегацію і комутацію трафіку. Його функціонал відповідає світчу 2-го рівня, який оснащений Uplink портами (щоб підключатися до комутатора L3), та Downlink портами (для створення мережі PON).

Застосовуючи пристрої OLT можна побудувати стійкі до відмов, безпечні і масштабовані мережі «останньої милі», які передають дані на значні відстані (до 40 км), не знижуючи швидкості.

У якості головного активного обладнання мережі було обрано OLT від компанії «BDCOM» марки P3310C (рис. 3.1).

BDCOM P3310C – оптичний лінійний термінал (OLT) для мереж GEPON. Відповідає вимогам стандартів IEEE 802.3ah, YD/T 1475-2006 та STC 2.0/2.1. Підтримує автоматичне виявлення і роботу з абонентськими терміналами (ONU) різних виробників.

P3310C підтримує симетричну швидкість передачі даних 1,25 Гбіт/с в низхідному та висхідному напрямках, а також ефективне управління смугою пропускання. Максимальний коефіцієнт ділення 1:64.

Основні особливості:

- чотири порти GEPON з коефіцієнтом ділення 1:64, максимальна кількість ONU 256;
- підтримка стандартів IEEE 802.3ah, YD/T 1475-2006, STC2.0/2.1;
- мідні та SFP-порти Gigabit Ethernet для підключення до рівня агрегації;
- механізм динамічного розподілу смуги пропускання (DBA) та підтримка якості обслуговування QoS;

- підтримка багатоадресної розсилки (multicast) та Multicast VLAN;
- компактні розміри і низьке енергоспоживання;
- підтримка двох блоків живлення;
- широкий набір функцій експлуатації, адміністрування та обслуговування (OAM).



Рисунок 3.1 – Оптичний лінійний термінал BDCOMP3310C

3.2 Оптичні модулі

Створення мережі за технологією PON в нинішній час користується великою популярністю, завдяки багатьом перевагам, зокрема через мінімальне використання активного обладнання. Але все ж, головним елементом виступає OLT комутатор, який має в своєму розпорядженні кілька PON портів. Саме в ці порти встановлюються спеціальні оптичні модулі, які передають інформацію абонентським терміналам.

Оптичні модулі (трансивери) призначені для перетворення електричних сигналів в оптичні для подальшої передачі по волоконно-оптичній лінії і подальшого оптоелектронного перетворення на прийомі. На початковому етапі розвитку волоконної оптики прийомо-передавачі монтувалися на друкованих платах активного обладнання. Згодом з ростом номенклатури таких пристроїв (комутаторів, маршрутизаторів, мультиплексорів, медіаконверторів) з'явилася необхідність поділу частин, що відповідають за обробку інформації та за її передачу (по суті - сполучення з оптичною лінією).

В останні 10-15 років оптичні трансивери представляють собою компактні змінні модулі, розраховані на різні параметри ліній передачі і встановлюються в стандартизовані електричні порти активного обладнання.

Це дозволяє оптимізувати витрати при проектуванні, і особливо - реконструкції оптичних мереж. Наприклад, збільшення швидкості, дальності передачі, збільшення обсягу інформації, що передається можливе за рахунок застосування систем спектрального мультиплексування (WDM, CWDM, DWDM). Або використовувати в одному комутаторі різні типи трансиверів для різновіддалених абонентів.

Зараз найбільш популярним стандартом змінних оптичних трансиверів стали SFP модулі (англ. Small Form-factor Pluggable). Вони являють собою малогабаритні конструкції в металевому корпусі (для механічного захисту і електромагнітного екранування) з висновками для підключення до слотів активного обладнання. Також в модулі є два оптичних порту: випромінювача (Tx) і фотоприймача (Rx) для роботи у двоволоконні режимі. У одноволоконних SFP є тільки один оптичний порт, а напрямки передачі і прийому розділяється всередині модуля за допомогою вбудованого WDM-мультиплексора (BOSA, Bidirectional Optical Sub-Assemblies). В такому випадку трансивери працюють в парі на двох довжинах хвиль.

Залежно від того, який роз'єм встановлений на модулях SFP, вони також діляться на дві групи. Представником першої групи є SFP модуль SC з одним волокном. А до другої групи відноситься стандартний модуль SFP LC, в якому може бути задіяно одне або два оптичних волокна.

Для 10 Гбіт/с мереж з'явилися нові форм-фактори модулів, одним з яких є SFP +. Причиною появи послужило бажання застосувати вигоди формату SFP для 10-гігабітних потоків, зокрема, необхідність збільшення щільності портів комутаторів. Варто звернути увагу на те, що до обладнання, з SFP + портами, можна підключати і звичайні SFP модулі, які будуть працювати так само, як і в обладнанні з оригінальними SFP портами.

Зворотній процес, встановлення SFP + модулів в обладнання з SFP-портами, неможливий .

У якості оптичного модуля було обрано трансивер FoxGate 1,25 Gbps, 1490 nmTx/1310 nmRx, SC, SFP, 20 km (рис 3.1) – SFP GEAPON трансивер для

встановлення у оптичний лінійний термінал. Трансивер забезпечує двонаправлену передачу даних з симетричною швидкістю 1,25 Гбіт/с по одному оптичному волокну в пасивній оптичній мережі (PON) на відстань до 20 км.

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

Оптична панель (ODF) є пристроєм, де всі волокна лінійних кабелів повинні бути перетворені в комутаційний інтерфейс для підключення до активного обладнання.

У якості оптичної панелі було обрано ODF Line-1U SC-12 від компанії «Укрком Лайн» (рис.3.3).

ODF Line-1U SC-12 – компактний універсальний оптичний крос фронтального типу для зрощування і комутації 12 волокон з конекторами SC / UPC.

Панель ODF Line-1U може бути встановлена в будь-стійки і шафи 19" або 21" (при використанні перехідних кронштейнів). Встановлений в металоконструкцію корпус регулюється по глибині. Висувна поворотна конструкція забезпечує легкий доступ до всіх встановлених всередині оптичним компонентів навіть в умовах підключених комутаційних шнурів.

Адаптери на фронтальній частині оптичного кросу розташовані під кутом 45 °, що запобігає пряме попадання лазерного випромінювання при проведенні експлуатаційних робіт.

Корпус панелі не має отворів більше 10 мм, що забезпечує надійний захист від проникнення гризунів. Можливе окінцювання оптоволоконних кабелів будь-яких типів. Захисні зростки і запас волокон укладаються в сплайс касету FOOSC A-Tray.

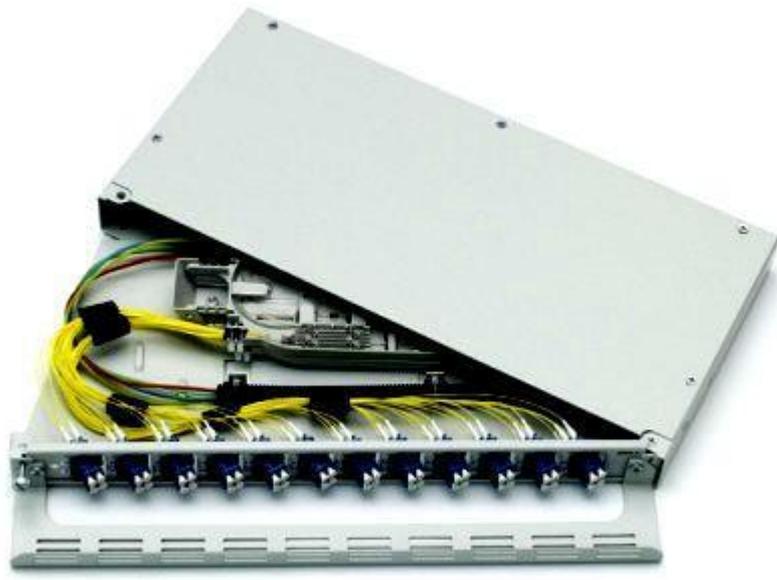


Рисунок 3.3 – Оптична панель ODF Line-1U

3.4 Абонентський сегмент мережі PON

У приміщенні абонента розташовується оптичний термінал ONU (від аббр. Оптична Мережева Одиниця), що представляє собою компактний пристрій, який служить для перетворення оптичного сигналу, що приходить з мережі FTTH, в електричний сигнал.

Стандартно ONU оснащений 1-им оптичним 1Г портом (Uplink) і одним 1Г, або 4-ма 0.1г мідними портами (Downlink). Є моделі ONU с 8-ма, 16-ма і 24-ма портами і модель з приймачем CATV. Вони дозволяють надати широкопasmовий

доступ для клієнтського кінцевого обладнання та мають функцію видаленої конфігурації і управління з центрального концентратора (OLT).

Абонентський термінал може відправляти, агрегувати і обробляти різні типи даних, що надходять від клієнта, і посилати їх вгору в OLT.

У більшості випадків для стабільної та ефективної роботи рекомендується використовувати обладнання від одного виробника, тому абонентський термінал повинен бути тієї ж торгової марки, що і OLT.

У якості абонентського терміналу, типовим рішенням є ONU марки BDCOM P1501C1 (рис 3.4).



Рисунок 3.4 – Абонентський термінал ONU

Кабелі абонентської розводки формують останню ділянку зовнішньої кабельної мережі і прокладаються від останньої точки FCP до приміщення абонента на відстань не більше 500 м. Кабелі абонентської розводки, як правило, включають в себе одне волокно, але можуть також містити додаткові резервні волокна. Під землею кабелі абонентської розводки можуть прокладатися в невеликих каналах, в мікроканалах, або безпосередньо в ґрунті. При повітряній прокладці кабелі абонентської розводки відводяться від найближчої опори до будівлі і далі прямують до точки окінцювання. У деяких випадках кабелі

абонентської розводки можуть бути з вже встановленими роз'ємами для швидкого підключення до абонентського пристрою.

Абонентські кабелі є найбільш малогабаритними, гнучкими і зручними для установки конструкціями абонентських кабелів. У таких ОК практично немає сформованого сердечника, а волокна розташовуються між двома смужками негорючого пластика (LSZH) квадратного перетину. Захист від механічних навантажень забезпечують два склопластикових стержня або сталеві проволоки, вбудовані в зовнішній покрив. Конструкція виходить дуже легкою, гнучкою (згинається під прямим кутом з радіусом 12-15 мм), малогабаритною (прокладається в прямокутних каналах шириною 8-10 мм) і зручною для прокладки – плоска поверхня дозволяє легко кріпити його до стін, плінтусів, дверних стояків і т.п.

Кабелі абонентської розводки поділяються на чотири типи за способом прокладки: в кабельних каналах, під землею, по фасадах будівель і підвішуються на опорах.

Для підвісу на опорах доцільно використовувати кабель виробництва «Одесакабель» марки ОКАД-Д, характеристики наведені у (таб. 3.1).

ОКАД-Д (0,1) Пнг-НФ...1Е7 – плоский FTTH абонентський кабель з двома силовими діелектричними елементами. Кабель призначений для підвіски і експлуатації на опорах повітряних ліній зв'язку, міського електротранспорту та повітряних лініях електропередачі в умовах впливу навантажень від подуву вітру, ожеледі, температури і їх комбінацій. Може прокладатися по зовнішніх стінах будівель і споруд.

З огляду на експлуатаційні показники та ціну даний тип кабелю є оптимальним рішенням для абонентської розводки.

Особливості ОКАД-Д:

- Оптичні волокна, згруповані в пучки.
- Тиксотропний гідрофобний заповнювач.
- Центрально-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, °С	-40 °С - +60 °С
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

Для того щоб завести в будь-яке приміщення оптичні волокна, використовується спеціальне обладнання, яке називається абонентська оптична розетка. Як правило, така розетка використовується для мереж типу PON. Розетка чудово поєднується з усіма існуючими типами кабелю.

Конструкція оптичної розетки проста: корпус, монтажна пластина і кріпильні елементи. Розміри розетки невеликі, але це не заважає вкласти в неї деякий запас оптичного кабелю. Кабель, який вводиться в таку розетку, фіксується за допомогою металевого затиску, або хомутів. Також в конструкції такої абонентської оптичної розетки є ложементи. Їх призначення - можливість

установки гільз КДЗЗ. Для з'єднання ONU з оптичної розеткою використовують оптичний шнур – патч-корд.

Типовим рішенням окінцювання абонентського ВОК є пластикова настінна оптична розетка Crosver FOR-02. Вона дозволяє зрощувати до 2-х оптичних волокон, конструкція допускає установку у відповідні посадочні місця 2-х адаптерів. Також є можливість закріплення оптичного кабелю кабельним зажимом, що запобігає його висмикуванню. Призначена для «закінцювання» патчкордових оптичних кабелів або кабелів типу FTTH.

3.5 Швидкість передачі даних в мережі PON

Розрахунок швидкості передачі даних в мережі PON будується на тому факті, що клієнт не завжди знаходиться в мережі, а якщо і знаходиться, то не завжди використовує всю ємність відведеного під нього каналу. Розрахунок проводиться виходячи з припущення, що до одного PON-порту OLT підключено максимально можливе число ONU (64 одиниці).

Технологія GPON працює на швидкості 1.25 Гбіт/с, проте 0.25 Гбіт/с є надлишковими даними, які використовуються для канального кодування. Таким чином, реальна швидкість передачі становить 1Гбіт/с.

Теоретично швидкість для кожного абонента становитиме пропускну здатність каналу поділену на кількість абонентів. Фактично ж, якщо якісь абоненти в даний момент використовують не всю свою смугу трафіку або не підключені зовсім - швидкість у інших збільшується.

Швидкість низхідного потоку становить 1000 Мбіт/с, значить, на одну ONU приходить $1000/64=15,6$ Мбіт/с. Це мінімальна швидкість при повній завантаженості мережі.

Припускаємо, що одночасно в мережу включено 50% ONU - швидкість на одну ONU зростає до 32 Мбіт/с. З огляду на той факт, що не всі користувачі активно використовують канал зв'язку (торент та інше), прийmemo допущення, що з усіх активних в одиницю часу кількість користувачів, активно навантажуючих

канал - 50%. За підсумком, швидкість на одну ONU складе близько 65-70 Мбіт/с. Під час Prime Time (час найменшим мережним, рано вранці з 4-х до 8-ми) кожна ONU може отримувати до 1 Гбіт/с. Необхідно також враховувати сезонні коливання клієнтських вимог (взимку більше клієнтів активно в мережі, особливо ввечері, влітку - менше).

Провайдери не можуть гарантувати фіксовану швидкість для кожного інтернету у абонента, хоча і мінімальних 15 Мбіт/с при у більшості випадків достатньо. Проте можуть обмежити швидкість для абоненту. Провайдер користується цим для можливості встановити різні тарифні плани. Якщо ж потрібна гарантована швидкість більша за 15 Мбіт/с то провайдери можуть надати послугу виділення каналу з гарантованою смугою пропускання. Тоді від загальної швидкості в 1 Гбіт/с віднімається гарантована смуга пропускання і залишкова швидкість ділиться між іншими абонентами. Зазвичай цією послугою користуються бізнес-клієнти.

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 $N_{a.макс}=64$.

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

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

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

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

$C_{ТФ}$ – 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 $N_{\text{макс}}$, і складає 32 абоненти.

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

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

$K_{\text{надмір}}$ – коефіцієнт надмірності (за рахунок службових заголовків);

N – кількість абонентів, шт;

V – швидкість кодеку G.711, Мбіт/с.

Для кодеку G,711 $K_{\text{надмір}} = 1,4$.

Отже, навантаження для IP-телефонії згідно формули 3.2:

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

Для цифрового телебачення, де використовується кодек MPEG4, швидкість інформаційного потоку для HD-каналів $V_{HD} = 20$ Мбіт/с, для SD-каналів $V_{SD} = 5$ 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:

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

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

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

N – кількість абонентів;

Згідно формули 3.4, для передачі файлів необхідна пропускна здатність:

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

Отже, загальне навантаження складає:

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

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

3.7 Прокладення кабелю

Прокладення кабелю між поверхами будинків, як правило, здійснюється по спеціально відведених каналах для телефонних дротів і телевізійного кабелю(шахтам слабкострумової проводки). Розташування шахт слабкострумової проводки робить безпосередніший вплив на топологію мережі, і це потрібно враховувати ще на стадії складання ескізного проекту. Так само важливо передбачити спосіб введення(і виведення) витої пари в шахту. Іноді це можна зробити по спеціальних комунікаціях(наприклад, трубам, укладеним в стіни або підлогу), але частіше доводиться знаходити потрібний спосіб вже безпосередньо під час робіт по прокладенню. Практичні прийоми подолання міжповерхових прольотів не складні. Береться пружний дріт діаметрів 2-4 мм, метрів 3-4 завдовжки, на її кінці робиться плоска петля для полегшення проходження перешкод. Потім вона проштовхується через шахту слабкострумової проводки

зазвичай по спеціальних пластикових або металевих трубах. До кінця, що залишився, ізоляційною стрічкою примотується вита пара, без частин, що виступають, і проштовхується по шахті. На наступному поверсі операція повторюється. У реальності, не завжди буває просто зробити навіть таку зовні просту операцію.

Між під'їздами кабель прокладається по горищу, на яке і виходять канали слабкострумової проводки. Між будинками кладеться кабель для зовнішньої проводки, оболонка якого значно міцніша за оболонку звичайної вити пари. У випадку якщо відстань між будинками досить велика, використовується підвіс(кабель типу П274) до якого кріпиться вита пара. Найбільш простий спосіб завести кабель з одного будинку на інший, спустити його до землі один кінець, потім з іншого будинку спустити мотузку(наприклад, капронову нитку) і, скріпивши кінці нитки і кабелю, підняти його. У випадку якщо між будинками є присутніми невеликі перешкоди(дерева, дроти і тому подібні), то спочатку замість кабелю спускається друга нитка, яка перекидається через виниклу перешкоду. Коли нитка вже натягатимуться між будинками, то до її кінця кріпиться кабель, і нитка перетягується на інший будинок.

Під час грози на довгих ділянках кабелю, що виходить на вулицю під час грози накопичується статична електрика. Щоб запобігти вигоранню устаткування, в двох місцях була встановлена громозахист. Але із-за того що у будинках було погане заземлення вона виявилася малоефективна.

4 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

4.1 Розрахунок капітальних витрат на розробку

Капітальні витрати на розробку становлять:

$$K=K1+K2 \quad (4.1)$$

де: $K1$ – витрати на розробку, грн.;

$K2$ – витрати на налагодження і дослідну експлуатацію програмного засобу на ПК, грн.;

4.2 Складові структури витрат на розробку

Складові структури витрат на розробку та реалізацію розробки розраховуються за формулою:

$$K1=Zz+Nz +Vi, \quad (4.2)$$

де: Zz – загальна зарплата розробників, грн;

Nz – нарахування на зарплату, грн;

Vi – інші витрати, грн;

Для проведення розрахунків зарплати (Zz) необхідно визначити спеціальність робітників, чисельність робітників і трудомісткість цих робіт. Для розробки проектного рішення потрібно чотири спеціалісти розробники:

- Керівник проекту(K);
- Студент-дипломник(CD);
- Консультант з економічне її частини(KE);
- Консультант з охорони праці(KOP);

Згідно з штатним розписом сума витрат на оплату праці робітників, з 01.01.2025р. складає:

- Керівник (викладач вищої категорії) – 107,93 грн/год;
- Консультант з економічної частини (викладач вищої категорії) – 107,93 грн/год;
- Консультант з охорони праці(викладач першої категорії) 93,70 грн/год;
- Час витрачений керівником – $t_k = 14$ годин.
- Час витрачений консультантом з охорони праці – $t_{ko} = 1$ година.
- Час витрачений консультантом з економічної частини – $t_{ке} = 1$ година.
- Час витрачений студентом дипломником $t_c = 3 \times 50 = 150$ годин.

Витрати на оплату праці керівника проекту:

$$C_k = 14 \text{ роб.год.} \times 107,93 \text{ грн.год.} = 1511,02 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці консультанта з економічної частини:

$$C_{ке} = 1 \text{ роб.год.} \times 107,93 \text{ грн.год.} = 107,93 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці консультанта з охорони праці :

$$C_{ко} = 1 \text{ роб.год} \times 93,70 \text{ грн.год.} = 93,70 \text{ грн.}$$

Денна оплата студента дипломника :

$$1510/173 = 8,73 \text{ грн.}$$

1510 – стипендія

173 – місячний фонд робочого часу, годин.

Витрати на оплату праці студента дипломника

$$C_c = 8,73 \times 150 = 1310 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці робітників проекту становлять

$$Z_z = C_k + C_{ке} + C_{ко} + C_c = 1511,02 + 107,93 + 93,70 + 1310 = 3022,65 \text{ грн.}$$

Нарахування на зарплату визначаються в розмірі 22% від фонду оплати праці

$$N_z = Z_z \times 22\% = (3022,65 \times 22)/100 = 664,98 \text{ грн.}$$

де 22 – норматив нарахування на зарплату, %

Інші витрати V_i відображають витрати які, не враховані в попередніх статтях витрат. Ці витрати розраховуються згідно структури витрат(5%)

$$V_i = 0.05 \times (Z_3 + H_3) = 0.05 \times (3022,65 + 664,98) = 1843,93 \text{ грн.}$$

$$K_1 = Z_3 + H_3 + V_i = 3022,65 + 664,98 + 1843,93 = 5578,56 \text{ грн.}$$

4.3 Витрати на відлагодження розробки

Витрати на відлагодження та дослідну експлуатацію розробки

$$K_2 = S_{M-г.} \times t \quad (4.3)$$

де $S_{M-г.}$ – вартість однієї машино-години роботи конкретно ПК, грн./год.;
 t – машинний час, витрачений на накладку та дослідну експлуатацію програмного засобу, год.

Вартість 1 машинно-години роботи ПК розраховуємо за складовими витрат на таку роботу:

$$S_{M-г.} = (A + E_n) / \Phi_d \quad (4.4)$$

де A – амортизація використаного ПК, грн;

E_n – вартість електроенергії, яку споживає ПК, грн.;

Φ_d – дійсний час від лагодження програми, год.;

Розрахунок складових вартості 1 машино-години роботи ПК:

а) амортизація ПК становить

$$A = (K_T \times N_a) / 100 = (670,31 \times 15\%) / 100 = 100,55 \text{ грн.}$$

Де K_T – вартість використання ПК, грн..

N_a – норма амортизації ($N_a = 15\%$)

$$K_T = (K_c \times T_{\text{експ}}) / T_{\text{вик}} = (14625 \times 2,2) / 48 = 670,31 \text{ грн.}$$

де K_c – вартість компютерної системи, грн.

$T_{\text{експ}}$ – період експлуатації системи 2.2 місяців (50 робочих днів)

$T_{\text{вик}}$ – термін корисного використання 4 роки (48 місяців):

$$K_c = P_{\text{комп}} \times P\$ = 500 \times 41,00 = 14625 \text{ грн.}$$

де $P_{\text{комп}}$ – вартість комп'ютерної системи у доларах США;

$P_{\$}$ – курс долара США по курсу НБУ на момент купівлі системи.

б) вартість використання електроенергії розраховується за формулою:

$$E_n = (P \times T_f) \times \Phi_d \times K_{\text{вик}} = (0,25 \times 5,60) \times 150 \times 0,8 = 154,8 \text{ грн.}$$

де P – потужність обчислювальної системи, кВт ($P=0,25$)

$K_{\text{вик}}$ – коефіцієнт використання ПК

T_f – ціна за 1кВт/год., грн. ($T_f = 5,16$ грн.)

Φ_d – дійсний час від лагодження програми

$$\Phi_d = \text{пр.д.} \times T_{\text{сер}} = 50 \text{ р.дн.} \times 3 \text{ год.} = 150 \text{ год.}$$

Де пр.д. – кількість робочих днів ПК

$T_{\text{сер}} = 3$ год – середній щоденний час роботи ПК

Отже вартість 1 машино-години роботи і від лагодження на ПК становить

$$S_{\text{м-г}} = (100,55 + 154,8) / 150 = 1,70 \text{ грн.}$$

Таким чином сумарні витрати на від лагодження і дослідну експлуатацію проектного рішення становлять:

$$K_2 = S_{\text{м-г}} \times \Phi_d = 1,70 \times 150 = 255 \text{ грн.}$$

Отже, капітальні витрати на розробку проектного рішення за формулою становлять:

$$K = K_1 + K_2 = 5578,56 + 255 = 5833,56 \text{ грн.}$$

Загальний кошторис витрат на розробку проектного рішення приведений в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Кошторис витрат на розробку проектного рішення

Складові елементи витрат	Умовне позначення	Сума витрат, грн
Витрати на оплату праці	Зз	3022,65
Нарахування на зарплату	Нз	664,98
Інші витрати	Ві	1843,93
Разом	K_1	5578,56
Витрати на відлагодження	K_2	255
Разом $K=K_1+K_2$	K	5833,56

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЕДІЯЛЬНОСТІ

5.1 Загальні положення

Визначення поняття охорони праці дається в ст. 1 Закону України від 14 жовтня 1992 р. «Про охорону праці». Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. В поняття охорони праці входять і всі ті заходи, що спеціально призначені для створення особливих полегшених умов праці для жінок і неповнолітніх, а також працівників зі зниженою працездатністю. Охорону праці і здоров'я громадян віднесено до пріоритетних напрямків соціальної політики України. Так, Конституція України одним з основних соціальних прав громадян визначає право кожного на належні, безпечні й здорові умови праці, встановлює, що використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється. Завдання охорони праці:

- проектування підприємств, технологічних процесів і конструювання обладнання з обов'язковим виконанням вимог охорони праці;
- знаходження оптимальних співвідношень між різними факторами виробничого середовища, що дозволяє забезпечити мінімум несприятливого впливу їх на здоров'я працівників;
- розробка конкретних заходів щодо покращення умов праці та забезпечення її безпеки на основі застосування у виробництві новітніх досягнень науки і техніки;
- застосування раціональних засобів захисту працівників від впливу несприятливих факторів виробничого середовища, а також втілення організаційних заходів, які нейтралізують або послаблюють ступінь їх впливу на організм людини;
- розробка та застосування методів і засобів оцінки ефективності заходів з охорони праці, що плануються і здійснюються.

5.2 Організація охорони праці на підприємстві

На сучасному етапі науково-технічного розвитку нашої держави питання охорони праці на підприємствах є одним із найактуальніших.

Належна організація охорони праці, яка відповідає вимогам нормативно-правових актів, є основним заходом профілактики та запобігання виробничому травматизму й професійній захворюваності. Крім того, кожним трудовим договором передбачаються зобов'язання роботодавця щодо забезпечення найманих працівників безпечними умовами праці.

Законодавство України покладає на всіх роботодавців обов'язок щодо забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці. Витрати на охорону праці на підприємстві згідно зі ст. 19 Закону повинні становити не менше 0,5% від фонду оплати праці за попередній рік, а за невиконання законодавства про охорону праці до підприємства можуть бути застосовані санкції аж до заборони його експлуатації.

Для того щоб не поставити під загрозу існування підприємства, роботодавцю необхідно:

- створити службу охорони праці.

Згідно зі ст. 15 Закону така служба обов'язково повинна бути створена на підприємстві з кількістю працюючих 50 і більше осіб відповідно до Типового положення про службу охорони праці, затвердженого наказом Держкомітету з нагляду за охороною праці від 15.11.2004 № 255. На підставі цього документа також має бути розроблено Положення про службу охорони праці цього підприємства, визначено структуру такої служби, її чисельність, основні завдання, функції та права її працівників. На підприємствах із кількістю працівників менше 50 осіб функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які мають відповідну підготовку.

- Розробити та затвердити на підприємстві положення, інструкції та інші акти з охорони праці.

Обов'язок роботодавця стосовно розробки та затвердження документів, які повинні встановлювати правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках і робочих місцях, передбачений ст. 13 Закону про охорону праці.

– Організувати проведення інструктажів з питань охорони праці.

Перед початком роботи нового працівника роботодавець згідно зі ст. 29 КЗпП зобов'язаний проінформувати його під розпис про умови праці, наявні на його робочому місці, у тому числі про всі небезпечні чи шкідливі виробничі фактори, які ще не усунуто, та про можливі наслідки їх впливу на здоров'я працівника, а також про можливі пільги та компенсації за роботу в таких умовах.

– Забезпечити навчання і перевірку знань з питань охорони праці.

Згідно зі ст. 18 Закону працівники, зайняті на роботах з підвищеною безпекою або там, де є потреба у професійному доборі, проходять спеціальне навчання і перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з охорони праці. Таке навчання з питань охорони праці може проводитись як безпосередньо на підприємстві, так і навчальним центром.

– Подбати про проведення медичних оглядів.

Згідно зі ст. 169 КЗпП роботодавець зобов'язаний за свої кошти організувати проведення попереднього (при прийнятті на роботу) та періодичних (протягом трудової діяльності) медоглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах із шкідливими чи небезпечними умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі. Також він зобов'язаний проводити щорічний обов'язковий медогляд осіб віком до 21 року.

– Забезпечити працівників засобами індивідуального захисту.

На роботах із шкідливими й небезпечними умовами праці, а також на роботах, пов'язаних із забрудненням або несприятливими температурними умовами, працівникам згідно зі ст. 164 КЗпП необхідно безкоштовно видавати спеціальний одяг, взуття та інші ЗІЗ.

– Провести атестацію робочих місць.

На підприємствах, де технологічний процес, використовуване обладнання, сировина, матеріали є потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які можуть негативно впливати на стан здоров'я працюючих, повинна проводитись атестація робочих місць за умовами праці. Така атестація повинна проводитися атестаційною комісією, склад і повноваження якої визначаються наказом по підприємству в строки, передбачені колективним договором, але не рідше одного разу на 5 років. Порядок проведення такої атестації передбачений постановою КМУ від 01.08.1992 № 442. Відомості про результати атестації заносяться в картку умов праці.

– Налагодити облік нещасних випадків.

Згідно зі ст. 22 Закону «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний організувати розслідування та вести облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій у порядку, встановленому постановою КМУ від 30.11.2011 № 1232. За результатами такого розслідування роботодавець повинен скласти акт за формою Н-5 (якщо нещасний випадок визнано таким, що не пов'язаний з виробництвом) або Н-1 (якщо він визнаний пов'язаним з виробництвом). Один із примірників повинен видатися потерпілому або іншій зацікавленій особі не пізніше трьох днів з моменту закінчення розслідування.

5.3 Заходи безпеки на робочому місці

Конструкція робочого місця, його розміри та взаємне розташування його елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним і психофізіологічним характеристикам людини, а також характеру роботи.

Організація робочих місць повинна забезпечувати стійке положення та вільність рухів працівника, безпеку виконання трудових операції виключати або допускати лише в деяких випадках роботу в незручну позиціях, котрі зумовлюють підвищену втомлюваність.

Загальні принципи організації робочого місця:

- на робочому місці не повинно бути нічого зайвого; всі необхідні для роботи предмети повинні знаходитись поряд з працівником, але не заважати йому;
- ті предмети, котрими користуються частіше, розташовуються ближче, ніж ті предмети, котрими користуються рідше;
- предмети, котрі беруть лівою рукою, повинні знаходитись зліва а ті предмети, котрі беруть правою рукою, повинні знаходитись справа;
- якщо використовують обидві руки, то місце розташування інструментів вибирається з врахуванням зручності захоплення його двома руками;
- небезпечніше, з точки зору можливості травмування обладнання повинне розташовуватись вище, ніж менш небезпечне. Однак слід враховувати, що важкі предмети під час роботи зручніше опускати, ніж піднімати.

5.4 Санітарно-гігієнічні вимоги

Санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці під час виконання роботи мають відповідати визначеним нормативам:

- параметри мікроклімату у приміщенні забезпечували комфортне самопочуття організму. Параметри мікроклімату закритих приміщень унормовані за санітарні норми ДСН 3.3.6.042-99.
- освітлення приміщень та робочих місць забезпечене відповідно до встановлених вимог. Відносно вікна робоче місце розміщено так, що природне світло збоку, переважно з лівого та забезпечувало коефіцієнт природної освітленості не нижче 1,5 %. Освітленість за штучного освітлення в площині робочої поверхні становила 300 – 500 Лк. Відношення яскравості робочих поверхонь було 3:1, а яскравість робочих поверхонь і стін (іншого обладнання) – 5:1. Використана система вимикачів, що дозволяє регулювати інтенсивність штучного освітлення залежно від інтенсивності природного, а також дозволяє освітлювати тільки потрібні для роботи зони приміщення.

– Дотримані вимоги до рівнів шуму та вібрації. Було дотримано допустимих рівнів звукового тиску в октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях встановлені санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99.

– Надходження свіжого повітря регульоване, виходячи із відповідних нормативних.

– Передбачений захист від шуму та вібрацій.

Дотримані заходи особистої гігієни на робочому місці (підтримання чистоти, миття рук тощо). Заходи особистої гігієни на робочому місці передбачають щоденне вологе прибирання, утримання у чистоті робочого місця, наявність на робочому місці тільки необхідних для роботи засобів. На робочому місці необхідно дотримуватись вимог правил внутрішнього трудового розпорядку.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було досліджено мережу абонентського доступу сільського району за технологією FTTH.

У першому розділі було розглянуто архітектури та переваги оптичних мереж абонентського доступу, описано особливості архітектури мережі FTTH. Наведені можливі рішення побудови мережі абонентського доступу на базі технології FTTH.

Наведені особливості активної мережі FTTH та пасивної, перераховані їх переваги та недоліки і сформульовані задачі кваліфікаційної роботи.

У другому розділі проекту було обрано населений пункт с. Оброшино, Пустомитівського району, Львівської області, у якості проектованої мережі абонентського доступу, та обрана технологія побудови мережі GPON. Розроблена схема мережі FTTH за технологією PON, обрано необхідне обладнання мережі та наведені його характеристики, розраховано оптичний бюджет та трафік проектованої мережі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Будівництво і технічна експлуатація волоконно-оптичних ліній зв'язку / В.А. Андрєєв, В.А. Бурдин, Б.В. Попов, А.И. Польшников; Під ред. Б.В. Попова. - М.: Радіо і Зв'язок, 1995. - 198 с
2. Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління: конспект лекцій. Модуль 5.2 / Педяш В.В. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2017. – 76 с.
3. Комп'ютерні мережі та телекомунікації Автор(и): Анжеліка Олексіївна Азарова, Наталія Володимирівна Лисак Навчальний посібник, Вінниця: ВНТУ, 2012, 293 с
4. Воробієнко П.П., Нікітюк Л.А., Резніченко П.І. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: навчальний посібник – Київ: Самміт-Книга, 2010.– 708с.
5. Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління: конспект лекцій. Модуль 5.2 / Педяш В.В. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2017. – 76 с.
6. Принципи побудови мереж передачі даних. Режим доступу: <http://www.klaster-plus.ua/ua/stati-i-obzory/principyu-postroenija-setei-peredachi-dannykh>
7. Види систем передачі даних. Режим доступу: <http://www.klaster-plus.ua/ua/stati-i-obzory/vidi-sistem-z-peredach-danih/>
8. Практика проектування пасивних оптичних мереж (PON) (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <https://deps.ua/ua/knowledge-base/articles/item/praktika-proektyvanna-passivnyh-opticheskikh-setej-pon.html>. - Загол. з екрана.
9. Прокладка ВОЛС по опорам (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: https://skomplekt.com/technology/prokladka_vols_po_oporam.htm. - Загол. з екрана

КОПІЇ ОБОВ'ЯЗКОВИХ КРЕСЛЕНЬ