

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіoeлектроніки
Факультет радіoeлектроніки та телекомунікацій
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра радіoeлектроніки та телекомунікацій
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему МІЖОБЛАСНА ОПТИЧНА ТРАНСПОРТНА МЕРЕЖА

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи РТ-911м

Спеціальності _____

172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Інформаційні мережі зв'язку»

Жуковська Марія Василівна

(прізвище та ініціали)

Керівник Самойлик С.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Корольков Р.Ю.

(прізвище та ініціали)

2022 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
 Кафедра Радіотехніки та телекомунікацій
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Інформаційні мережі зв'язку
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. завідувача кафедри РТТ
 к.ф.-м.н., доц, Сергій САМОЙЛИК

«10» грудня 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Жуковській Марії Василівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Міжобласна оптична транспортна мережа

керівник проєкту (роботи) САМОЙЛИК Сергій Сергійович, к.ф.-м.н., доцент,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «10» листопада 2022 року №377

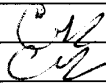
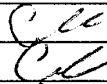
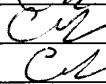
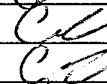
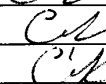
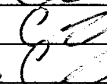
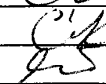
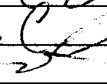
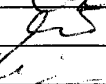
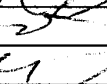
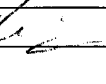
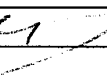
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 25 листопада 2022 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Забезпечення стабільного зв'язку півдня України в умовах повоєнної відбудови через прокладання оптичної транспортної мережі між областями. Траса буде проходити між містами Миколаїв – Херсон – Сімферополь.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Огляд літературних джерел. Формування вимог до мережі та побудова мережі з урахуванням особливостей місцевості, розрахунок та вибір обладнання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація в Microsoft PowerPoint з поясненням алгоритму побудови волоконно-оптичної мережі, проєктування траси та вибір обладнання для її коректної роботи.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Самойлик С.С., доцент, к.ф-м.н.		
2	Самойлик С.С., доцент, к.ф-м.н.		
3	Самойлик С.С., доцент, к.ф-м.н.		
4	Севастьянов Р.В., доцент, к.е.н.		
5	Якімцов Ю.В., доцент, к.т.н.		
нормо-контроль	Мороз Гаррі Володимирович, ст.викладач		

7. Дата видачі завдання « 01 » вересня 2022 року.

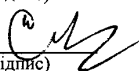
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Актуальність роботи та постановка задач на її виконання	2-й тиждень	виконано
2	Телекомунікаційна мережа. Основні принципи побудови. Елементи мережі	4-й тиждень	виконано
3	Побудова оптичної транспортної мережі зв'язку	7-й тиждень	виконано
4	Електричні розрахунки	8-й тиждень	виконано
5	Вибір волоконно-оптичного обладнання для побудови мережі	10-й тиждень	виконано
7	Робота над економічною частиною	12-й тиждень	виконано
8	Розробка рекомендацій з охорони праці	13-й тиждень	виконано
9	Оформлення пояснювальної записки та презентації	14-й тиждень	виконано
10	Проходження нормоконтролю, рецензування, антиплагіату	15-й тиждень	виконано

Студент

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)



(підпис)

Марія ЖУКОВСЬКА

(прізвище та ініціали)

Сергій САМОЙЛИК

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 98 сторінок, 34 рисунки, 14 таблиць, 10 джерел

Об'єкт дослідження – волоконно-оптична транспортна мережа.

Мета роботи – прокладення транспортної оптоволоконної мережі при її повоєнному відновленні. Вибір оптимального шляху прокладки кабелю. Траса мережі зв'язку: Миколаїв-Херсон-Крим.

Метод дослідження – огляд літературних джерел, статей в Інтернеті розрахунок параметрів.

В першому розділі представлена загальна інформація для побудови оптичної транспортної мережі.

В другому розділі представлена сама магістральна траса лінії зв'язку, фактори, що можуть обмежувати її допустиму довжину регенераційних ділянок і структуру лінії між областями.

Третій розділ присвячений електричним параметрам.

В четвертому розділі виконано вибір обладнання для організації оптичної лінії зв'язку.

У п'ятому розділі проведені розрахунки оплати праці та закупівлі матеріалу.

В шостій главі розглянуті питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

МЕРЕЖА ЗВ'ЯЗКУ PON, МЕРЕЖА ДОСТУПУ, ТРАНСПОРТНА МЕРЕЖА, OTN, ОПТИЧНИЙ КАНАЛ, МУЛЬТИПЛЕКСОР, ДЕМУЛЬТИПЛЕКСОР, РЕГЕНЕРАЦІЙНА ДІЛЯНКА, СПЛІТТЕРИ, ІНТЕРФЕЙСИ, ЗАТУХАННЯ, ДИСПЕРСІЯ, ОПТИЧНИЙ КАБЕЛЬ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	10
1 ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА. ОСНОВНІ ПРИЦИПИ ПОБУДОВИ. ЕЛЕМЕНТИ МЕРЕЖІ	12
1.1 Телекомунікаційна мережа її визначення	12
1.1.1 Мережа доступу	13
1.1.2 Термінальні пристрої користувачів	13
1.1.3 Магістральна мережа.....	14
1.1.4 Інформаційні центри.....	14
1.1.5 Оптичні системи передачі даних.....	15
1.2 Види транспортних мереж	19
1.2.1 Транспортна мережа PDH.....	20
1.2.2 Транспортна мережа SDH.....	22
1.2.3 Транспортна мережа ATM.....	23
1.2.4 Транспортна мережа WDM.....	25
1.2.5 Транспортна мережа OTN-OTN.....	26
1.3 Вибір мережі доступу	28
1.3.1 Особливості мереж PON	29
1.3.2 Прямий та зворотній потоки.....	31
1.3.3 Основні елементи мережі PON.....	33
1.3.4 Порівняльний аналіз різних мереж зв'язку.....	33
2 ПОБУДОВА ОПТИЧНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ	35
2.1 Вибір траси лінії зв'язку.....	35
2.2 Загальна властивості ОВ	37
2.3 Затухання в ОВ.....	39
2.4 Дисперсія ОВ.....	40
2.5 Смуга пропускання в ОВ.....	43

3 ЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	46
3.1 Типи лінійних інтерфейсів і особливості їх використання в оптичних транспортних мережах	46
3.2 Інтерфейси однохвильових систем оптичної передачі	47
3.3 Розрахунок довжини регенераційної ділянки	51
3.4 Розрахунок швидкодії ВОСП	54
3.5 Визначення мінімально допустимого рівень прийому-порогу чутливості	55
4 ВИБІР ОПТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ.....	58
4.1 Волоконно-оптичні кабелі	58
4.1.1 Волоконно-оптичний кабель для побудови PON	59
4.1.2 Способи прокладання кабелю	61
4.1.3 Магістральний оптичний кабель	61
4.1.4 З'єднувальні оптичні муфти	65
4.2 Монтаж лінії зв'язку. Відомості про кількість кабелю і з'єднувальних муфт	67
4.2.1 Структурна схема ділянки ОТМ	68
4.3 Пасивні компоненти оптичної транспортної мережі	70
4.3.1 Оптичний демультиплексор	70
4.3.2 Реконфігуровані оптичні мультиплексори введення/виведення	71
4.3.3 Оптичні крос-комутатори	71
4.3.4 Спліттери	72
4.3.5 Ділення спліттерів по смузі пропускання	74
4.3.6 Ділення спліттерів по параметрам	75
4.3.7 Спосіб монтажу та ділення по оконцеванню	77
5 ТЕХНІЧНО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	78
5.1 Актуальність технології в призмі наших реалій.....	78
5.2 Розрахунок практичної частини проекту	79
5.3 Розрахунок заробітної плати.....	80

5.4 Розрахунок додаткової заробітної плати	80
5.5 Відрахування в єдиний соціальний внесок	81
5.6 Витрати на відрядження.....	81
5.7 Витрати на послуги сторонніх компаній.....	82
5.8 Накладні витрати	82
5.9 Оцінка ефективності проекту	83
6 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	85
6.1 Аналіз потенційних небезпек	85
6.2 Заходи по техніці безпеки	86
6.3 Заходи з виробничої санітарної та гігієни праці.....	87
6.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки	91
6.5 Заходи по забезпеченню безпеки в Надзвичайних Ситуаціях	92
ВИСНОВКИ.....	97
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	98

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

APD	–	(Avalanche-Photodiode) лавинний фотодіод
ATM	–	(Asynchronous Transfer Mode) асинхронний режим передачі
BER	–	(Bit Error Rate) коефіцієнт помилки
DMX	–	(De Multiplex) демультимплексування
DWDM	–	(Dense Wavelength Division) щільне мультимплексування з поділом по довжині хвилі
EDFA	–	(Erbium Doped Fiber Amplifier) ербієв оптичний підсилювач на оптоволокну
MUX	–	(Multiplex) оптичні мультимплексори
OADM	–	(Optical Add / Drop Multiplex) оптичний мультимплексом введення / виводу
OTN	–	(Optical Transport Network) оптична транспортна мережа
OTN	–	(Optical Transport Network) оптична транспортна мережа
OTH	–	(Optical Transport Hierarchy) оптична транспортна ієрархія
OTU _k	–	(Optical Transport Unit _k) оптичний транспортний блок порядку k
R-OADM	–	(Reconfigure OADM) перебудований OADM
SONET	–	(Synchronous Optical Network) синхронна оптична мережа
SDH	–	(Synchronous Digital Hierarchy) синхронна цифрова ієрархія
ВОСП	–	волоконно оптична система передачі
ЄСВ	–	єдиний соціальний внесок
НВ	–	накладні витрати
OAT	–	відкрите акціонерне товариство
ОВ	–	оптичне волокно

ОТМ	–	оптична транспортна мережа
ПДФО	–	податок з доходів фізичних осіб
ПЕ	–	поліетиленовий
ПМД	–	поляризаційна модова дисперсія
ПОМ	–	передавальний оптичний модуль
ПРОМ	–	приймальний оптичний модуль
ПФ	–	пенсійний фонд
РД	–	регенераційна ділянка
СЦІ	–	синхронна цифрова ієрархія
ФД	–	фотодіод
ФЗП	–	фонд заробітної плати
ФСЗ	–	фонд соціального захисту
ЦСЕ	–	центральний силовий елемент

ВСТУП

В сучасному світі телекомунікації займають важливе місце в житті людини. Вони дуже міцно осіли в усіх сферах сучасного суспільства. Особливу увагу звертають на швидкість, якість та коректність переданої інформації. Найважливіша функція це передача інформації для забезпечення економічної та політичної безпеки країни, суспільного виробництва та управління на всіх його рівнях.

Наша країна переживає важкі часи, тому найменше, що можна зробити це забезпечити людей стабільним зв'язком. Тому у час післявоєнного відновлення треба налагодити ефективний зв'язок для населених пунктів південної частини України.

Для цього була вибрана оптимальна магістральна траса від Миколаєва до Сімферополя. Основою цієї траси слугує оптоволоконний кабель, тому що ВЛСП надійніша від будь-яких інших має велику пропускну здатність і може охопити велику кількість абонентів. Більша частина приділена оптичній мережі PON (Passive Optical Network), для організації доступу до будь-яких видів послуг. Тому, що вона робить дешевшою всю довжину зв'язку. Дана мережа дозволяє ефективно нарощувати велику кількість вузлів мережі та збільшувати пропускну здатність абонентських оптичних ліній (АОЛ), беручи до уваги потреби абонентів. Середовищем передачі тут виступає оптоволокну.

За допомогою технології LAN (Local Area Network – локальна обчислювальна мережа) доступ користувачів до ресурсів локальних мереж став простіший. Серед технології LAN можна віділити такі: Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet, Token Ring, HSTR, FDDI, CDDL і EoV.

Сукупність ресурсів систем передачі (канали, тракти, секції або ділянки передачі), засобів контролю, резервування, управління і передачі інформації між заданими пунктами – це все робить транспортна мережа. Не менш

важливою частиною цієї мережі є синхронізація. Фізичне середовище в більшості використовує ОВ.

В магістерській роботі виконана розробка оптичної мережі зв'язу з технологією PON для траєкторії Миколаїв-Херсон-Каланчак-Сімферополь.

При цьому були враховані особливості траси, а саме, на трасі в районі Херсону є водна перепона у вигляді річки Дніпро. Цей фактор був врахований при виборі марки оптичного кабелю для окремих ділянок траси.

Сама траса буде проходити вздовж магістральних доріг М14, Е97 та Н05.

Сумарна довжина траси – 310 км.

1 ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА. ОСНОВНІ ПРИЦИПИ ПОБУДОВИ. ЕЛЕМЕНТИ МЕРЕЖІ

1.1 Телекомунікаційна мережа її визначення

Телекомунікації – це передача сигналів, звуків, записів, інформації, які можна передати повністю або частково, використовуючи для цього теле- і радіозв'язок, електромагнітні, фотоелектронні або фотооптичні системи.

Для передачі сигналу використовуються такі засоби телекомунікації, як лінії зв'язку, пристрої з'єднання середовищ та комунікації мережі, обладнання сигналізації та синхронізації, системи передачі даних та т.д.

Телекомунікаційна мережа (ТМ) – вона включає в себе сукупність всіх засобів телекомунікації і надає можливість для обміну інформації між територіально віддаленими об'єктами за допомогою обміну сигналами (оптичними, радіо або електричними).

При цьому об'єктами телекомунікаційної мережі можуть бути:

- термінальні пристрої користувачів;
- магістральні мережі;
- інформаційні центри;
- кінцеві системи мережі.

Загальний вигляд телекомунікаційної мережі представлений на рисунку 1.1. Особливу увагу варто приділити транспортній та інформаційним мережам.

Саме поняття мережа включає в себе – сукупність автономних пристроїв, сполучених лініями зв'язку.

Головне завдання – передача інформації.

Мережу доступу і магістральну мережу об'єднує те, що вони базуються на основі комутаторів. Комутатори мають в наявності декілька портів, що з'єднуються з портами інших комутаторів.

Параметри, які характеризуються телекомунікаційну мережу – надійність, живучість, ефективність транспортування даних, пропускна здатність мережі, якість обслуговування.

Далі будемо розглядати кожен з цих елементів телекомунікаційної мережі.



Рисунок 1.1 – Узагальнена структура телекомунікаційної мережі

1.1.1 Мережа доступу

Найнижчий рівень в ієрархії телекомунікаційних мереж займає – мережа доступу. Її призначення – забезпечення з'єднання між кінцевими пунктами мережі з найближчим вузлом транспортної мережі.

1.1.2 Термінальні пристрої користувачів

Термінальними пристроями користувачів – називається прилад з якого здійснюється вихід в інтернет або відбувається обмін інформацією. Наприклад, для комп'ютерної мережі це комп'ютер, який в свою чергу може

бути об'єднаний в ЛОМ. До терміналів абонентського користування можна віднести – телефон, комп'ютер, телевізор і т.п.

1.1.3 Магістральна мережа

Для того, щоб об'єднати окремі мережі доступу і забезпечити високошвидкісний транзит трафіку між ними використовують магістральну мережу.

Поділяються на мережі першого і другого класу:

- а) мережі, які повністю задовольняють всі організаційно-технічні вимоги в частині забезпечення стійкості і живучості мережі, також мають свій захист від інформаційних погроз і впливу дестабілізуючих факторів;
- б) мережі, що не задовольняють ці всі потреби.

Вона будується на оптичних кабелях, які призначаються для передачі інформації на великі відстані та з великою кількістю каналів зв'язку. У них повинні бути малі затухання і дисперсія, а також велика пропускна здатність. При проектуванні можуть бути використані одномодові волокна з такими розмірами серцевини і оболонки 8/125 мкм. При цьому довжина хвилі 1.3...1.55 мкм [10].

1.1.4 Інформаційні центри

Для забезпечення інформаційних послуг мережі використовують інформаційні центри, або центри управління сервісами. У них може зберігатися інформація 2-х типів:

– інформація користувача – вона призначена для кінцевих користувачів. Наприклад, візьмемо веб-сайти, на яких знаходиться багато різної інформації, то це буде приклад інформаційних ресурсів. Для телефонних мереж це будуть номери соціальних служб екстрених викликів,

таких як поліція, швидка і т.п., довідкові послуги на вокзалах і різного роду підприємств;

– допоміжна службова інформація, за її допомогою постачальних служб надає послуги користувачам, це може бути аутентифікація і авторизація за допомогою різних систем. Це в свою чергу дає можливість перевіряти права користувачів на отримання різноманітних послуг.

В більшості мереж використовується система управління мережею (Network Management Systems (NMS)), вони призначені для автоматизації дій адміністратора по моніторингу стану мережі і конфігурації мережевих пристроїв. Зазвичай вони являють собою складні програмні комплекси, що працюють на виділених комп'ютерах.

1.1.5 Оптичні системи передачі даних

На рисунку 1.2 наведена загальна схема оптичної системи передачі, тут структурно показано можливі види обладнання систем передачі.



Рисунок 1.2 – Загальна схема оптичної системи передачі

Основне місце в оптичних системах передачі отримали цифрові мультиплексори, завдяки тому, що мають високу завадостійкість при передачі інформації. Якщо ж використовуються короткі лінії оптичного зв'язку, то застосовуються аналогові методи мультиплексори (телеканали, при використанні кабельного телебачення).

Найбільш популярними стали електронний цифрові мультиплексорні технології PDH, SDH, ATM.

Завдяки великим перевагами при передачі інформації по оптичним кабелям вони зайняли основне місце в телекомунікаційних мережах. В них дуже добрі характеристики такі як:

- малі затухання;
- широка смуга пропускання;
- низька вартість.

Що можна вважати передачею інформації в таких умовах близькою до ідеальної.

Шари прозорих оптичних каналів можуть утворюватись на базі фізичного шару оптоволокна в телекомунікаційних мережах, це відбувається за допомогою волоконно-оптичних систем передачі. Мультиплексування з розподіленням хвиль або технологія спектрального ущільнення каналів (Wavelength Division Multiplexing (WDM)) дозволяє реалізувати потенційні можливості ОВ, показує гарні результати при передачі великих потоків інформації і пропускної здатності каналу до декількох терабіт на секунду.

Для забезпечення високої ефективності передачі телекомунікаційних сигналів між мережевими вузлами у волоконно-оптичних кабелях використовують системи передачі даних з спектральним ущільнення. Основні функціональні операції такі, як регенерація сигналів, переключення на резерв і т. п. – залишаються на електронному рівні в традиційних транспортних мережах.

Функція прозорості оптичних каналів забезпечує для нас можливість передачі сигналів по ним у любых форматах в межах максимальної

швидкості, що визначається шириною полоси пропускання каналу (рис. 1.3).

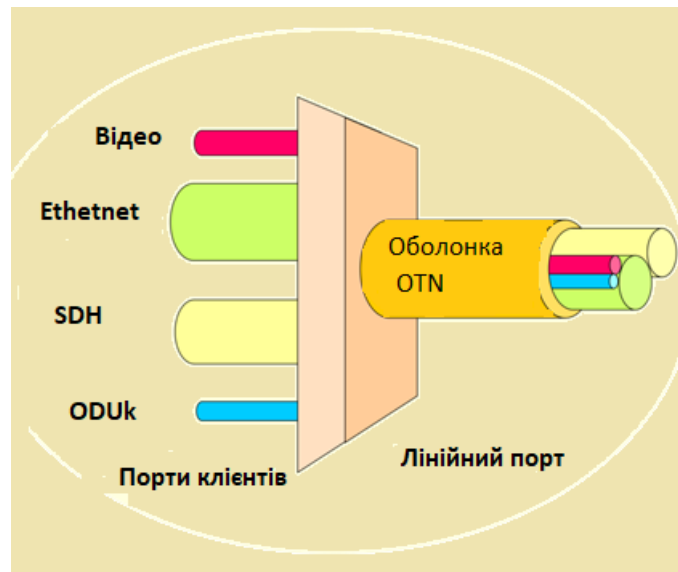


Рисунок 1.3 – Прозорість оптичних каналів

Для традиційних мереж ця технологія не використовується, бо є недоліки в розвитку транспортних функцій, таких як функція передачі, в більшості пристроїв.

Через брак «інтелекту» в оптичних шарах, доводиться застосовувати технології-посередники, бо, наприклад, у таких інтелектуальних технологія як АТМ і ІР слабо розвинуті функції передачі, тому їх потрібно підсилювати. Для цього використовують таку технологію синхронної цифрової ієрархії – СЦІ (Synchronous Digital Hierarchy (SDH)). Вона може «оживити» пасивну мережу оптичних сигналів, або як іще їх називають мережу віртуальних волокон. Через це виникають технологічні ціпки, їх зображення наведено на рисунку 1.4. Також наведено процес спрощення структури транспортної мережі і її еволюції до OTS.

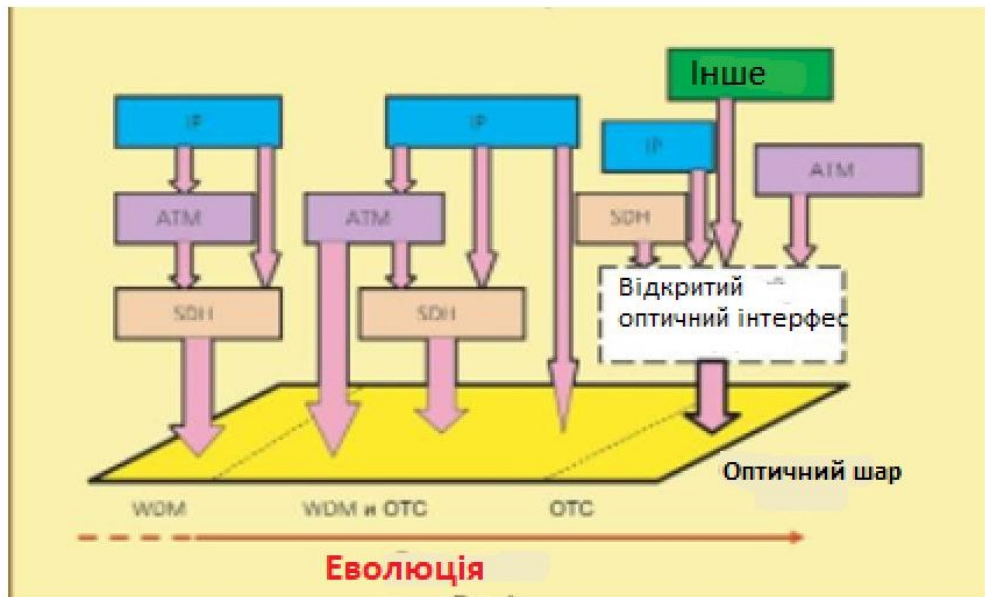


Рисунок 1.4 – Розвиток доступу до оптичного шару

В даній технології відсутні вище перераховані недоліки. OTS реалізовує на оптичному рівні ті ж функції, що і системи СЦІ. Тому будь-які телекомунікаційні технології можуть бути застосовані на OTS. Також тут відбувається спрощення архітектури в телекомунікаційних мережах, тому що ці технології мають багато ланок « одна на одній» і вони між собою спрощуються.

Переваги OTS:

- немає обмежень у довжині;
- має схожу функціональність, як у СЦІ;
- через відкритий оптичний інтерфейс відбувається доступ сигналів різного рівня;
- якщо сигнал дуже великий, то ним можна оперувати.

Ця технологія дуже перспективна і забезпечує вектор еволюції для транспортних мереж.

1.2 Види транспортних мереж

За перенесення інформації між джерелом та одержувачем або між кінцевими пристроями відповідає функція – транспортування. Це може бути будь-яка інформація телефонних абонентів, користувачів інтернету, інформація обліку і вартість послуг – тарифікація, виділення сигналів синхронізації і т.д.

Дамо визначення, що таке транспортна мережа і її протоколи.

Протокол – це збірка правил, що дає змогу здійснювати з'єднання і обмін даних між двома або більше включеними в мережі приладами.

Транспортна мережа – це об'єднання всіх ресурсів, який забезпечує обмін інформації між сегментами телекомунікаційної мережі (виконує функцію транспортування). В ній зібрані не тільки системи передачі, але і система контролю, оперативного переключення, резервування даних і управління (рис. 1.5).

Види транспортних мереж в рекомендаціях ITU:

- транспортна мережа PDH;
- транспортна мережа SDH, рекомендації G.707, G.783, G.803, G.84;
- транспортна мережа ATM, I.311, I.326, I.432, I.630;
- транспортна мережа WDM, ДСТУ 45.017 – 2001, ДСТУ 45.018 – 2001;
- транспортна мережа OTN-OTH (Optical Transport Network-Optical Transport Hierarchy, оптична транспортна мережа – оптична транспортна ієрархія), рекомендації G.709, G.798, G.872, G.873.1.

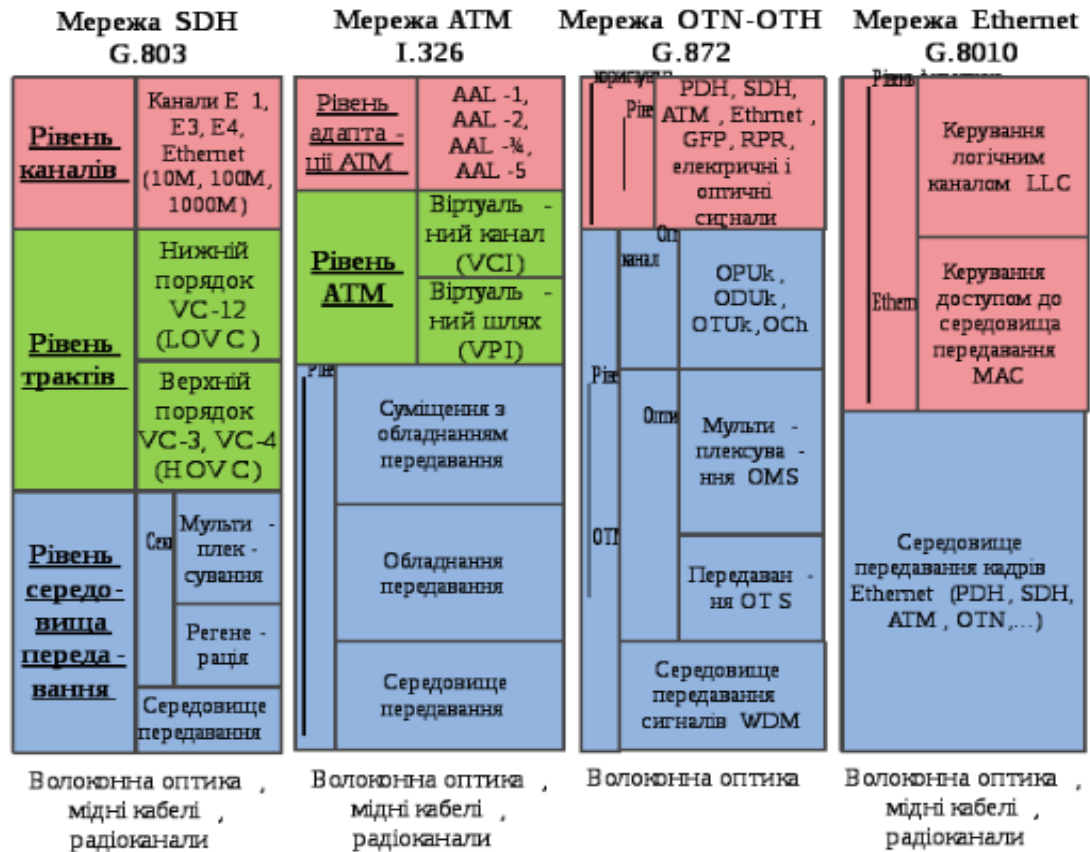


Рисунок 1.5 – Моделі транспортної мережі зв'язку

1.2.1 Транспортна мережа PDH

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) – Технологія плезіохронної цифрової ієрархії. Передача даних здійснюється в аналоговому форматі, в даній технології мультиплексори самі здійснюють оцифрування голосу з частотою 8000 Гц, створюючи при цьому абонентські елементарні цифрові канали зі швидкістю передачі даних 64 Кбіт/с.

Постійна комутація являється основним режимом мережі PDH (кресконнектор як раз відображає постійне з'єднання). За допомогою системи управління відбувається конфігурація з'єднання PDH, а в невеликих мережах це робиться в ручному режимі.

Є декілька стандартів PDH. Перший – Європейський стандарт, він

об'єднує 32 канали по Кбіт/с. Сумарна швидкість передачі даних в потоці дорівнює 2048 Кбіт/с. Розподілення між цими каналами відбувається на 30 каналів, які відповідають за передачу даних і на 2 службові, що використовуються для передачі сигналів управління і сигналізації. У країнах СНГ цей стандарт отримав назву ІКМ-30.

У Японії та Північній Америці використовуються інші стандарти, які мають відмінності в кількості потоків, що об'єднуються. У цих моделях стандарти на першому рівні об'єднуються в 24 канали по 64 Кбіт/с, відповідно на другому рівні цифрові потоки передаються на швидкості 6 Мбіт/с і 45 Мбіт/с, відповідно (рис. 1.6).

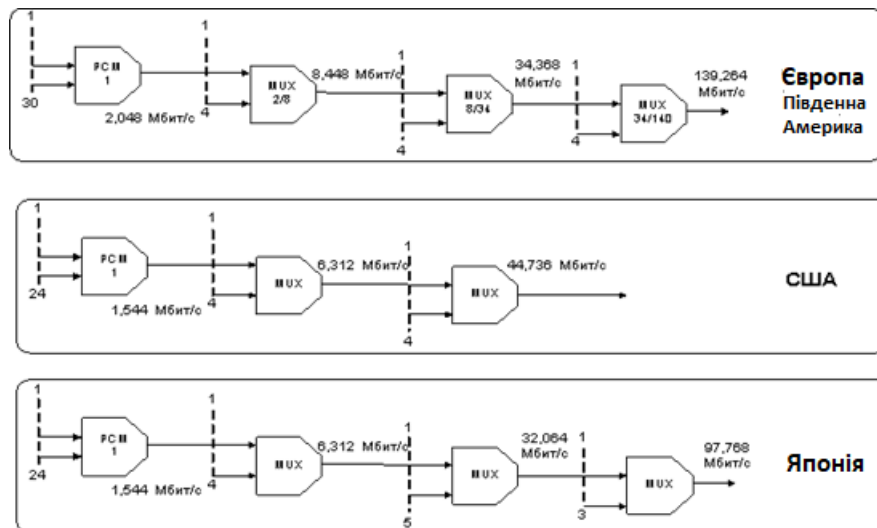


Рисунок 1.6 – Ієрархія швидкостей технології PDH

При практичному використанні виявлено наступні недоліки PDH:

- для одержання високошвидкісних потоків, використання плезіохронного способу мультиплексування призводить до громіздких і малонадійних технічних рішень;
- в даній технології відсутні процедури автоматичного переключення на резервних канал у випадках несправності з основним каналом через відсутність засобів забезпечення відмовостійкості;

– продуктивність, навіть на верхніх рівнях ієрархії, швидкостей недостатня.

1.2.2 Транспортна мережа SDH

Дана мережа включає в себе три самостійні рівні організації:

- а) рівень середовища передачі;
- б) рівень трактів (маршрут передачі інформації);
- в) рівень каналів.

Розберемо докладніше кожен рівень організації транспортної мережі SDH.

Рівень середовища передачі в основному базується на оптоволоконних лініях (середовище передачі), тут утворюються секції регенерації цифрових лінійних сигналів і секції мультиплексування цифрових даних, це необхідно для того щоб усунути спотворення лінійних імпульсних сигналів і відновлення їх форми і потужності.

Рівні трактів представлені двома площинами: високого і низького рівнів. Ці віртуальні контейнери являють собою циклічні цифрові ємкості, їх застосовують під навантаження інформаційних даних з відповідними швидкостями. «Віртуальні» вони тому, що через спеціальні дані, назва яких заголовки, прописується унікальний маршрутний ідентифікатор для адресного переносу кожного контейнеру через транспортну мережу від джерела інформації до користувача. Відбувається непереривна циклічна передача віртуальних контейнерів, завдяки чому може підтримуватися односпрямоване і двоспрямоване транспортне з'єднання – тракт або маршрут, в інтересах споживачів може бути розраховане на різну пропускну здатність.

На рівні каналів відбувається забезпечення інтерфейсів користувачів транспортної мережі. Частиною первинної мережі зв'язку є транспортна мережа SDH, узгодження з вторинними мережами (абонентами) проводиться

на рівні каналів. Наприклад, для телефонних мереж це цифрові потоки 2,048 Мбіт/с (E1), для мережі інтернет при швидкостях передавання 10, 100 і 1000 Мбіт/с, відбувається при використанні віртуальних контейнерів і протоколів узгодження (Link Access Procedure SDH (LAPS), Generic Framing Procedure (GFP)). Тактова мережева синхронізація (TMC) – використовується для всіх процедур при формуванні цифрових блоків SDH з використанням єдиного високо стабільного тактового механізму. За допомогою системи управління відбувається створення, підтримання та контроль всіх функцій і з'єднань в мережі SDH, що має засоби протокольної взаємодії через виділених каналів зв'язку.

1.2.3 Транспортна мережа АТМ

Трьома самостійними по своїй організації представлена модель транспортної мережі АТМ: рівень середовища передачі; рівень асинхронного режиму передачі АТМ; рівень адаптації АТМ.

Рівень середовища передачі реалізовується згідно стандартів АТМ (I.432) використовуючи будь-яку систему передачі (наприклад, SDH, PDH). Також можна використовувати будь-яке обладнання і середовище передачі (модеми xDSL з мідними проводами, радіочастотні модеми з радіоканалами, ВОС, атмосферні оптичні канали з відповідними засобами сполучення).

На віртуальні шляхи і підрівні віртуальних каналів розбивається рівень АТМ. Ці підрівні рівні АТМ пов'язані з форматом відтворення даних, що мають назву комірки та мають ємність 53 байта, які в свою чергу поділені на заголовки (5 байтів) і поле завантаження (сегмент користувача) – 48 байт. В заголовку знаходиться ідентифікатор комірок, що належить одному з'єднанню і віртуальному шляху Virtual Path Identifier (VPI) і віртуальному каналу Virtual Circuit Identifier (VCI).

Функції інтерфейсу між транспортною мережею АТМ з її віртуальними з'єднаннями та користувачами послуг (мережі зв'язку) виконую рівень

адаптації ATM, сюди можуть входити, наприклад, телефонні мережі, інтернет, локальні мережі Ethernet і т.д. Різні типи рівневої адаптації AAL (ATM Adaptation Level, AAL-1, AAL-2, AAL-3/4, AAL-5) визначаються різними видами трафіку, що передбачають формування різних за структурою сегментів для навантаження користувача.

Зображення формування потоку комірок в моделі транспортної мережі ATM (рис. 1.7).

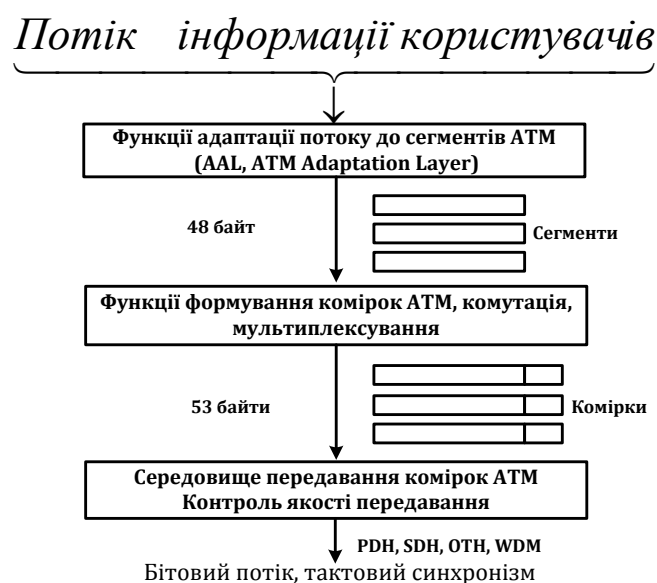


Рисунок 1.7 – Формування потоку комірок транспортної мережі ATM

Відмінності транспортних мереж SDH і ATM:

- в транспортному ресурсі мережі SDH – тракт високого або низького порядків знаходиться в користуванні абонента (мережа вторинного зв'язку) постійно, не залежить від інформаційного потоку і з фіксованою швидкістю передачі, що часто призводить до низької ефективності використання з'єднання, наприклад, в телефонії з комутацією каналів при активності каналу від 0.1 до 1.0;

- в транспортному ресурсі мережі ATM – віртуальні канали або шляхи, які підтримуються комутатором з маршрутними таблицями для кожного

з'єднання, надаються в розпорядження користувача (вторинної мережі зв'язку), якщо є наявність інформаційного навантаження, це відбувається тоді, коли комірки АТМ формуються і прямують фізичним середовищем. В іншому випадку середовище передачі надається потокам комірок через інші джерела за допомогою статистичного мультиплексування на рівні АТМ. Це дає змогу підвищити ефективність використання фізичного з'єднання, наприклад, тракт SDH.

1.2.4 Транспортна мережа WDM

За допомогою технології WDM (Wavelength Division Multiplexing) можна одночасно передавати декілька інформаційних каналів по одному оптичному волокну, при цьому несучі частоти можуть бути різними.

Коли декілька оптичних сигналів передаються по одному волокну на різних довжинах хвиль, то використовують спектральне ущільнення каналів (або мультиплексування по довжині хвилі), воно відноситься до оптичних технологій передачі. В сучасних WDM системах, які розроблені для довгопротяжних ліній зв'язку, кожний оптичний сигнал може передаватись зі швидкістю від 2,5 до 10 Гбіт/с.

WDM дуже суттєво вплинула на пропускну здатність, дана технологія дозволяє використовувати уже прокладені оптоволоконні лінії. Це дало нам змогу організовувати двосторонню багатоканальну передачу трафіку по одному волокну.

Якщо взяти до уваги величину розносу між несучими частотами оптичних каналів, то розрізняються наступні види спектрального розділення каналів.

Сучасні WDM системи на основі стандартного частотного плану (ITU-T Rec. G.692) можна розділити на три групи:

- грубі WDM (Coarse WDM-CWDM) – системи з частотним розділенням каналів не менше 200 ГГц, що дозволяють мультиплексувати не більше 18 каналів;
- звичайні WDM – WDM-системи з шагом несучої частоти більше 200 ГГц, дозволяють мультиплексувати не більше 16 каналів;
- щільні WDM (Dense WDM-DWDM) – системи з рознесенням каналів не менше 100 ГГц, що дозволяють мультиплексувати не більше 32 каналів;
- високощільні WDM (High Dense WDM-HDWDM) – системи з рознесенням каналів 50 ГГц і менше, що дозволяють мультиплексувати не менше 64 каналів [3].

1.2.5 Транспортна мережа OTN-OTN

За своєю організацією модель транспортної мережі OTN-OTN представлена: мережею OTN і рівнем користувача.

З трьох фізично і логічно пов'язаних підрівнів мережа OTN складається мережа OTN: середовище передачі сигналів з розподілення по довжині хвилі (WDM); оптичні секції ретляння OTS (Optical Transmission Section) та мультиплексування OMS (Optical Multiplex Section); оптичних каналів OCh (Optical Channel) навантаження у яких представляється у вигляді оптичних транспортних блоків OTU_k (Optical Transport Unit k) до яких підключено дані оптичних каналів ODU_k (Optical Data Unit k), у яких, відбувається включення блоків корисного навантаження оптичних каналів OPU_k (Optical Channel Payload Unit – k). За різну тривалість, ємність та швидкість передачі циклів в ієрархічному каналі відповідає OTN (k = 1,2,3) індекс k. На одномодових волоконних світловодів зі стандартними характеристиками і величезною смугою частот передавання (30-60 ТГц) в діапазоні хвиль (1260-1675 нм) базуються оптичні секції, цей показник дійсний для різних типів волокон. Даний діапазон використовують в режимі WDM (кількість каналів від 2-4 до декілька сотень OCh), вони об'єднуються в оптичні хвильові модулі OTM

(Optical Transport Module) ємкістю до 16 OCh у кожному. Роблячи висновок можна сказати, що середовище передавання в цій моделі транспортної мережі може передавати 10 і більше Тбіт/с, при цьому маючи швидкість передавання у кожному з хвильових каналів від 2,5 до 40 Гбіт/с, а в перспективі 120 Гбіт/с.

Всередині оптичної секції мультиплексу OMS організовуються оптичні секції ретляння OTS, це робиться для компенсації втрат оптичної потужності у скловолокну та компенсації дисперсних спотворень. Це робиться для забезпечення лінійних оптичних зразкових волоконних підсилювачів з еквалайзерами, романівських оптичних підсилювачів і компенсаторів хроматичної та поляризаційної дисперсії, а в перспективі повністю оптичних регенераторів 2R та 3R.

Окремі оптичні канали, хвильові модулі OTM з кількістю каналів до 16 (які також називаються оптичними транспортними модулями), групи оптичних модулів формуються в оптичній секції мультиплексування. Для кожного оптичного модуля може створюватись окремий оптичний сервісний канал, до якого підключаються службові дані для кожного OCh.

Для відновлення амплітуди імпульсів, їх форми та усунення накопичених фазових тремтінь, виконується функція регенерації цифрового сигналу в оптичному каналі OCh. В блоках OTUk и ODUk, і т.д. проходить оптична модуляція і детектування, а також контроль якості передачі цифрових даних.

Рівень мережі OTM може повністю підтримувати конвертацію оптичних хвиль, захист з'єднання, оптичну мережу з оптичною комутацією та маршрутизацією.

Виконання функції інтерфейсу між мережею користувачів і транспортною мережею, до яких відносяться мережі SDH, ATM, Ethernet і т.д. в оптичній транспортній мережі OTN-OTN відбувається на рівні користувача. Для ефективного розміщення даних користувачів в оптичних

каналах застосовують різні протоколи між мережами. Користуються такими протоколами:

- загальної процедури формування кадру GFP (Generic Framing Procedure);
- протокол захисного пакетного кола;
- протокол захисного пакетного кола з відновленням RPR (Resilient Packet Ring) і т.д.

За допомогою протоколів відбувається узгодження циклічної передачі даних в оптичних каналів, при цьому передача пакетів в часі випадкова та має дані різних ємкості від користувачів, наприклад, пакети IP, MPLS або Ethernet.

Оптична транспортна мережа найбільш підходяща та функціональна для реалізації транспортної мережі, якщо порівнювати всі можливі варіанти.

1.3 Вибір мережі доступу

Мережі доступу поділяються на:

- пасивні оптичні мережі PON;
- активні оптичні мережі AON(Active Optical Network).

Відмінність між даними мережами в тому, що в точках розгалуження мережі AON використовується активне обладнання, а в PON – пасивні розгалужувачі – спліттери. При їх використанні можна заощадити на оренді приміщення, електроживленні і обслуговування тому, що при їх використанні виключається застосування електричного обладнання. Зведемо в таблицю порівняння між мережами доступу (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. – Порівняльний аналіз мереж доступу (якісний)

Технологія	LAN	xDSL	СКД	КТВ	OAN	
Хар-ка					FTTx	PON
1	2	3	4	5	6	7
Масштабність	низька	добра	добра	середня	відмінна	відмінн
Завадозахищенність	погана	середня	середня	середня	висока	дуже висока
Мобільність	низька	середня	середня	середня	висока	висока
Надійність	низька	середня	середня	середня	висока	висока
Витрати на обслуговування	високі	високі	високі	високі	середні	низькі
Вартість	низька	середня	середня	середня	висока	висока

Мережі доступу типу PON найбільш якісний варіант, ніж інші. Тому варто віддати перевагу їм.

1.3.1 Особливості мереж PON

В архітектурі PON є така особливість, як використання тільки одного приймально-передавального модуля – оптичного лінійного терміналу OLT (Optical Line Terminal) для передачі даних великій кількості абонентських пристроїв – оптичних мережевих терміналів ONT (Optical Network Terminal) та приймання даних при використанні одного ОВ в двох напрямках. На рисунку 1.8 показана реалізація даного принципу в структурі PON.

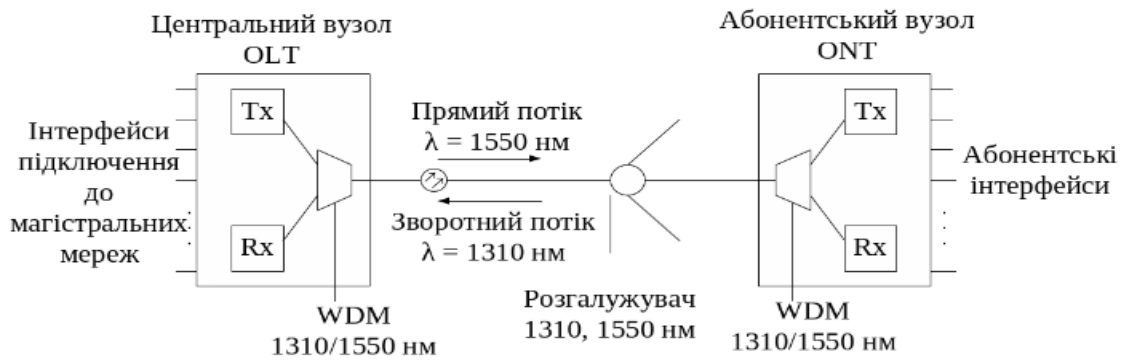


Рисунок 1.8 – Основні елементи архітектури PON

В архітектурі PON оптимальним рішенням для організації з'єднання між користувачами варто використати топологію «точка-багатоточка» (point-to-multipoint-P2MP) або «дерево з пасивним оптичним розгалуженням». Прикладом такої топології зображено на рисунку 1.9.

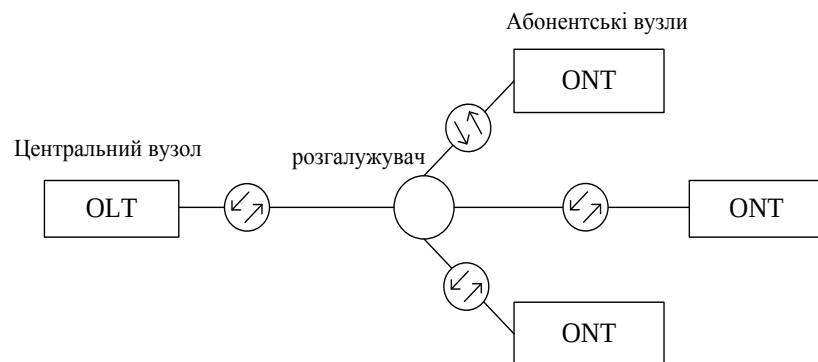


Рисунок 1.9 – Дерево з пасивним оптичним розгалуженням

Будь-який волоконно-оптичний сегмент цієї архітектури, що має десятки абонентів, може підключатися до одного порту центрального вузла, в проміжних вузлах дерева встановлюються оптичні розгалужувачі (спліттери), для яких не потрібно живлення та обслуговування.

Переваги даної топології:

- на ділянці центрального вузла до розгалужувача використовувати тільки один ОВ, це дозволяє скоротити довжину всього шляху ОВ;
- зменшення кількості оптичних передавачів і приймачів в центральному вузлі;
- легкість підключення нових абонентів;
- відсутність проміжних активних вузлів.

Дана технологія дозволяє оптимізувати розміщення оптичних розгалужувачів беручи до уваги реальне розташування абонентів, зменшити витрати на прокладку ОК і експлуатацію кабельної мережі.

1.3.2 Прямий та зворотній потоки

В залежності від бюджету потужності та швидкодії приймально-передавальної апаратури визначається кількість абонентських вузлів ONT, підключених до одного приймально-передавального модулю OLT. Оптимальна довжина хвилі для передачу прямого потоку даних від OLT до ONT $\lambda = 1550$ нм. Якщо ж потік даних від абонентських вузлів до центрального, разом з тим організовують зворотній потік, в якому довжина хвилі $\lambda = 1310$ нм. Оптичні мультиплексори, які вбудовані в OLT і ONT розділяються на вхідний і вихідний потоки.

На оптичному рівні сигналів прямий потік є широко віщальним (від одного вузла до всіх інших). Кожен ONT визначає адресні поля із загального потоку і бере тільки ту частину інформації, яка призначена саме для нього (рис. 1.10, 1.11).

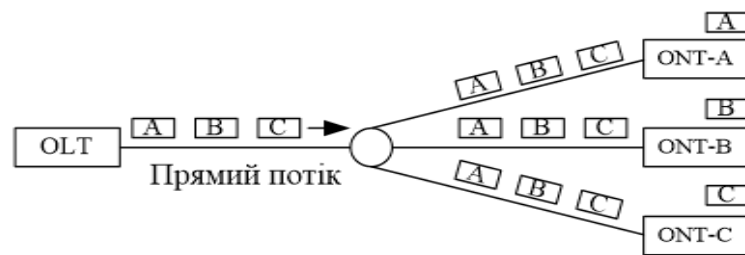


Рисунок 1.10 – Прямий потік

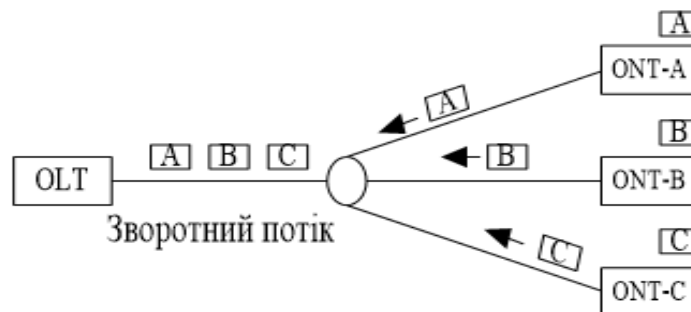


Рисунок 1.11 – Зворотний потік

Якщо ж передача ведеться у зворотному потоці, тобто від усіх абонентських вузлів ONT, на одній і тій же довжині хвилі, при цьому застосовується концепція множинного доступу з часовим розподіленням TDMA (Time Division Multiple Access). Тому, для того щоб виключити можливість інтерференції сигналів від різних ONT, застосовується свій індивідуальний порядок передачі для кожного з них, при цьому враховується виправлення на затримку, що залежить від відстані даного ONT від центрального вузла OLT. Щоб вирішити цю складність використовують протокол TDMAMAC.

1.3.3 Основні елементи мережі PON

Центральний і абонентський вузол, а також спліттери відносяться до основних функціональних елементів мережі PON.

Центральний вузол – даний пристрій встановлюється в центральній станції. Через сервісні вузлові інтерфейси SNI (Service Node Interfaces) він приймає дані зі сторони магістральної мережі і формує прямий потік до абонентського вузла по дереву PON.

Абонентський вузол або оптичний мережевий термінал ONT, складається з інтерфейсу абонентів з одного боку, а з іншого – інтерфейс для підключення по дереву PON. Передача ведеться на довжині хвилі $\lambda = 1310$ нм по дереву від ONT, а прийом на ONT при довжині хвилі $\lambda = 1550$ нм. Прийом даних ONT від OLT конвертується і передається абонентам через інтерфейси користувачів « користувач – мережа » UNI (User Network Interface).

Спліттер (оптичний розгалужувач) – пасивний пристрій, оптичний багатополіусник, його задача розділяти потік випромінювання при передачі в зворотному напрямлені. В загальних випадках у нього буває М вхідних і N вихідних портів. В системі резервування по волокну використовуються розгалужувачі $2 \times N$. Також розділення між ними іде і по робочій частоті пропускання.

1.3.4 Порівняльний аналіз різних мереж зв'язку

В порівнянні з іншими технологіями, технологія PON має наступні переваги:

- розподілення потужності в різних пропорціях при використанні спліттерів у точках розгалуження мережі PON;
- при використанні пасивного обладнання в мережі розподілу, маємо

низькі витрати на експлуатацію та технічне обслуговування;

- мережа дуже гнучка, можна поступово збільшувати її кількістю абонентів і це не буде впливати на діючу мережу;

- підвищена надійність;

- в майбутньому можливість представлення будь-яких мультимедійних послуг з майже необмеженою смугою пропускання.

Для побудови мережі PON треба тільки один ОВ. Це в свою чергу дозволяє будувати мережу по шинній або деревоподібній технології, що має свої економічні переваги.

2 ПОБУДОВА ОПТИЧНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ

Найоптимальніший протоколом для оптичних транспортних мереж ОТР являється стандарт ITUG.709. Він відповідає параметрам по інфраструктурі, характерними для пакетних мереж, забезпечує необхідний рівень ефективності та надійності. В ОТР зібрано безліч функцій, які в майбутньому можуть забезпечити «прозору» передачу трафіку пакетних мереж, що постійно зростають та підтримати сервіси типу Ethernet-лінії або високошвидкісних сервісів, для яких потрібно зберігати жорсткі умови по рівню обслуговування.

Фундаментальна частина архітектурної мережі це рівень транспортування даних, особливо, якщо він поєднується з OTN-комутацією.

По мірі того, як оператори будують мережі все більше розвивається і пропускна здатність каналу, на даний момент для мереж WDMc вона дорівнює 100 Гбіт/с, при використанні передачі даних по OTN, щоб її збільшувати більшість з них використовуються OTN-комутацію, що в свою чергу дає можливість для ефективною конвергенції передачі даних в пакетних і транспортних мережах в один рівень мережевої архітектури.

2.1 Вибір траси лінії зв'язку

Вибір шляху для прокладання кабелю між обласними центрами був вибраний згідно з ситуацією, яка склалася в країні та її повоєнним відновленням. Багато населених пунктів в Херсонській області та АР Крим залишаються без стабільного інтернету. Тому, для цього була вибрана така траса початок в м. Миколаєві, частина в м. Херсоні і закінчується в Криму (рис. 2.1).

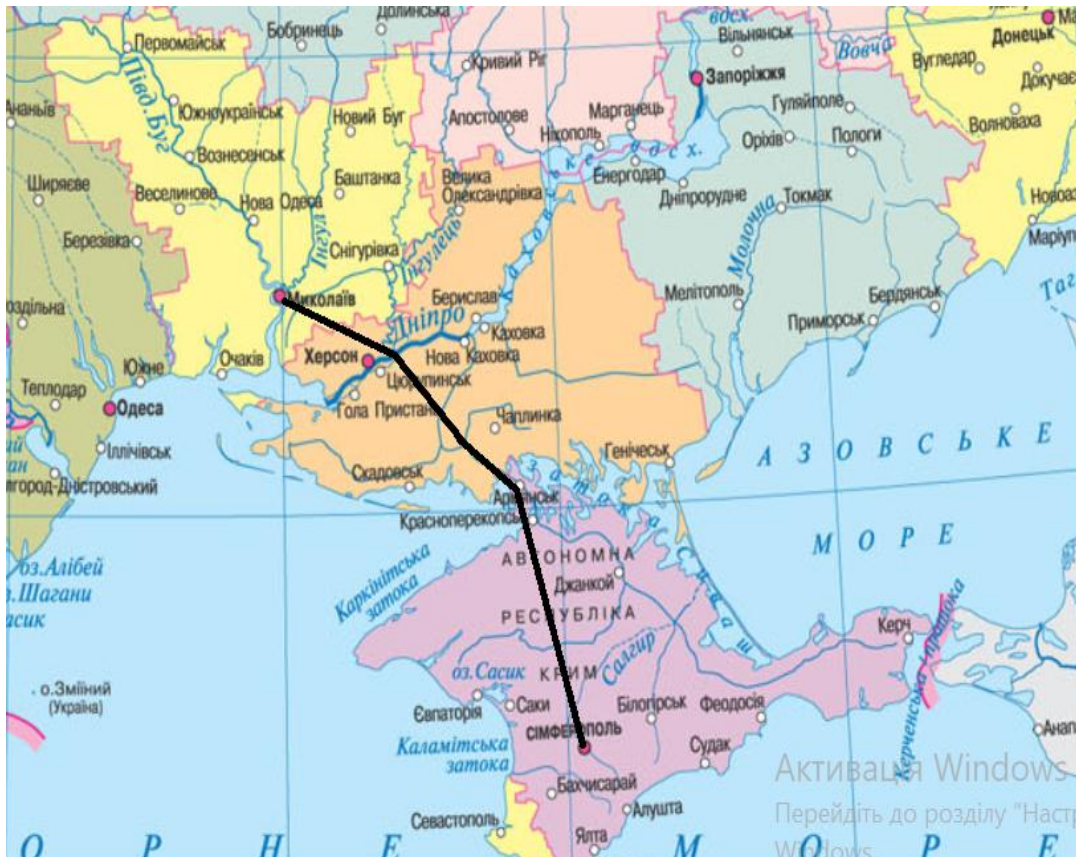


Рисунок 2.1 – Зображення міжобласної траси

Дана траса буде проходити вздовж магістральної дороги, додатково будуть включені такі населені пункти як Антонівка, Каланчак, Армянськ. Відповідно це збільшує загальну довжину траси.

При розрахунку довжини оптичного кабелю для даної лінії зв'язку треба врахувати всі географічні та геометричні параметри по окремим ділянкам.

Вузлові центи даної лінії зв'язку:

- ділянка Миколаїв-Херсон відстань 55 км;
- ділянка Херсон-Антонівка відстань 5 км;
- ділянка Антонівка-Каланчак відстань 80 км;
- ділянка Каланчак-Армянськ відстань 30 км;
- ділянка Армянськ-Сімферополь відстань 140 км.

Загальна довжина лінії зв'язку буде дорівнювати 310 км.

На ділянці Антонівка – Каланчак є водна перешкода у вигляді повноводної річки Дніпро. Для рішення потрібно використати спеціальний кабель для прокладки під водою. Через міст прокласти кабель неможливо, бо він зруйнований, чекати на відновлення або тимчасову переправу довго, тому для економії час було вибрану такий варіант.

2.2 Загальна властивості ОВ

ВОСПІ складаються з передатчика, який виконує модуляцію по амплітуді (потужності) на одному кінці, а на іншому – приймач, який виконує пряме оптичне детектування.

В діапазоні довжини хвиль використовуються три ділянки («вікна прозорості» кварцового ОВ, де затухання мінімальне):

- ділянка довжини хвилі в районі 850 нм (перше вікно);
- ділянка довжини хвилі в районі 1310 нм (друге вікно);
- ділянка довжини хвилі в районі 1550 нм (третє вікно).

На рисунку 2.2 зображено розподіл спектру оптичних променів.



Рисунок 2.2 – Розподіл спектру оптичних променів

В технології PON для прямого потоку використовується третє вікно, а для зворотного потоку – друге вікно прозорості.

Одномодовий режим ОВ досягається, коли добуток його чисельної апертури NA на відносний розмір серцевини a/λ задовольняє умову:

$$V = \frac{2\pi \cdot NA}{\lambda} \leq 2,405, \quad (2.1)$$

яке забезпечується шляхом вибору $2a = 3...12$ мкм і відношенням коефіцієнтів переломлення серцевини і оболонки $n_1/n_2 = 0,002...0,001$. В одномодових ОВ розсіюється тільки один промінь (рис. 2.3).

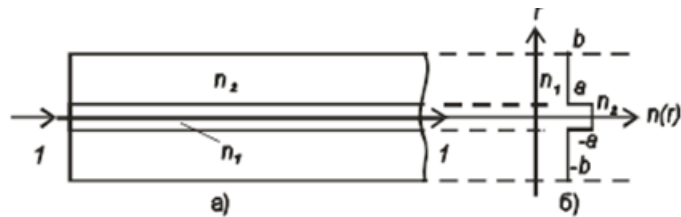


Рисунок 2.3 – Одномодове оптичне волокно

Довжина хвилі, геометричні розміри, згукання, дисперсія та діаметр модового поля являються основними факторами, які впливають на розсіювання променів в ОВ.

Приклад розподілу інтенсивності (потужності) випромінювання основної моди ОВ в ближній зоні представлений на рисунку 2.4.

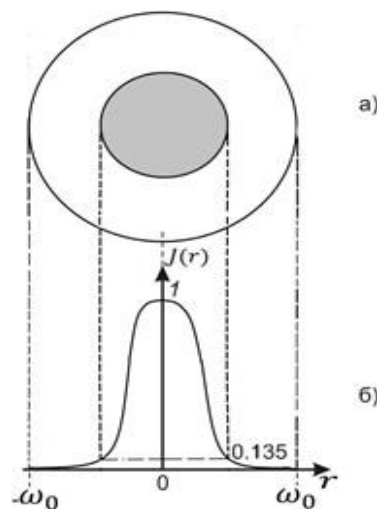


Рисунок 2.4 – Розподіл інтенсивності випромінювання ОМ ОВ

2.3 Затухання в ОВ

При втратах оптичної енергії на шляху переміщення оптичного променя використовують визначення – затухання. Вона може змінюватись в межах від 0,2 дБ/км в одномодових ОВ до 100...300 дБ/км в пластикових ОВ. Для того, щоб покрити велику відстань ці втрати потрібно зменшити до мінімуму. Основні види втрат в оптоволокні представлені на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Основні види втрат в оптоволокні

В таблиці 2.1 наведено значення втрат для різних типів ОВ.

Таблиця 2.1 – Значення втрат для різних типів ОВ

Тип ОВ	λ , нм	α_p , дБ/км	α_r , дБ/км	α_{Σ} , дБ/км
БМ ОВ	850	2,5	2,17	4,67
ОМ ОВ	1310	0,5	0,43	0,93
ОМ ОВ	1550	0,25	0,22	0,47

З цих даних можна зробити висновок, що втрати зменшуються при збільшенні довжини хвилі випромінювання. Залежність цих втрат показано на рисунку 2.6. Можна спостерігати гарно відмічені рані вікна прозорості в ОВ на основі кварцового скла.

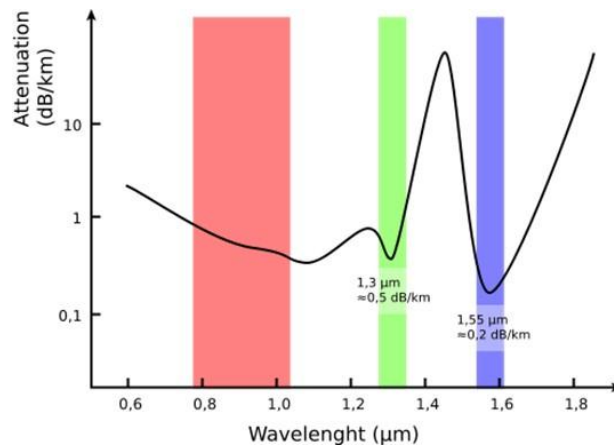


Рисунок 2.6 – Залежність втрат в ОВ від довжини хвилі

2.4 Дисперсія ОВ

Збільшення тривалості оптичного сигналу при його розповсюдженні називають дисперсією в ОВ. Це явище можна побачити на рисунку 2.7.

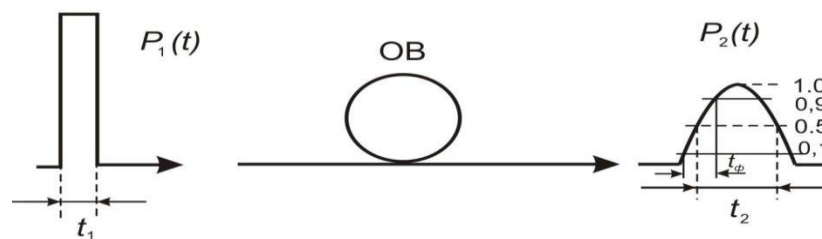


Рисунок 2.7 – Зміна форми сигналу за рахунок дисперсії

Можна зробити висновок, що збільшення амплітуду відбулось за рахунок втрат при розповсюдженні, а збільшення довжини в свою чергу – за рахунок дисперсії. Це призводить до того, що при збільшенні довжини оптичного тракту ці зміни збільшуються і тим сам обмежують можливі магістралі і швидкість передачі цифрових сигналів у високошвидкісних

ВОСПІ.

Дисперсія має розмірність у часі і визначається як середньоквадратична різниця довжин імпульсів на виході t_2 і на вході t_1 (рис. 2.8).

$$\tau(t) = \sqrt{t_2^2 - t_1^2}. \quad (2.2)$$

В оптоволокні існує декілька видів дисперсії (рис 3.8), вони виникають по різним причинам, на практиці частіше використовують параметр «смуга».

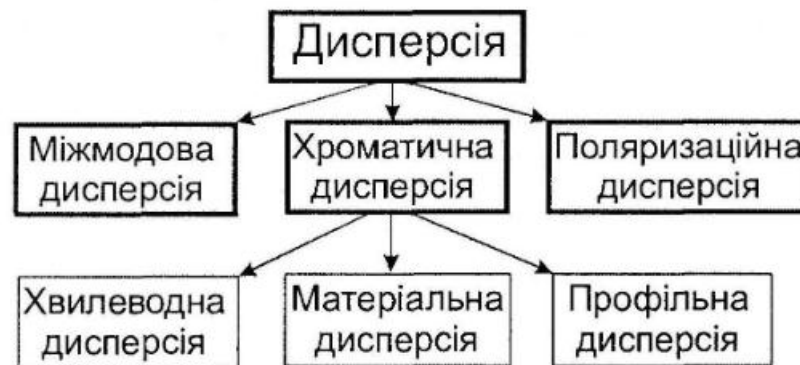


Рисунок 2.8 – Види дисперсії в ОВ

Смуга пропускання розраховується за формулою:

$$W=0,44/\tau. \quad (2.3)$$

Одиниця виміру для смуги пропускання МГц·км. Дисперсія накладає обмеження на довжину хвилі зв'язку і верхню частоту передавальних сигналів. Фізичний зміст W – це максимальна частота (частота модуляції) сигналу, який передається на відстань в l км.

Хвилевидна дисперсія $\tau_{\text{хв}}$ викликає не монохроматичність випромінювання і залежність коефіцієнта розповсюдження моди від довжини хвилі.

$$N(\lambda) = \frac{\lambda/a}{4\pi^2 n_2 c_0}, \frac{\text{пс}}{\text{нм} \cdot \text{км}}, \quad (2.4)$$

де λ – довжина хвилі, нм;

a – радіус серцевини ОВ, нм;

n_2 – показник заломлення оболонки ОВ;

c_0 – швидкість світла.

В одномодових волокнах розсіюється не тільки одна мода, а дві її ортогональні складові. Поляризаційна модова дисперсія (ПМД) $\tau_{\text{пм}}$ виникає в ОМ ОВ через різні швидкості розповсюдження двох взаємного ортогональних поляризаційних складових моди (рис. 2.9).

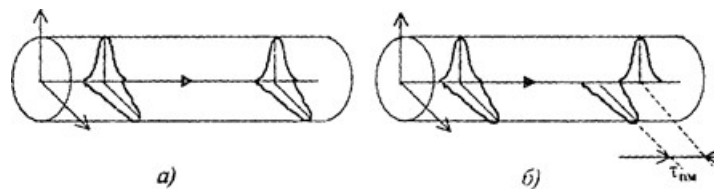


Рисунок 2.9 – Поширення двох складових моди в ОМ ОВ

Якщо б ОВ було би з ідеальною геометрією, то обидві складові розповсюджувалися б з однією і тією ж швидкістю (рис. 2.9 а). Більша за все відбуваються випадкові відхилення розмірів попеченого перерізу (наприклад, незначна еліптичність) призводить до різних швидкостях при поширенні двох поляризаційних складових основної моди (рис. 2.9 б).

Основна причина появи ПМД відбувається через еліптичність серцевини ОМ ОВ, яка виникає внаслідок витягування волокна.

T (позначка) коефіцієнта ПМД, вона вимірюється в $\text{пс}/\sqrt{\text{км}}$, значення $\tau_{\text{пм}}$ збільшується з відстанню l по закону $\tau_{\text{пм}} = T \cdot \sqrt{l}$, пс. Зазвичай $\tau_{\text{пм}}$ має невелику величину і може проявитись в ОМ ОВ при умові високошвидкісної передачі (>2 Гбіт/с) і використанні лазерів з екстримально вузькою спектральною лінією $\Delta\lambda < 0,1$ нм. Типове значення $T = 0,5 \dots 1$ пс/ $\sqrt{\text{км}}$.

2.5 Смуга пропускання в ОВ

Безперервний діапазон частот, в межах якого відношення вихідною швидкості сигналу до вхідної перевищує деякий завчасно відмічений рівень називається смугою пропускання (Band Width) ОВ, зазвичай це значення дорівнює 0,5 (рис. 2.10), тобто дана смуга пропускання визначає такий діапазон частот синусоїдального сигналу в межах якого цей сигнал передається вздовж ОВ без суттєвих спотворень.

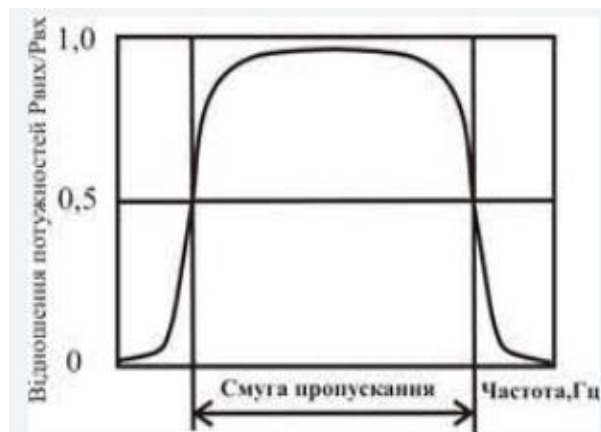


Рисунок 2.10 – Визначення смуги пропускання

Ширина смуги пропускання являється мірою дисперсійних характеристик ОВ.

Об'єм переданої інформації яку можна передати вздовж ОВ залежить від дисперсії, чим менше її значення тим більше переданої інформації.

На рисунку 2.11 показано характер зміни дисперсії τ і пропускної здатності ΔF від довжини лінії l . Смуга частот ΔF і дальність передачі l являється взаємно залежними величинами. Співвідношення між ними для протяжності лінії представлені формулою:

$$\frac{\Delta F_x}{\Delta F} = \sqrt{\frac{l^2}{l_x l_c}}. \quad (2.5)$$

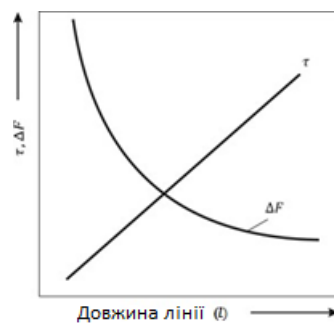


Рисунок 2.11 – Залежність дисперсії τ і пропускної здатності ΔF від довжини лінії

В формулі 2.5 параметри з індексом x – це ті, які треба визначити, а без індексу – задані, l_c – довжина зв'язку мод. Зазвичай при стандартних умовах полоса частот нормується на 1 км ΔF і визначається смугою пропускання на всю довжину l протяжної лінії по формулі:

$$\Delta F_x = \frac{\Delta F}{\sqrt{l_x l_c}}. \quad (2.6)$$

Смуга пропускання ΔF залежить від розширення імпульсів τ і визначається співвідношенням $\Delta F = 1/\tau$.

Щоб забезпечити працездатність мережі згідно стандарту ITU-T для волокна G.655 необхідно зробити наступні розрахунки:

- довжину регенераційної ділянки по затуханню і дисперсії;
- розрахунок швидкодії волоконно-оптичної мережі передачі;
- визначити оптимальний мінімальний допустимий рівень прийому – порогу чутливості приймального пристрою.

3 ЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ

Для подальших розрахунків необхідно вибрати типи лінійних інтерфейсів, визначити довжину регенераційної ділянки по затуханню і дисперсії, виконати розрахунок швидкодії волоконно-оптичної системи передачі, визначити мінімальний допустимий рівень прийому – порогу чутливості приймального пристрою, визначити параметри кабельної магістралі для реалізації системи оптичного зв'язку.

Розрахунки будемо виконувати тільки для прямого потоку системи PON (рис. 1.10) так і для зворотного потоку (1.11) алгоритм розрахунку аналогічний.

3.1 Типи лінійних інтерфейсів і особливості їх використання в оптичних транспортних мережах

Ключові компоненти мережі – це лінійні інтерфейси транспортних мереж. Інтерфейси будуються на основі міжнародних стандартна ITU-T, IEEE, ISO/OSI. Вони значною мірою визначають ступінь пропускнуго об'єму трафіку на між вузлових з'єднаннях.

На рисунку 3.1 приведено міжнародні стандарти на оптичні лінійні інтерфейси, де відображені самі важливі характеристики від яких залежить швидкість, відстань, якість передачі, які в кінці мають значний вплив на загальну вартість лінійного тракту.

Простота пристроїв, пом'якшення низки обмежень, які зазвичай властиві оптичним система передачі зібраних в інтерфейсах однохвильової передачі.

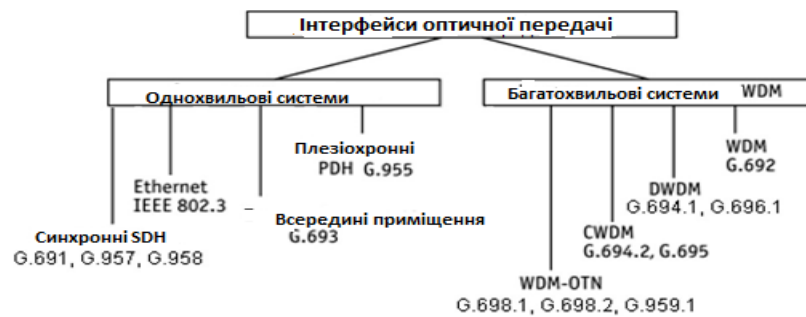


Рисунок 3.1 – Міжнародні стандарти на оптичні лінії інтерфейсів

3.2 Інтерфейси однохвильових систем оптичної передачі

Інтерфейси однохвильових систем оптичної передачі характеризуються наступним рядом показників:

- діапазон довжини хвилі;
- діапазон рівня потужності оптичної передачі;
- мінімально чутливість приймача оптичного сигналу;
- поріг перезавантаження приймача;
- вид модуляції випромінювання;
- лінійний код;
- максимальна допустима дисперсія між передавачем і приймачем;
- ширина спектральної лінії зв'язку передавача;
- можливість використання оптичних підсилювачів потужності на передачі і підсилювачів на прийомі;
- можливість використання процесора упередженої корекції помилок і т.д.

Дані характеристики інтерфейсу визначають дальність передачі по волоконній лінії і швидкість передачі цифрового сигналу при заданій ймовірності помилок передачі.

Однохвильові інтерфейси, відповідають сертифікатам специфікації G.957, G.958, G.691, G.693 підтримують швидкість передачі в мережі SDH от 155, 520 Мбіт/с до 39,813 Гбіт/с при лінійному кодуванні виду «NRZ (Non-Return to Zero – без повернення до нуля)» (табл. 3.1, 3.2).

Таблиця 3.1 Характеристики оптичних інтерфейсів SDH по застосуванням

Застосування Параметри		Всере- дині вузла	Міжвузлове застосування						
			Коротка лінія		Довжина лінії				
Довжина хвилі джерела, нм		1310	1310	1550	1310	1550			
Тип волокна		G.652	G.652	G.652	G.652	G.652,654,655		G.653,655	
Відстань, км		2	15	15	40	~80		~80	
Рівень STM-N, Швидкість Мбіт/с	STM-1 155.52	I-1	S-1.1	S-1.2	L-1.1	L-1.2		L-1.3	
	STM-4 622.08	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	U-4.2	L-4.3	U-4.3
	STM-16 2488.32	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	U-16.2 V-16.2	L-16.3	U-16.3 V-16.3
	STM-64 9953.28	I-64	S-64.1	S-64.2	L-64.1	L-64.2	V-64.2	L-64.3	U-64.3 V-64.3
	STM-256 39813.12	I-256.2	–	I-256.2	–	L-256.2	–	L-256.2	–

В таблиці опущені елементи між шарового зв'язку замість перемичок (veryshortreach). В лінійних оптичних інтерфейсах SDH застосовується своя система позначок, в якій відображені особливості інтерфейсів по застосуванню (табл. 3.1):

- I – лінія малої довжини всередині підприємства (Intra-Office);
- S – коротка лінія (Short-Haul);
- L – довга лінія (Long-Haul);
- V – дуже довга лінія (Verylong-Haul);
- U – найдовша лінія (Ultralong-Haul);
- VSR – дуже мала відстань.

Використовуючи позначення V і U варто розуміти включення в склад лінійного інтерфейсу оптичного підсилення потужності при передачі (B – booster) і підсилювача оптичного сигналу на прийомі (BP – boosterpre-amplifier).

Цифрові індекси в позначення вказують на рівень STM-N, довжину хвилі випромінювання і тип волокна, наприклад, L-16.3 – рівень STM-16, довжина хвилі 1550 нм (оптичне волокно G.653 або G.655). В спеціалізованій довідковій літературі наведені відповідні характеристики волокон, які відповідають специфікаціям G.652-G.655.

З оптичними волоконними лініями повинні бути узгоджені характеристики інтерфейсів I, S, L, U, V. Щоб це забезпечити треба визначити точки узгодження, тобто ті точки де є підключення передавача і приймача.

Таблиця 3.2 – Характеристики оптичних інтерфейсів SDH (G.691)

Код застосування	Одиниці виміру	S-64.2	L-64.2	V-64.2	V-64.3
1	2	3	4	5	6
Рівень		STM-64	STM-64	STM-64	STM-64
Швидкість передачі	Гбіт/с	9.95328	9.95328	9.95328	9.95328
Довжина хв	нм	1530...1565	1530...1565	1530...1565	1530...1565
Тип лазерн.діоду		DFB	DFB	DFB+OA	DFB+OA
Спектральна ширина на рівні – 20 дБм	нм	менше 0.2	менше 0.2	менше 0.2	менше 0.2
Мін.середня потужність	дБм	-1	+1	+12	+10
Макс. середня потужність	дБм	+1	+3	+15	+13
Тип діоду приймача		p-i-n/APD	p-i-n/APD	p-i-n/APD	p-i-n/APD
Поріг переван-ння	дБ	+1	-9	-9	-9

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
Мін. чутливість при $BER = 10^{-12}$	дБм	-14	-23	-23	-24
Макс. втрати оптичного шляху	дБ	2	2	2	2
Макс. коефіцієнт відображення приймача	дБ	-27	-27	-27	-27
Макс. діапазон затухань	дБ	11	22	22	33
Мін. діапазон затухань	дБ	0	10	22	22
Макс. дисперсія	пс/нм	800	1600	2400	400
Мін. коефіцієнт втрат на відображення	дБ	24	24	24	24
Макс. відображення на компонентах	дБ	-27	-27	-27	-27

В даній таблиці використовуються такі позначки:

- DFB (Distributed Feed back) – лазер з розподіленим зворотнім зв'язком;
- p-i-n – позначка конструкції фотодіода (p-i-n фотодіод);
- APD (Avalanche-Photodiode) – лавинний фотодіод;
- BER (Bit Error Rate) – коефіцієнт помилок;
- OA (Optical Amplifier) – оптичний підсилювач.

Особливість використання не тільки оптичних підсилювачів, але і компенсаторів дисперсії для передкореляції на передачі чи посткореляції на прийомі це все може використовуватись в інтерфейсах STM-64 и STM-256. Забезпечення дальності передачі по волоконно-оптичній лінії забезпечує поєднання оптичного підсилення і компенсації дисперсії.

Використання характеристик однохвильових оптичних інтерфейсів при проектуванні лінійних трактів забезпечено Рекомендацією ITU-TG.655.

3.3 Розрахунок довжини регенераційної ділянки

При застосування різних типів одномодових оптичних волокон (G.652, G.653, G.655), довжина ділянки регенерації визначається можливостями енергетичного потенціалу і компенсацією дисперсії.

На формулі (3.1) показано співвідношення довжини регенераційної ділянки до критерію енергетичного потенціалу:

$$L_{\text{рд}} = \frac{P_S - P_R - P_D - M_e - (N-1) \cdot l_{\text{ст}} - N_v \cdot l_{\text{стр}}}{\alpha_c + \alpha_m}, \quad (3.1)$$

де P_S – рівень потужності передавача в точці підключення апаратури і лінії;

P_R – рівень потужності приймача в точці підключення апаратури лінії;

P_D – потужність (в дБм) втрат за рахунок дисперсії;

M_e – енергетичний запас на старіння обладнання (різниця максимального і мінімального рівнів потужності передачі);

N – кількість будівельної довжини кабелю;

$l_{\text{ст}}$ – втрати потужності на нероз'ємних стиках кабелю;

N_c – кількість роз'ємних стиків (2 або 4 стики на ділянці секції регенерації);

$l_{\text{стр}}$ – втрати потужності на роз'ємних стиках;

α_c – кілометрове затухання кабелю на заданій довжині хвилі;

α_m – запас на пошкодження (дБ/км).

Будівельна довжина кабелю приймається у розрахунках від 4-6 км. Приклади розрахунку для інтерфейсі V-64.2. Вихідні дані взяті з таблиці 3.2:

- $P_S = 15$ дБм;
- $P_R = -23$ дБм;
- $P_D = 2$ дБ;

- $M_e = 3 \text{ дБ}$;
- $l_{\text{CT}} = 0,5 \text{ дБ}$;
- $l_{\text{CTP}} = 0,1 \text{ дБ}$;
- $\alpha_c = 0,2 \text{ дБ/км}$;
- $\alpha_m = 0,05 \text{ дБ/км}$;
- будівельна довжина кабелю – 4 км.

Тоді $L_{\text{рд}} = \frac{15+23-2-3}{0,2+0,05} = 132 \text{ км}$. В цьому випадку кількість будівельних довжин на ділянці 132 км буде складати $N = 132/4 = 33$.

Якщо взяти в рахунок втрати на стиках, регенераційної довжини ділянки передачі буде складати:

$$L_{\text{рд}} = \frac{15+23-2-3-32 \cdot 0,5+4 \cdot 0,1}{0,2+0,05} = 70 \text{ км}.$$

З рахунком допустимих втрат оптичної потужності довжина регенераційної ділянки буде складати 44 км. При цьому на довжині хвилі 1530- 1565 нм величина дисперсії не повинна перевищувати 2400 пс/км. Згідно стандарту G.655 на хвилі 1530-1565 нм для одномодового волокна значення хроматичної дисперсії на 1 км буде складати 6 пс/нм·км. Для розрахунку хроматичної дисперсії використаємо формулу 3.2:

$$D_{\text{хр}} = D_{\text{на 1 км}} \cdot L_{\text{рд}}, \quad (3.2)$$

$$D_{\text{хр}} = 6 \cdot 70 = 420 \text{ пс/км}.$$

При ширині спектральної лінії джерело випромінювання 1 нм, це норматив на хроматичну дисперсію. Для швидкості передачі 10 Гбіт/с необхідно брати до уваги і поляризаційну модову дисперсію (ПМД). Розрахунок ПМД:

$$D_{\text{ПМД}} = \sigma_{\text{ПМД}} \cdot \sqrt{L_{\text{рд}}}, \quad (3.3)$$

$$D_{\text{ПМД}} = 0.5 \cdot \sqrt{70} = 4.2 \text{ пс},$$

де σ ПМД – нормування по відношенню до довжини волокна $0.5 \text{ пс/км}^{1/2}$.

Регенеруюча дисперсія визначається через співвідношення:

$$D = \sqrt{D_{\text{хр}}^2 + D_{\text{ПМД}}^2}, \quad (3.4)$$

$$D = \sqrt{420^2 + 4.2^2} = 420 \text{ пс}.$$

Сукупна величина хроматичної та поляризаційної дисперсії не перевищує нормативне значення дисперсії для інтерфейсу V-64.2.

Інший варіант: треба визначити значення дисперсії на 1 км лінії і порівняти з нормованими стандартними значеннями:

$$\frac{2400 \text{ пс/нм}}{70 \text{ км}} = 35 \text{ пс/нм} \cdot \text{км}.$$

Даний норматив перевищує нормований, що вказує на допустимість використання інтерфейсу V-64.2 на ділянці довжиною 70 км. В залежності від величини отриманої дисперсії можна вибрати:

- відповідний тип волокна;
- довжину хвилі в діапазоні 1547...1562 нм;
- ширину спектральної лінії передатчика (вимірюємо в нм, табл. 3.2);
- відповідний компенсатор дисперсії [4].

3.4 Розрахунок швидкодії ВОСП

Швидкодія ВОСП залежить від характеру передавального сигналу, швидкість передачі інформації визначається по формулі:

$$t_c = \frac{\beta}{B}, \quad (3.5)$$

$$t_c = \frac{0.7}{10 \cdot 10^9} = 7 \cdot 10^{-9} \text{ с},$$

де β – коефіцієнт, який враховує характер лінійного сигналу (лінійний код) і рівний 0,7 для коду NRZ і 0,35 для всіх інших;

B – швидкість передачі інформації, яка необхідна для даної системи.

Загальна очікувана швидкодія ВОСП:

$$t_{\text{оч}} = \sqrt{t_{\text{пер}}^2 + t_{\text{пр}}^2 + t_{\text{ов}}^2}, \quad (3.6)$$

$$t_{\text{оч}} = 1.111 \cdot \sqrt{4 + 4 + t_{\text{ов}}^2} = 3.14 \text{ нс},$$

де $t_{\text{пер}} = 0,5 \dots 10 \text{ нс}$ – швидкодія ПОМ, яка залежить від швидкості передачі інформації, типу джерела випромінювання;

$t_{\text{пр}} = 0,2 \dots 20 \text{ нс}$ – швидкодія ПРОМ, визначається швидкістю передачі інформації і типом ФД;

$t_{\text{ов}}$ – розширення імпульсу на довжині РД.

$$t_{\text{ов}} = \sigma \cdot l_{\text{рд}}, \quad (3.7)$$

де σ – дисперсія, яка визначається за формулою:

$$\sigma = 10^{-12} \cdot \Delta\lambda \cdot \sigma_n, \quad (3.8)$$

де $\Delta\lambda$ – ширина смуги оптичного випромінювання, определяемая из справочныхданных соответствующего источника излучения.

Для світлодіодів $\Delta\lambda = 25 \dots 40$ нм, для ЛД – $\Delta\lambda = 0,2 \dots 5$ нм. Тоді:

$$\sigma = 10^{-12} \cdot 0,8 \cdot 6 = 4,8 \cdot 10^{-12} \text{ пс.}$$

Для одномодового ОВ в документах вказані нормована середньоквадратична дисперсія σ_n , пс/(нм·км), яка пов'язана з σ формулою 3.8.

Якщо виконується умова відносно вибору кабелю і довжини регенераційної ділянки, то все зроблено вірно ($t_{оч} < t_c$): $t_{оч} = 3,14$ нс, $t_c = 7$ нс.

Запас швидкодії $\Delta t = t_c - t_{оч}$. Якщо дана величина виявляється дуже великою, то це значення можна послабити за рахунок вимок до компонентів ВОСП.

3.5 Визначення мінімально допустимого рівень прийому-порогу чутливості

Загальна кількість РД визначається за формулою:

$$m = \frac{L}{l_{рд}}, \quad (3.9)$$

де L – довжина проектованої магістралі;

l – довжина регенеруючої ділянки.

Проведемо розрахунки для окремих ділянок – співвідношення (2.1...2.4):

$$m_1 = \frac{55}{70} = 0.8,$$

$$m_2 = \frac{5}{70} = 0.07,$$

$$m_3 = \frac{80}{70} = 1.15,$$

$$m_4 = \frac{30}{70} = 0.42,$$

$$m_5 = \frac{140}{70} = 2.$$

Визначимо помилку поодинокого регенератора:

$$p_{\text{пом}} = p \cdot l, \quad (3.10)$$

де p – ймовірність помилки, яка доводиться на 1 км ОЛТ:

- для магістральної мережі $p = 10^{-12}$,
- для зонової мережі $p = 1,67 \cdot 10^{-10}$,
- для місцевої мережі $p = 10^{-9}$;
- l – довжина ретрансляційної ділянки, км.

$$p_{\text{пом1}} = 10^{-12} \cdot 55 = 0.055 \cdot 10^{-9},$$

$$p_{\text{пом2}} = 0.0005 \cdot 10^{-9},$$

$$p_{\text{пом3}} = 0.08 \cdot 10^{-9},$$

$$p_{\text{пом4}} = 0.03 \cdot 10^{-9},$$

$$p_{\text{пом5}} = 0.14 \cdot 10^{-9}.$$

Ймовірність помилки задається в діапазоні $p_{\text{пом}} = 10^{-8} \dots 10^{-9}$. Це в свою чергу забезпечує дуже високу якість каналів, що організовані за допомоги ВОСП. Вирахуємо сумарну ймовірність помилки:

$$p_c = m \cdot p_{\text{пом}}, \quad (3.11)$$

$$p_{c1} = 0.8 \cdot 0.055 \cdot 10^{-9} = 0.44 \cdot 10^{-8},$$

$$p_{c2} = 0.07 \cdot 0.0005 \cdot 10^{-9} = 0.004 \cdot 10^{-8},$$

$$p_{c3} = 1.15 \cdot 0.08 \cdot 10^{-9} = 0.092 \cdot 10^{-9},$$

$$p_{c4} = 0.42 \cdot 0.03 \cdot 10^{-9} = 0.013 \cdot 10^{-9},$$

$$p_{c5} = 2 \cdot 0.14 \cdot 10^{-9} = 0.28 \cdot 10^{-9}.$$

В отриманій сумарній ймовірності помилок знаходяться в допустимих межах. Це являється ознакою того, що лінія буде працювати без збоїв.

4 ВИБІР ОПТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ

Основна части інфраструктури PON припадає на пасивні елементи такі як, волоконно-оптичні кабелі, різні типи конекторів і спліттерів. Треба ретельно вибирати обладнання дивитись на їх якість і характеристики, бо це запорука успіху і надійність роботи мережі.

4.1 Волоконно-оптичні кабелі

В транспортних мережах переважно використовуються одномодові волокна, вони забезпечують надійне з'єднання при передачі даних на великих відстанях. Внутрішня будова в даних волокон включає в себе серцевину з діаметром 8-10 мкм, що майже дорівнює довжині хвилі світлового променя. Оболонка має діаметр – 125 мкм. Щоб захистити будь-яке волокно накладається захисне покриття, що діаметр волокна збільшується до 245 мкм. Щоб класифікувати волокна використовують стандарти серії G.65x Міжнародного союзу електрозв'язку ITU-T. Також характеристики таких волокон специфіковані в документі ISO/IEC 11801 (класи OS1 и OS2).

Найбільш широке використання в мережах зв'язку отримало волокно із незміщеною дисперсією. Воно оптимізоване для роботи в другому вікні прозорості (1310 нм), тут воно має найнижчу дисперсію. Також воно може використовуватись в третьому (1550 нм) і четвертому (1625 нм) вікнах прозорості.

Також в рекомендації G.657, показані характеристики волокон з низькими втратами на згинах. Це дуже актуально при прокладці кабелю всередині приміщення і на «останній милі». Тобто при побудові мережі доступу, треба значну увагу приділити волокнам, які найбільш стійкі до вигинань, чим волокна магістральний кабелів, ці параметри зафіксовані в рекомендації G.657.

4.1.1 Волоконно-оптичний кабель для побудови PON

Щоб забезпечити надійність даної мережі треба застосовувати одномодові ОВК згідно рекомендації G.984.4. На магістральній ділянці при виборі кабелю треба орієнтуватись на рекомендації ITU-T G.562 (11/2009). На розподільчій ділянці – одномодові волоконні кабелі згідно рекомендацій G.984.3 і G.984. На абонентській ділянці треба вибирати волокно згідно рекомендації G.984.3.

Також треба орієнтуватися на передачу сигналу на довжину хвилі 1310 нм, 1490 нм, 1550 нм і 1625 нм. Окрім цього, треба звертати увагу на умови прокладання кабелю (грунт, каналізація, приміщення), а також на довжину використаного ОВ.

Зведемо ці дані в таблицю 4.1. Тут показано несприятливі фактори, що впливають на ВОК, а також конструктивні матеріали захисту від цих факторів при різних умовах прокладки.

Таблиця 4.1 – Несприятливі фактори, що впливають на ВОК

Умови прокладання	Основні фактори впливу	Конструктивні методи захисту
1	2	3
Безпосередньо в ґрунті	атаки гризунів	броня
	розтягування кабелю	Поздовжні силові елементи
	випадкові удари	броня
	проникнення вологи	вологозахисний бар'єр, гідрофобний заповнювач
	роздавлення кабелю	конструкція сердечника, броня

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
В кабельній каналізації	скручування	зовнішня оболонка
	проникнення вологи	вологозахисний бар'єр, гідрофобний заповнювач
	розтягування кабелю	поздовжні силові елементи
	атаки гризунів	броня, прокладання в захисних трубках
Прокладка кабелю до будинку	займання	оболонка, захист від займання
	атаки гризунів	броня
	проникнення вологи	вологозахисний бар'єр
	розтягування кабелю	поздовжні силові елементи
Всередині приміщення	займання	оболонка, яка перешкоджає займанню
	згини з малим радіусом	оболонка
	розтягування кабелю	арамідні нитки
	випадкові удари	оболонка, арамідні нитки
	роздавлення кабелю	оболонка, арамідні нитки
Прокладання під водою	проникнення вологи	металева оболонка, пластмасова захисна оболонка та одно-, дво- або тришарова круглodrотова броня
	підводні течії та судові якоря	

У місцях розподільчого і абонентських ділянок потрібно застосовувати кабель з оболонкою, яка протидіє займанню.

4.1.2 Способи прокладання кабелю

Існують три основних методи прокладання кабелю.

Перший спосіб: безпосередньо в ґрунт, наприклад, в траншею. Для цього краще за все використовувати кабелі з міцною бронею і максимальним захистом від вологи та гризунів або у раніше прокладену захисну пластмасову трубку, це дасть змогу зменшити механічні навантаження на кабель під час робіт і робить додатковий захист від механічних пошкоджень.

Другий спосіб: прокладання в підземній кабельній каналізації.

Третій спосіб: прокладка кабелю на стовпах або вишках. Це може бути чудовим рішенням для прокладки кабелю в місцях масової забудови. Він найбільш економічно вигідний тому, що не потребує важкої техніки (як наприклад при прокладанні в ґрунті). Тут кабель може бути підвішений за несучий трос або як самонесучий оптичний кабель.

4.1.3 Магістральний оптичний кабель

Для прокладання траси виберемо кабель типу ОКЛБг. Він зображений на рисунку 4.1. Структура оптичного кабелю марки ОКЛК наведено на рисунку 4.2.



Рисунок 4.1 – Оптичний кабель марки ОКЛК

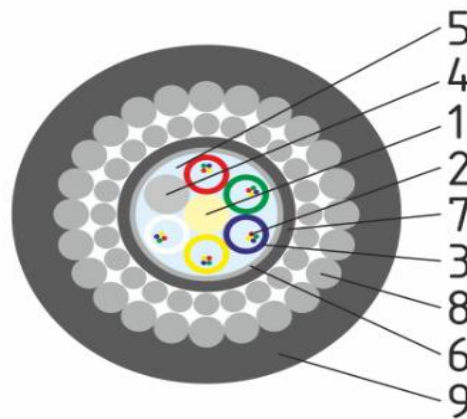


Рисунок 4.2 – Структура оптичного кабелю марки ОКЛК

- де: 1 – центральний силовий елемент – склопластиковий пруток;
 2 – оптичні волокна по ITU-T G.652D;
 3 – оптичний модуль;
 4 – кордель;
 5 – гідрофобний тиксотропний заповнювач;
 6 – скріплююча обмотка;
 7 – проміжна оболонка – поліетилен середнього тиску;
 8 – бронепокрів – з двох шарів сталевих оцинкованих дротів;
 9 – зовнішня оболонка – поліетилен середнього тиску.

Кабель може прокладатись в ґрунтах всіх категорій, механічним або ручним способом, в районах з високою вологістю і територіях, зараженими гризунами. Також в районах сипучих ґрунтів і ґрунтових зрушень, через болота, озера, сплавні та судноплавні річки глибиною до 50 метрів [9].

Він чудово підійде для подолання водної перешкоди – р. Дніпро. Довжина кабелю буде складати 14 км. Ґрунт на півдні України не піддається сильним замерзанням взимку, тут теплий клімат але велика ймовірність атаки гризунів, бо край зернових культур. Якщо брати до уваги Крим, то там

помірний клімат без сильних морозів взимку. Тому можна використати кабель типу ОКЛБг. Він зображений на рисунку 4.3.

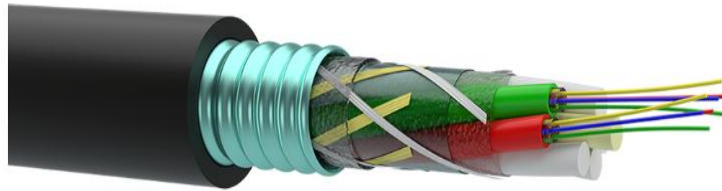


Рисунок 4.3 – Оптичний кабель марки ОКЛБг

Даний кабель підходить для прокладання у ґрунтах всіх категорій і деформацій. Також через озера, болота і річки глибиною до 10 метрів. Може прокладатись в кабельній каналізації, трубах, блоках і по мостах.

Для прокладання кабелю по опорах повітряної лінії зв'язку, контактних мережах залізничного міського транспорту, стовпах міського освітлення і між будівель. За умов сильних навантажень від вітру, ожеледиці, температури і їх комбінації, використаємо кабель ОКЛ8, його зображення та структура представлені на рисунках 4.4 і 4.5.



Рисунок 4.4 – Оптичний кабель марки ОКЛ8

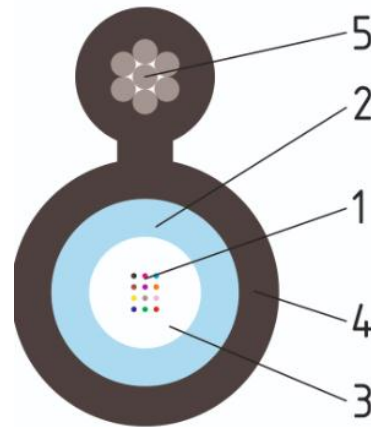


Рисунок 4.5 – Структура оптичного кабелю марки ОКЛ8

- де:
- 1 – оптичне волокно ІТУ-Т G.652 D або G.657A1;
 - 2 – тиксотропний гідروفобний заповнювач;
 - 3 – центральна трубка;
 - 4 – зовнішня оболонка – поліетилен середнього тиску;
 - 5 – виносний силовий елемент – сталевий канат або дріт [9].

Варіанти виконання:

- з багатомодовим волокном по ІТУ-Т G.651.1; ІЕС 60793-2-10;
- з виносним силовим елементом – склопластиковий пруток;
- із зовнішньою оболонкою з:
 - а) полімеру, що не поширює горіння (Пнг-НФ);
 - б) полівінілхлоридного пластику пониженої горючості (Внг-НФ).

Мінімальний строк служби – до 25 років (при виконанні умов експлуатації).

Кабелі повинні бути стійкими до таких зовнішніх чинників:

- вібраційне навантаження в діапазоні частот 10...200 Гц з прискоренням до $40 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$;
- одноразові удари з прискоренням до $1000 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$;
- багаторазову удари з прискоренням до $400 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$;

- температурний режим від +50 °С до -40 °С;
- підвищена вологість повітря до 98% при температурі 38 °С.

4.1.4 З'єднувальні оптичні муфти

На кабельному заводі виготовлений кабель розміщують на кабельні барабани. Та кількість кабелю, яку можна розмістити (намотати) на один кабельний барабан, становить будівельну довжину l_c (ЦД). Конкретна величина l_c залежить від марки кабелю – чим товстіший кабель, тим менша його кількість може бути розміщена на кабельному барабані. Для будівництва проектованої лінії зв'язку передбачається використовувати оптичні кабелі марок ОКЛК (рис. 4.1), ОКЛБГ (рис. 4.3) з укладанням безпосередньо в ґрунт та ОКЛ8 (рис. 4.4) – для підвішування на опорах.

Будівельні довжини (км) оптичних кабелів різних марок наведено у таблиці 4.2. Ці дані використовуються при складанні відомості про потребу кабелів для будівництва лінії оптичного зв'язку.

Таблиця 4.2 – Будівельна довжина оптичного кабелю

Марка оптичного кабелю	Будівельна довжина, км
ОКЛК	4
ОКЛБГ	3
ОКЛ8	2

Підсилювальні (регенераційні) ділянки складаються з магістральних сегментів. При будівництві кабельної магістралі магістральний сегмент складається з прохідної муфти, відрізка магістрального оптичного кабелю і сполучної муфти. Для з'єднання будівельних відрізків оптичного кабелю є оптичні муфти. Використовуються прохідні та сполучні муфти. Наприклад, на рисунку 4.6 наведено муфту прохідного типу.

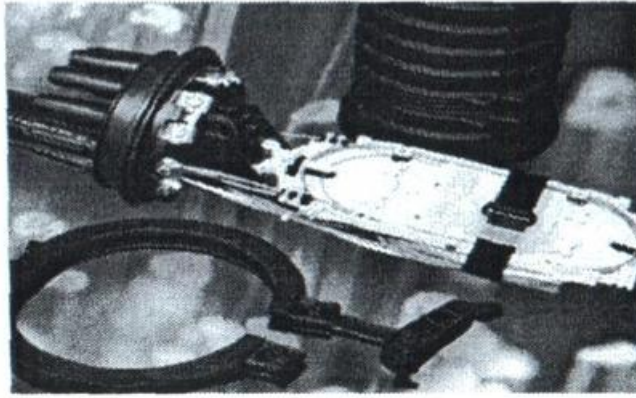


Рисунок 4.6 – Муфта прохідного типу

Оптична муфта прохідного типу є захищений від впливу навколишнього середовища герметичний корпус, призначений для організації оптоволоконних з'єднань у зовнішніх мережах для повітряного розміщення, в кабельній каналізації або безпосередньо в ґрунті. Муфта багаторазового доступу для оптичного волокна з холодною герметизацією корпуса має до 4 касет та пристроїв фіксації кабелю. Муфти відмінно підходять для розгалуження або прямого зрощування кабелів у мережах з низькою чи середньою кількістю волокон.

Характеристики прохідних з'єднувальних муфт:

- плоска, елегантна, компактна прохідна конструкція;
- механізм, що легко закривається з шарніром і засувками;
- може використовуватися для будівництва та експлуатації повітряних та підземних кабельних мереж;
- не потребує застосування спеціальних інструментів;
- сумісна з більшістю наявних типів кабелів.

4.2 Монтаж лінії зв'язку. Відомості про кількість кабелю і з'єднувальних муфт

На рисунку 4.7 представлена монтажна схема проектованої лінії зв'язку.

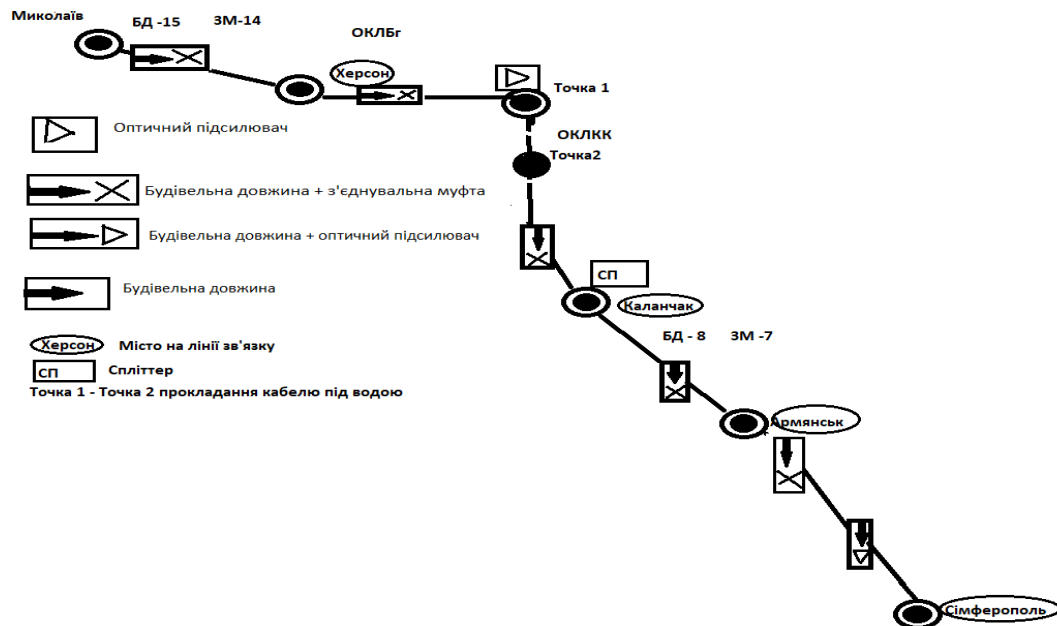


Рисунок 4.7 – Монтажна схема лінії оптичного зв'язку

Вибрана транспортна мережа дуже проста і має невелику відстань, тому не сильно нагромаджена підсилювачами. В її монтажі використано дві марки кабелю ОКЛБг і ОКЛК. Другий буде використовуватись для прокладання кабелю під водою на ділянці Антонівка – Каланчак (на схемі це точка 1 – точка 2) для подолання водної перешкоди р. Дніпро, а на всіх інших ділянках будемо використовувати кабель ОКЛБг, який підходить для прокладання в ґрунті. При необхідності будемо застосовувати знаки на трасі, які попереджають про прокладку кабелю.

Відомості про потреби кабелю і з'єднувальних муфт занесені в таблицю 4.3 з урахуванням даних з таблиці 4.2 по будівельній довжині оптичних кабелів марок ОКЛБг, ОКЛЛК і ОКЛ8.

Таблица 4.3 – Відомості про кількість кабелю і муфт

Ділянка лінії зв'язку	Довжина, км	Кількість ЗД	Марка кабелю	Кіль-сть муфт
Миколаїв – Точка 1	60	15	ОКЛБг	14
Точка1 – Каланчак	74	19	ОКЛБг	18
р. Дніпро	6	2	ОКЛКК	2
Каланчак-Армянськ	30	8	ОКЛБг	7
Армянськ-Сімферополь	140	35	ОКЛБг	34
Додатково підсилювач				
Всього	304	77	ОКЛБг	73
	6	2	ОКЛК	2

4.2.1 Структурна схема ділянки ОТМ

За рахунок одночасної передачі багатьох каналів на різну довжину хвиль по одному волокну та забезпечення введення/виведення і крос-комутацію деяких оптичних каналів на шляху передачі інформації можна збільшити пропускну здатність ВОСП СР. На рисунку 4.8 зображена структурна схема ділянки оптичної транспортної мережі. На схемі присутні пасивні та активні компоненти мережі. Передача сигналу відбувається за рахунок G.655 (табл. 4.4).

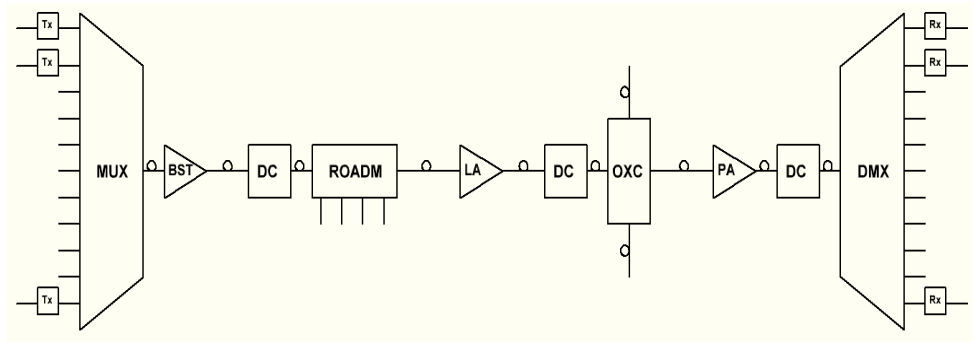


Рисунок 4.8 – Структурна схема ділянки оптичної транспортної мережі

Основним елементом PON будуть пасивні компоненти, а також розгалужувачі спліттери.

Таблиця 4.4 – Пасивні та активні компоненти оптичної транспортної мережі

Найменування обладнання	Позначки на схемі	Фірма виробник, модель
1	2	3
Оптичний мультиплексор	MUX	
Оптичний демультимплексор	DMX	
Реконфігуровані оптичні мультиплексори введення/виведення	ROADM	LambdaDriver EM1600
Оптичні крос-комутатори	OXC	The Cisco ONS 15454 60/5Gbps high-order/low-order (HO/LO) XC-VXC-series cross-connect card operates

Продовження таблиці 4.4

1	2	3
Компенсатори хроматичної дисперсії	DC	LambdaDriver EM800- DCMT3
Оптичний підсилювач	BST	Helix P Two
Оптичний кабель	O	ОКЛК, ОКЛБг, G.655

4.3 Пасивні компоненти оптичної транспортної мережі

Сюди входять: оптичний мультиплексом і демультимплексор, оптичні мультиплексори введення/виведення, оптичні крос-комутаторі і компенсатори хроматичної дисперсії.

4.3.1 Оптичний демультимплексор

Для проведення розділення по довжині хвилі складного оптичного сигналу на каналні оптичні сигнали використовують оптичний демультимплексор.

Ця операція являється зворотною по відношенню до мультиплексування. Виконуватись вона може бути виконана одними і тими ж пристроями.

Більшість пристроїв дозволяють це виконати, через це нема обмежень в розгляді тільки мультиплксорів.

Оптичні демультимплексори поділяються на два класи:

- на основі оптичних фільтрів;
- на основі дисперсійних елементів

4.3.2 Реконфігуровані оптичні мультиплексори введення/виведення

Реконфігуровані оптичні мультиплексори введення/виведення використовуються для забезпечення можливості вводити і виділяти будь-яку комбінацію оптичних каналів з напрямлення, що знаходяться в узлах оптичної мережі.

Вони включають в себе:

- WSS – селективні комутатори довжини хвилі;
- MUX – мультиплектор;
- DMX – демультимплектор.

Селективні комутатори довжини хвилі забезпечують у вузлі ROADM: введення, транзитну передачу і виділення оптичних каналів.

Разом з селекторами використовують оптичні демультимплексори для забезпечення виділених місцевих оптичних каналів.

ROADM – це пасивний компонент, який характеризується великими вхідними втратами [4]:

- введення 8 дБ;
- транзит 12 дБ;
- виведення 14 дБ.

Тому для компенсації втрат використовують оптичні підсилювачі.

4.3.3 Оптичні крос-комутатори

Вони використовуються для розподілення навантаження в найбільш завантажених вузлах мережі, де з'єднуються три або більше напрямків. Крос-комутатор виконує комутацію оптичних каналів по різних напрямках, що дозволяє перенаправляти (маршрутизувати) оптичні канали по новим напрямках.

В них використовують крос-комутацію оптичних каналів плати WXC разом з патч-панеллю комутації PP-MESH для підтримання функціональних можливостей. Сама плата WXC селективно передає будь-яку комбінацію сигналів оптичних каналів, що надходять із вхідних портів EXPRX до спільного порту COMRX. Вона забезпечує двоспрямовану передачу оптичних сигналів і являється пасивним елементом.

Виділимо основні функції плати WXC:

- прийом багато хвильового сигналу, який надходить в порт COMRX і розподіляти його, в залежності від потужності, на порти EXPRX і DROPTX у відношенні 70% і 30%;
- де мультиплексування оптичних сигналів, які надходять в порти EXPRX і ADDR;
- мультиплексування сигналів вибраних каналів передачі їх в загальний порт.

Для утворення крос-з'єднань оптичних каналів між лінійними портами в будь-яких напрямках, які надходять у вузол використовуються плати WXC разом із патч-панеллю PP-MESH.

4.3.4 Спліттери

Основним компонентом PON є розгалужувач (splitter) – це пасивний оптичний багатополіусник, що розподіляє потік оптичного випромінювання в одному напрямку та об'єднує кілька потоків у зворотному напрямку.

Загалом у розгалужувача може бути M вхідних і N вихідних портів. У мережах PON найбільш часто використовують розгалужувачі $1 \times N$ з одним вхідним портом для прямого потоку M вихідних портів. Розгалужувачі $2 \times N$ можуть використовуватися в мережах з резервуванням центрального волокна. На рисунку 4.9 схематично показаний розгалужувач $2 \times N$ та основні потоки оптичного випромінювання.

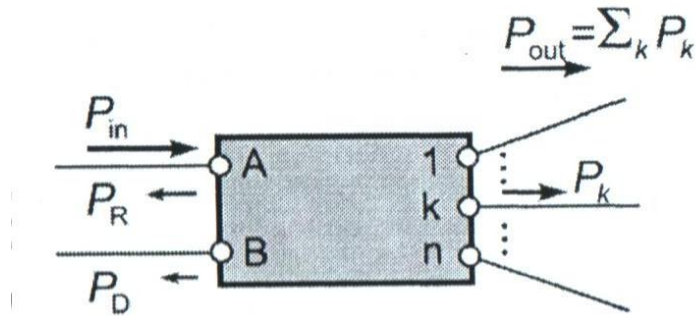


Рисунок 4.9 – Спліттер 2×N і основні потоки оптичного випромінювання

Визначимо основні характеристики розгалужувача (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Основні характеристики розгалужувача

Характеристики	Визначення параметра
Кількість вихідних портів	Від 2 до 32 для APON/BPON
Центральна довжина хвилі	Номінальна робоча довжина хвилі
Робоча смуга пропускання	Довжина хвилі декларованих характеристик
Коефіцієнт ділення	$R_k = P_k / P_{out}$
Надмірні втрати	$EL = 10 \lg(P_{in} / P_{out})$
Внесені втрати	$L_k = 10 \lg(P_{in} / P_k)$
Повернені втрати	$ORL = 10 \lg(P_{in} / P_R)$
Коефіцієнт направленості	$D = 10 \lg(P_{in} / P_D)$
Нерівномірність розгалужувача (1xN)	$U = IL_{max} - IL_{min}$
Поляризаційно-залежні втрати PDL	

U – нерівномірність розгалужувача внесених втрат по всім вихідним портам спліттера:

$$U = I \cdot L_{\max} - I \cdot L_{\min}. \quad (4.1)$$

Цей параметр вимірюється по температурному і хвильовому робочим діапазонам розгалужувача.

Поліризаційно-залежні втрати PDL – рознесення внесених втрат, це обумовлено змінами стану поляризації оптичного випромінювання, що проходить.

Всі спліттери в мережі PON класифікуються по:

- робоча смуга пропускання (на стандартні одновіконні $\lambda_{\text{роб}} \pm 10$ нм, широкосмугові одновіконні $\lambda_{\text{роб}} \pm 40$ нм і двовіконні);
- в залежності від технології виготовлення (сплавні і планарні);
- по кількості вихідних портів і коефіцієнту ділення потужності;
- по способу монтажу.

4.3.5 Ділення спліттерів по смузі пропускання

Спліттери по своїм спектральним характеристикам діляться на стандартні одновіконні ($\lambda_{\text{роб}} \pm 10$ нм), широкосмугові одновіконні ($\lambda_{\text{роб}} \pm 40$ нм) і двовіконні (1310 ± 40 нм і 1550 ± 40 нм).

Двовіконні розгалужувачі використовуються для PON (рис. 4.10).



Рисунок 4.10 – Частотні характеристики спліттерів

Розділенні смуги пропускання на різні ділянки, наприклад, на смузі 1550 нм буде передача інформації від провайдера до абонента, а на довжині 1310 нм буде відбуватися передача запиту від абонента до провайдера. При виконанні даних маніпуляцій треба, щоб робота розгалужувача була стабільною, бо це в свою чергу впливає на величину нерівномірності і розкиданню втрат в системі.

4.3.6 Ділення спліттерів по параметрам

Спліттери ділять на два класи розгалужувачів:

- а) клас 1;
- б) клас 2.

Клас один має більш кращі характеристики при використанні в широких вікнах ± 40 нм, в класі 2 цей параметр буде краще працювати в більш вузьких вікнах $\pm 10 - 20$ нм.

В таблиці 4.6 приведемо порівняльну характеристику спліттерів цих двох класів.

Таблиця 4.6 – Порівняльна характеристика спліттерів

Параметр	Клас А(1×2)	Клас Б(1×2)	Допуски(1×N)
1	2	3	4
Вносимі втрати $IL_{\text{макс.}}$ (без конекторів), дБ	3,6	3,9	$3,6 \log_2 N + 0,6$
Надмірні втрат EL , типові, дБ	0,1	0,3	$0,3 (1 + \log_2 N)$
Нерівномірність U , дБ	0,8	1,1	$1,0 \log_2 N$
Втрати, які залежать від поляризації (PDL), макс., дБ	0,13	0,2	$0,1 (1 + \log_2 N)$

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4
Оптичні зворотні втрати ORL, дБ	Не менш 50	Не менш 50	—
Коефіцієнт направленої дії D, дБ	Не менш 55	Не менш 55	—
Температурна залежність вносимих втрат, дБ/°C	0,002	0,002	—

При виборі розгалужувача для мережі PON беручі до уваги критерії ціна/якість треба також звернути увагу на температурний режим роботи. Робоча температура розгалужувача невелика, але вона може бути збільшена через хвильову залежність розгалужувача і температурну нестабільність передавача. Так чим дешевше передатчик, то нестабільна робоча довжина хвилі лазера може досягати $0,5 \text{ нм/}^\circ\text{C}$. Тому потрібно звернути увагу ще і на сезонне зміщення робочої точки на $\Delta\lambda = 10 \text{ нм}$ абонентських вузлах, то при збільшенні температури буде пере наведення потужності випромінювання в плечах розгалуження на 0,3 дБ. При використанні мережі з малим запасом системи рекомендується використовувати планарні розгалужувачі замість сплавних. Сплавні розгалужувачі мають вносимо втрати тільки для центральної довжини хвилі, а не по всьому діапазоні, та при зміщенні довжини хвилі розкидане внесення втрат збільшується. Планарні помітно слабкіше за сплавні. Зокрема це підтверджується тим, що нерівність веде себе як $U = 1,0 \log_2 N$ (дБ) для сплавних і $U = 0,4 \log_2 N$ (дБ) для планарних.

4.3.7 Спосіб монтажу та ділення по оконцеванню

В залежності від способу монтажу та оконцеванню розгалужувачів їх можна розділити на зварені неоконцовані та оконцовані в настільному/стійковому виконанні.

В розподільчій муфті виконуються зварювальні роботи для неоконцованих розгалужувачів. Втрати при зварюванні на стиках будуть (0,02-0,05 дБ), що набагато менше при втратах на парі конекторів (0,4-0,8 дБ). Оконцовані розгалужувачі можуть бути вставлені у вигляді модулів. Тому цей спосіб економить час при, тому заміна модуля буде швидшою, ніж заміна варкою всіх волокон. Це дозволяє економити час при ремонті або пере конфігурації системи, щоб в майбутньому не мати великих перебоїв чи простою обладнання. Також при оконцеванні розгалужувачів можна проводити посекційне тестування лінії. Це великий плюс з точки зору обслуговування і можливості ремонту лінії зв'язку.

5 ТЕХНІЧНО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

5.1 Актуальність технології в призмі наших реалій

Аналізуючи ринок зв'язку і телекомунікацій дуже помітним стає його активний розвиток. Ще зовсім недавно у нас в доступі були тільки мережі 2G, а вже сьогодні доступ до високошвидкісного інтернету буде у будь-якій точці України.

З початку повномасштабної війни Росії проти України дуже багато втрат зазнали міста і селища в окупації. Там зник український зв'язок, багато оптоволоконних кабелів пошкоджено, або їх взагалі нема.

Зв'язок являється дуже важливим аспектом у житті сучасної людини. Сьогодення не можна уявити без перегляду стрічки новин в соціальних мережах, огляду інформації на сайтах, дзвінкам рідним, можливості працювати з будинку маючи при цьому тільки доступ до інтернет. На жаль, Херсонська область позбавлена частково такої можливості. Там постійні перебої зі зв'язку, а часто його взагалі нема. Тому даний проект актуальний. Взагалі довоєнний ринок Херсонщини не був перенасичений провайдерами, бо в основному тут невеличкі села, а між ними поля. Люди будуть дуже зацікавлені мати вдома не тільки мобільний зв'язок, але і провідний. Бо війна навчила, що треба завжди мати альтернативу.

Даний напрям дуже перспективний тому, що південна частина України не перенасичена провайдерами, тому конкуренція там невелика.

Сучасний світ дуже швидко змінюється, він пристосовується до будь-яких змін. Все більше людей потребують стабільного інтернет зв'язку. Зараз в цій ніші велику перевагу має оператор «Київстар». Дуже швидко зростає і оплата за послуги. Тому, що якість і швидкість зв'язку з кожним роком стає все краще, більшість сіл уже покриті стабільним 4G покриттям. На рисунку 5.1 показано частки найбільших операторів у розрізі активних ліній фіксованого ШСД на 2021 рік.

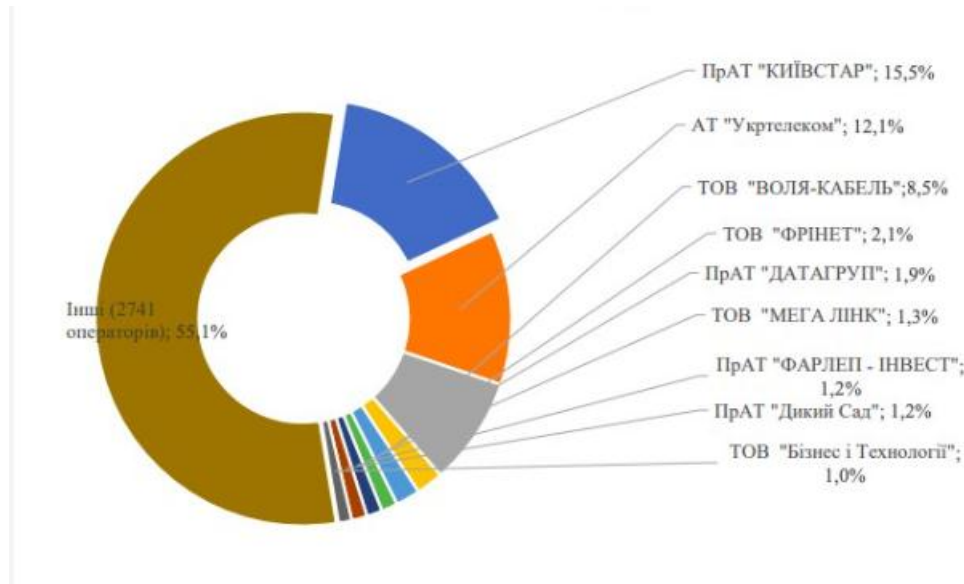


Рисунок 5.1 – Частки провідних операторів ринку ШСД на 2021 рік

Якщо пропонувати людям не тільки інтернет, а й додаткові послуги, наприклад, телебачення, то можна розширити клієнтську базу, але до цього треба повернутись після оцінки сегментів ринку.

5.2 Розрахунок практичної частини проекту

Для реалізації проекту треба врахувати вартість всіх ресурсів для необхідних комплексних робіт. Сюди входять матеріали, обладнання, оплата робіт сторонніх організацій, виплата заробітної плати, внести до фонду соціального страхування, а також інші затрати (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Розрахунок витрат на обладнання та матеріали

Найменування Обладнання/матеріал	Виробник і марка	Кіль-ть, км (шт.)	Ціна на 1 км (од)	Загальна вартість
Оптичний кабель	ОКЛБг	304 км	36000	10944000
	ОКЛК	6 км	38000	228000

Продовження таблиці 5.1

Обладнання	Виробник	Кіль-ть, км (шт.)	Ціна на 1 км (од)	Загальна вартість
Лінійні підсилювачі	Helix P Two	2 шт	25000	50000
Мульт. платформа	Cisco NSC v 400	1 шт	35000\$	35000\$
Разом		12266800		
Вартість неврахованого обладнання у розмірі 3% від загальної вартості обладнання		368004		
Транспортно-заготівельні затрати 3- 10% від вартості матеріалу		1117200		
Разом		1485204		

5.3 Розрахунок заробітної плати

Річний фонд заробітної плати нараховується по кількості працюючих робітників помножених на 12 місяців, сюди додається 22% премії за винятком вихідних і святкових днів [9].

Ці всі дані зібрані в таблиці 5.2.

5.4 Розрахунок додаткової заробітної плати

Для розрахунку додаткової заробітної плати, треба взяти 8% від основної зарплати штатних співробітників. Вона розраховується за формулою:

$$ДЗ_{\text{п}} = ЗП_{\text{осн}} \cdot 0.08 = 139860 \cdot 0.08 = 11188.8 \text{ (грн)}. \quad (5.1)$$

Таблиця 5.2 – Фонд заробітної плати

Найменування посади	Кіль- сть людей	Оклад, грн	Воєнний збір 1.5% (грн.)	ПДФО 18% (грн.)	Осн. ЗП (грн.)	Премія 22% (грн.)	Разом (грн.)
Головний інженер	1	15000	225	2700	12075	3300	33300
Інженер по експлуатації обладнання	4	12200	180	2160	9660	2640	106560
Разом	139860						

5.5 Відрахування в єдиний соціальний внесок

Даний внесок (ЄСВ) відраховується в Пенсійний фонд України. До нього входить чотири раніше існуючі обов'язкових державних соціальних збори: пенсійний фонд (ПФ), фонд соціального страхування (ФСС), « по безробітниці», « нещасних випадках». З 2016 встановили єдиний розмір ЄСВ – 22% від фонду оплати праці.

$$\text{ЄСВ} = \text{ФОП} \cdot 22\% = 139860 \cdot 0.22 = 30769.2 \text{ (грн.)} \quad (5.2)$$

5.6 Витрати на відрядження

На стадії проектування витрати на відрядження можна прийняти на рівні 8- 10% від суми основної заробітної плати:

$$\text{ВД} = 139860 \cdot 0.1 = 13986 \text{ (грн.)} \quad (5.3)$$

5.7 Витрати на послуги сторонніх компаній

Сюди відноситься оплата роботи і виробничих послуг сторонніх організацій при виконанні будівельних робіт (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Витрати на послуги сторонніх компаній

Перелік послуг	Одиниці виміру	Кількість, км	Вартість робіт (грн.)
Прокладка кабелю в ґрунті	км	304	1520000
Установка оптичного обладнання	шт	10	6000
Вимірювання оптичних парам-в	ділянка	12	42000

Разом ця сума буде складати 1568000.

5.8 Накладні витрати

Сюди відносяться витрати на загальне управління і загальногосподарські потреби, утримання і експлуатацію будівлі. Їх варто брати рівними 80% від основної заробітної платні:

$$НВ = ЗП_{\text{осн}} \cdot 80\% = 111888 \text{ (грн.)} \quad (5.4)$$

Підведемо підсумки даних по витратах на реалізацію проекту. Зведемо всі дані в таблицю 5.4. В таблиці 5.1 дані по розрахунку приведені в \$ США, тому треба перевести в гривні України по курсу 36,6 гривні за 1 \$.

Таблиця 5.4 – Кошторис витрат на реалізацію проекту

Витрати	На весь період (12 місяців), грн	Питомавага, %
Матеріали та обладнання	13752004	66.25
Роботи і послуги сторонніх організацій	1568000	0.75
Основна заробітна плата	1678320	8.08
Додаткова заробітна плата	134266	0.65
Відрахування в ЄСВ	3692304	17.8
Накладні витрати	1342656	6.5
Всього витрат	20756350	100

5.9 Оцінка ефективності проекту

Оцінка ефективності даного проекту проводиться по наступним показникам:

- важливість розробки K_1 ;
- можливість використання результатів розробки K_2 ;
- теоретична важливість і рівень новизни дослідження K_3 ;
- складність розробки K_4 .

Треба визначити коефіцієнти для оцінки ефективності по бальній шкалі:

- даний проєкт представляє собою комплексну програму, то $K_1 = 6$;
- використання даної роботи може бути в масштабах цілої країни, тому $K_2 = 6$;
- результати відомі в області даного проекту $K_3 = 2$;
- через те, що робота виконується декількома організаціями і витрати складають більше 50000 грн., то $K_4 = 8$.

Визначимо загальну оцінку проекту:

$$\Pi_c = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 = 6 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 8 = 576. \quad (5.5)$$

Загальний коефіцієнт буде таким:

$$E = \Pi_c \cdot 20000 = 576 \cdot 20000 = 11520000. \quad (6.7)$$

Визначимо економічну ефективність використовуючи коефіцієнт ефективності, який в свою чергу характеризує долю загального ефекту від розробки, яка приходить на 1 грн. витрат і розраховується по формулі:

$$K_E = \frac{E}{K_{\text{витрат}}} = \frac{11520000}{19603415} = 0.58.$$

Наступним кроком буде розрахунок його терміну окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{K_e} = \frac{1}{0.58} = 1.7.$$

Витрати на реалізацію проекту складають 20756350 при тому, що він окупиться в 1 рік і 7 місяців, що може казати о перспективності для впровадження і подальшого масштабування при необхідності.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз потенційних небезпек

В ході даної роботи була побудована волоконно-оптична мережа зв'язку. В ході будівництва такої мережі можливі наступні роботи: проєктування мережі в обчислювальних центрах (робота с ПК, ЕОМ), монтаж і прокладання волоконно-оптичного і оптичного кабелю, підвішування кабелю по лініях електропередач, монтаж і експлуатація обладнання вузла зв'язку, заземлення проєктованого обладнання та також його електроживлення.

При виконанні такої роботи можуть виникнути наступні потенційні небезпеки:

а) у обчислювальних центрах на стадії проєктування мережі:

- підвищена яскравість світла;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищена або понижена іонізація повітря;
- монотонність роботи;
- фізичні перенавантаження;

б) при монтажних роботах на лінійних та стаціонарних ділянках:

- ураження електричним струмом внаслідок несправності приладів;
- можливість падіння з висоти через що, можуть бути механічні травми;

- наявність шкідливих і вибухонебезпечних газів при прокладці ВОК;
- негативний вплив лазерного випромінювання передавача;
- нервово-емоційні та фізичні навантаження через специфіку праці.

Наведені вище небезпечні виробничі фактори, які приводять до травм, погіршенню здоров'я і самопочуття, професійними захворюваннями, що знижує продуктивність праці.

6.2 Заходи по техніці безпеки

Виконуючи всі роботи ми повинні дотримуватись всіх документів відповідно Закону України «Про охорону праці»:

а) ДСТУ ІЕС 60065:2017 «Аудіо-, відео- та подібна електронна апаратура. Вимоги щодо безпеки». Для уникнення уражень струмом в даному документі прописані заходи для апаратури, що безпосередньо підключається до електричної мережі і призначена для експлуатації всередині приміщення на висоті не більше двох метрів та на безпечній відстані від впливу капель чи бризг.

б) ПУЕ «Правила улаштування електроприладів». Розміщення електропровідної магістралі на висоті не більше 200 см. Для робіт використовуємо групу допуску не нижче II. Періодично інструктувати персонал по правилам електробезпеки. Найбільшу увагу варто приділити запобіганню електротравматизму, для цього варто правильно організувати обслуговування діючих електроустановок ОЦ, проведення ремонтних, монтажних і профілактичних робіт;

в) ГОСТ 12.4.184-97 ССБТ «Речі захисту працівників. Загальні вимоги і класифікація». Для виключення механічних травм необхідно використовувати спецодяг та взуття. При прокладанні кабелю варто уникати попадання осаду оптоволокон на одяг. Також варто приділити увагу захисту від попадання відрізків світловодів, які утворюються при насадці конекторів і зрощених волокон на одязі чи шкірі. Ці відрізки треба зібрати в банку з кришкою або на клейку стрічку. Робоче місце варто тримати в чистоті та не засмічувати його;

г) ГОСТ 12.4.134-83 «Система стандартів безпеки праці. Плащі чоловічі для захисту від води. Технічні умови». Для мінімізації впливу атмосферних умов треба забезпечити персонал захисними плащами.

При виконанні електромонтажних робіт варто зняти напругу з усіх частин, що можуть проводити струм і які знаходяться в зоні виконання робіт.

Додатково варто використати захисне заземлення в 4 Ом, інструменти з ізольованими ручками, резинові діелектричні рукавиці, ковбики.

Виконуючи роботи в кабельних каналізація і ямах працівник повинен перевірити повітря на наявність небезпечних газів спеціальним приладом – газоаналізатором. Необхідно використовувати тільки струмонепровідною драбиною. Працівників необхідно забезпечити індивідуальними засобами захисту і спецодягом.

При виконанні робіт з приладом для зварювання оптичних волокон необхідно все підключення і відключення виконувати після знаття напруги. Сам прилад повинен мати заземлення. Відсутні будь-які пошкодження проводів. Робити перевірку приладу не менше одного разу в тиждень. Не виконувати будь-яких робіт, якщо прилад має пошкоджений захист блоку електродів.

Виконуючи роботи по обслуговуванню оптичного кабелю треба не допускати прямого попадання в очі випромінювання з оптичного тестера (або іншого приладу). Категорично неможна спостерігати за генеруванням випромінювань.

Необхідно забезпечити повноцінний відпочинок (5-10 хвилин в годину) при виконанні робіт для того, щоб знизити нервово-емоційні навантаження. Варто забезпечити працівників кімнатою для відпочинку і прийому їжі.

До роботи допускати тільки тих працівників, які пройшли інструктаж по техніці безпеки на робочому місці з наступними перевірками знань і які мають доступ до різних видів робіт.

6.3 Заходи з виробничої санітарної та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарної та гігієни праці забезпечують на робочих місцях нормальних умов праці для роботи персоналу: мікроклімат, достатній рівень освітлення приміщення, виключення чи зменшення дії шуму, випромінювання та інших шкідливих виробничих факторів.

Згідно ДСанПІН 3.3.2.007-98 в будівлях і приміщеннях для робіт з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ повинні відповідати наступним вимогам:

- площа одного робочого місця повинна складати не менше $6,0 \text{ м}^2$, а об'єм не менше $20,0 \text{ м}^3$;
- приміщення для роботи з ВДТ повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до СНиП II-4-79;
- кожен день варто проводити вологе прибирання в приміщеннях, де знаходяться ВДТ.

Окрему увагу варто приділити рівням звукового тиску в октавних смугах частот, рівневі звуку і еквівалентних рівнях звуку на робочих місцях, які обладнані ВДТ ЕОМ і ПЕОМ. Всі вони повинні відповідати вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-83, ГР 2411-81. Пристрої, які можуть видавати шум (АЦП, принтери і т.п.) варто розміщати поза межами приміщень для роботи ВДМ ЕОМ і ПЕОМ. Щоб забезпечити допустимий рівень шуму на робочих місцях варто використовувати засоби з шумоподавлення, вибираючи які, варто виходити з інженерно-акустичних розрахунків.

У місцях, де виготовляються спроектовані прилади, а також здійснюються їх випробування, з метою забезпечення повної безпеки для проведення цих робіт передбачено освітлення і вентиляція.

В приміщенні застосовується прямоточна вентиляція з калорифером, в відповідності до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Згідно ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 «Повітря робочої зони» в холодний і перехідний періоди року для першої категорії робіт температура повітря повинна складати $20-30^{\circ}\text{C}$, відносною вологістю 60-40%, швидкістю руху повітря не більше $0,2 \text{ м/с}$; в теплий період відповідно температура $22-25^{\circ}\text{C}$, відносна вологість і швидкість повітря не змінюються.

Для забезпечення достатньої освітленості робочих зон потрібно забезпечити персонал індивідуальними джерелами світла РВО 42, відповідно до ГОСТ 17516.1-90 (2001) «Вироби електротехнічні. Загальні вимоги

стійкості до механічних зовнішніх факторам». Природне освітлення повинно здійснюватись через світлові отвори.

Коефіцієнт природного освітлення (КПО) повинен бути не нижче 1,5%. Коли природного освітлення недостатньо, треба використовувати штучне. При чому використовувати не тільки в темний проміжок часу, але й у світлий. Найкраще за все використовувати люмінесцентні лампи білого та тепло-білого кольору 20, 40 або 80 Вт.

Варто провести розрахунок освітлення виробничої ділянки. Для заданого приміщення $20 \times 10 \times 6$ необхідно зробити освітлення 400 лк. Для цього будемо використовувати люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Світловий потік вирахуємо за наступною формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{N \cdot \eta \cdot n}, \quad (6.1)$$

де $\Phi_{\text{л}}$ – розрахункове значення світлового потоку однієї лампи в кожному світильнику, лм;

E_n – нормалізоване значення освітлення, дорівнює $E_n = 400 \text{ лк}$;

S – площа освітлювального приміщення, м^2 ;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості, $z = 1.1$;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

k_3 – коефіцієнт запасу, дорівнює $k_3 = 1.5$;

N – загальна кількість світильників;

n – кількість ламп в одному світильнику ($n = 2$).

Розрахуємо кількість рядів для світильників в приміщенні:

$$N_{\text{с.р}} = \frac{B}{(H - h_p) \cdot [L/h]} = \frac{10}{(6 - 0.8) \cdot 1.4} \approx 2, \quad (6.2)$$

де $[L/h]$ – числове значення коефіцієнту світильників в ряду, яке

дорівнює 1.4.

Світловий потік ламп в ряду буде дорівнювати:

$$\Phi_p = \frac{400 \cdot 200 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{2 \cdot 0.45} = 146667 \text{ лм.}$$

Визначимо кількість світильників у ряду.

Встановимо кількість світильників по дві ЛХБ потужність яких складає 40 Вт, а світловий потік $\Phi_{\text{л}} = 2840$ лм кожна, так отримаємо кількість світильників у ряду:

$$N_{\text{ср}} = \frac{\Phi_p}{n \cdot F_{\text{л}}}, \quad (6.3)$$

де Φ_p – світловий потік ламп в кожному ряду, лм;

n – кількість ламп в світильнику;

$\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік лампи, лм.

Підставимо числові значення та отримаємо:

$$N_{\text{ср}} = \frac{146667}{2 \cdot 2840} = 26.$$

Зробимо висновок, що при урахуванні площі приміщення, розміщення робочих поверхонь і заданих умов для штучного освітлення визначили, що світильники треба розмістити в 2 ряди по 13 світильників, в кожному із яких будуть 2 люмінесцентні лампи потужність кожної 40 Вт.

При проектуванні цехів, ділянок, виробничих приміщень були враховані вимоги ДБН В.2.5–28:2018 "Природне і штучне освітлення".

6.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки

Пожежна безпека об'єкта виконується згідно з ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення» і повинна забезпечувати системи попередження пожежі і протипожежні заходи, в тому числі і організаційно-технічні. Заходи по пожежній безпеці направлені на забезпечення безпеки людей, запобіганню пожежі, обмеження його розповсюдження, утворення умов для успішного гасіння пожежі.

Рівень вогнестійкості будівля АТС повинен бути не нижче ІІІ. По вибухопожежною і пожежній небезпеці в приміщенні і будівлі АТС відносяться категорії Д. В приміщеннях комп'ютерних залів, де може бути велика кількість паперу, пластмаси, резини і інших горючих матеріалів. В основному джерелом пожежі може бути ЕОМ. Вони мають високу щільність розміщення електронних схем. Близько розміщені з'єднувальні проводи, комунікаційні кабелі. При протіканні струму, можливе, їх перегрівання, правлення ізоляції, і як наслідок коротке замикання, яке супроводжується іскрінням, перевантаження елементів електронних схем.

Протипожежний захист забезпечений:

- застосуванням засобів пожежогасіння та відповідних видів пожежної техніки, вогнегасників марок ОУ-2, ОУ-5, ОП-2, ОП-10;
- застосуванням автоматичних установок пожежної сигналізації та пожежогасіння типу ПКІЛ з сповіщувачами АІП-2;
- застосуванням систем протидимного захисту з датчиками СПД-3.2;
- застосуванням засобів колективного та індивідуального захисту людей від небезпечних факторів пожежі.

Особливі вимоги пред'являють до влаштування та розміщення кабельних комунікацій. Усі види кабелів прокладають у металевих газових трубах аж до розподільних щитів або стійок живлення.

Для порятунку людей у разі займання застосовуються протидимові маски з фільтрами респіраторного типу. Вогнегасники та захисні маски

розміщені у легкодоступних та помітних місцях. Ручні вогнегасники розміщені шляхом навішування на вертикальні конструкції на висоті 1,5 м.

У будівлях і спорудах необхідно передбачити технічні засоби (сходові клітини, протипожежні стіни, ліфти, зовнішні пожежні сходи, аварійні люки тощо), що мають стійкість при пожежі та вогнестійкість конструкцій не менше часу, необхідного для порятунку людей під час пожежі та розрахункового часу гасіння пожежі.

До організаційно-технічних заходів включено:

- навчання робочих правил пожежної безпеки;
- реалізацію норм та правил пожежної безпеки, інструкцій про дотримання протипожежного режиму та про дії людей при виникненні пожежі;
- заходи щодо дій адміністрації на випадок виникнення пожежі та організації евакуації людей.

При дотриманні всіх необхідних правил та заходів можна попередити виникнення пожежі, а також небажаних наслідків.

6.5 Заходи по забезпеченню безпеки в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація (НС) – це ситуація, яка виникає на певній території чи об'єкті, чи суб'єкті господарювання на ній або водному об'єкті, яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення, спричинена катастрофою, аварією, пожежею або іншою небезпечною подією, що призвела (може призвести) до виникнення загрози життю або здоров'ю населення. Для запобігання може бути використана евакуація населення у період НС.

У зв'язку з тим, що обчислювальні центри знаходяться поблизу інших об'єктів, до яких можуть належати і небезпечні (АЕС, греблі, бази зберігання вибухонебезпечних та хімічних речовин), то доцільно мати на підприємстві засоби індивідуального захисту: засоби захисту органів дихання та захисту

шкіри.

За принципом захисту індивідуальні засоби захисту діляться на фільтруючі та ізолюючі.

До засобів індивідуального захисту органів дихання належать протигази та респіратори, а також найпростіші засоби – протипилова тканинна маска (ПТМ) та ватно-марлева пов'язка (ВМП). Найпростіші засоби захисту можуть бути виготовлені самостійно. За відсутності цих засобів можна скористатися тканиною, складеною в кілька шарів, рушник і т.п.

Доросле населення використовує фільтруючі протигази ГП-5 та ГП-7, призначені головним чином для захисту обличчя, очей та органів дихання від отруйних речовин. Якщо потрібно, їх можна застосовувати і для захисту від радіоактивних речовин та бактеріальних засобів.

Протигази ГП-5 та ГП-7 захищають органи дихання від таких речовин, як хлор, сірководень, соляна кислота, сірчаний газ, синильна кислота, тетраетилсвинець, нітробензол, фенол, фосген, флоретан. З метою розширення можливостей протигазів запроваджено додаткові патрони. ДПГ-3 у комплекті з протигазом захищають від аміаку, хлору, диметиламіну, нітробензолу, сірководню, синильної кислоти, фенолу, фосгену. ДПГ-1 також захищає від двоокису азоту, метилу хлористого, окису вуглецю і окису етилену.

Для захисту органів дихання від радіоактивного пилу крім фільтруючих протигазів та ізолюючих приладів та протигазів можуть бути використані протипилові респіратори різних типів.

Протипилові респіратори – це прилади, призначені для захисту органів дихання від шкідливих аерозолів.

Респіратор Р-2 застосовується для захисту органів дихання від радіоактивного, виробничого та звичайного пилу. Він може бути використаний також при діях в осередку бактеріологічного ураження для захисту від бактеріальних засобів, що знаходяться у повітрі у вигляді аерозолів.

Респіратор ШБ-1 "Пелюсток" виготовлений із спеціального матеріалу, що володіє високими фільтруючими здібностями, і призначений для одноразового користування. Вага близько 10 г. Правильно підігнаний респіратор затримує до 99,9% пилу.

Протипилова тканинна маска ПТМ-1 складається з корпусу та кріплення. Корпус виготовляється з чотирьох-п'яти шарів тканини. Для верхнього шару придатні бязь, трикотаж, для внутрішніх шарів – фланель, бавовняна або вовняна тканина.

Ватно-марлеві пов'язки, як правило, одноразового користування. Після зняття зараженої пов'язки її знищують (спалюють чи закопують).

При використанні найпростіших засобів захисту органів дихання для захисту очей необхідно надягати протипилові окуляри.

Засоби захисту шкіри поряд із захистом від пари та крапель небезпечних речовин оберігають відкриті ділянки тіла, одяг, взуття та спорядження від зараження радіоактивними речовинами та біологічними засобами. Крім того, вони повністю затримують альфа-частинки та значною мірою послаблюють дію бета-часток.

До підручних засобів захисту шкіри відносяться звичайний одяг та взуття. Звичайні накидки та плащі з хлорвінілу або прогумованої тканини, пальто з драпу, грубого сукна або шкіри добре захищають від радіоактивного пилу та бактеріальних засобів.

Для захисту ніг використовують чоботи промислового та побутового призначення, гумові боти, калоші, валянки з калошами, взуття зі шкіри та шкірозамінників.

Для захисту рук можна використовувати гумові чи шкіряні рукавички та брезентові рукавиці. При використанні звичайного одягу як засіб захисту для більшої герметизації необхідно застібати його на всі гудзики, відворот рукавів і штанів зав'язувати тасьмою, комір піднімати і обв'язувати шарфом.

Для більш надійного захисту шкірних покривів рекомендується застосовувати спрощений захисний фільтруючий комплект, який при

спеціальному просоченні може забезпечити захист від парів небезпечних речовин.

Найпростіші засоби захисту шкіри надягають безпосередньо перед загрозою ураження радіоактивними, отруйними речовинами або бактеріальними засобами. Після цього надягають протигаз, піднімають комір куртки (піджака) і шарфом зав'язують його, надягають каптур, головний убір, рукавички (рукавиці).

Таким чином, у ході розробки проекту забезпечення безпеки робочого персоналу були передбачені наступні заходи:

- заходи щодо забезпечення безпеки та зниження ризику травматизму та шкоди життю та здоров'ю персоналу, а також розглянуті заходи щодо евакуації населення при НС;

- провести заходи щодо забезпечення електробезпеки згідно з ГОСТ 12.2.006-87 «Безпека апаратури електронної мережевої та подібних до неї пристроїв, призначених для побутового та аналогічного загального застосування. Загальні вимоги та методи випробувань». Організувати заземлення згідно з ПУЕ-2007 «Правила влаштування електроустановок. Електроустаткування»;

- забезпечити працівників монтажними поясами страховки ПП1 ГОСТ 12.4.184-95 «Система стандартів безпеки праці. Пояса предохранительные. Общие технические требования. Методы испытаний»;

- забезпечити працівників захисними плащами згідно ГОСТ 12.4.134-83 «Система стандартів безпеки праці. Плащи мужские для защиты от воды. Технические условия»;

- забезпечити персоналу необхідну освітленість робочих місць згідно ГОСТ 12.4.014.0-96 «Будівлі та споруди. Методи вимірювання освітленості»;

- створити сприятливі умови роботи для персоналу, що відповідають фізіологічним потребам людського організму, а також санітарні норми, що відповідають оптимальним метеорологічним умовам у робочій зоні

приміщення згідно ГОСТ 12.1.005-88 "Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря в робочій зоні";

– забезпечити пожежну безпеку об'єкту згідно умов ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення».

Також було здійснено розрахунок освітленості виробничої ділянки у виробничому приміщенні розміром $20 \times 10 \times 6$ м таким чином, з розрахунку видно, що для даного приміщення світильники потрібно розміщувати у 2 ряди, у кожному по 13 світильників, у кожному з яких по 2 люмінесцентні лампи потужністю 40 Вт кожна.

ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської роботи було спроектовано транспортну оптоволоконну оптичну мережу між обласними пунктами Миколаїв-Херсон-Сімферополь. Розглянуті загальні питання по організації мережі зв'язку, мереж доступу. Вибрано оптимальний шлях для прокладання оптоволокна.

Розглянуто більш детальну кожен ланку траси, її довжину, властивості і стандарти оптичних волокон, що використовувались.

Виконано необхідні для цієї мережі електричні розрахунки по параметрам траси і відповідної системи зв'язку. Було здійснено вибір обладнання, яке необхідне для побудови оптичної мережі.

В економічній частині роботи було проведено оцінку ефективності проекту. Прораховані затрати на матеріали та заробітну платню. В останньому розділі були розглянуті питання по охороні праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Підбиваю підсумки, можна сказати, що розробка проекту по будові міжобласної транспортної мережі зв'язку між обласними пунктами Миколаїв-Херсон-Сімферополь була виконана повністю.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бунас В.Ю. Технологии транспортных сетей телекоммуникаций: Учебно-методичное пособие [Текст] / В.Ю. Бунас, Н.В. Тарченко, В.Н. Урядов. – Минск: БГУИР, 2013. – 63 с.
2. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи [Текст] / Р. Фриман. – М.: Техносфера, 2003. – 440 с.
3. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети [Текст] / Р.Р. Убайдуллаев. – М.: Эко-Трендз, 1998. – 268 с.
4. Иванов В.И. Оптические системы передачи: Учебник для вузов [Текст] / В.И. Иванов. – М.: Радио и связь, 1994. – 244 с.
5. Cisco Network Convergence System 4000 Series [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.cisco.com>.
6. Фінансовий портал Мінфін [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://minfin.com.ua>.
7. Броньований волоконно-оптичний кабель ОКЛБг [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://odeskabel.com/>
8. Фокин В.Г. Оптические системы передачи и транспортные сети: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению «Телекоммуникации» [Текст] / В.Г. Фокин. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 269 с.
9. Методичні рекомендації щодо виконання економічного розділу дипломного проекту здобувачами вищої освіти технічних спеціальностей за освітнім ступенем «магістр» / Укл. Р.В. Севастьянов – Запоріжжя: НУЗП, 2022. – 11с.
10. Магістральна мережа [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/>