

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ,  
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ  
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТА РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО  
“ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР**

**Тема:** «Широкополосний доступ на основі технології FTTx»

**Виконавець:** \_\_\_\_\_ Микола СИДОРОВ  
(підпис)

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Олександр ПЛЮЩ  
(підпис)

**Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:**

**Консультант розділу «Охорона праці»** \_\_\_\_\_ Батир ХАЛМУРАДОВ  
(підпис)

**Консультант розділу «Охорона навколишнього середовища»**  
\_\_\_\_\_ Євгеній БОВСУНОВСЬКИЙ  
(підпис)

**Нормоконтролер:** \_\_\_\_\_ Денис БАХТІЯРОВ  
(підпис)

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

## ЗАВДАННЯ на виконання дипломної роботи

Сидорова Миколи Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної (кваліфікаційної) роботи: «Широкополосний доступ на основі технології FTTx»

затверджена наказом ректора від «25» квітня 2022 р. №433/ст

2. Термін виконання роботи: з 23.05.2022 р. по 17.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Планування та проектування обраної архітектури мережі для розгортання мережі FTTx, побудованої на мережах WDM PON

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ, Розділ 1. Аналіз мережі доступу, Розділ 2. Проектування та оцінка мережі WDM GPON, Розділ 3. Охорона праці, Розділ 4. Охорона навколишнього середовища, Висновки, Список використаних джерел.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: моделювання в OptiSystem, Порівняння світлодіода і лазерного діода, Мережа доступу POTS, Діапазон місцевого шлейфу для різних систем DSL. Архітектура технології PON, Еволюція трафіку IP, Маска діаграми для висхідного сигналу передачі. Порівняння EPON B-PON GPON, Рішення FTTH GPON для домашніх користувачів.

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Розробити деталізований зміст розділів дипломної (кваліфікаційної) роботи	23.05.2022- 25.05.2022	Виконано
2	Вступ	25.05.2022	Виконано
3	Аналіз мережі доступу	26.05.2022- 29.05.2022	Виконано
4	Проектування та оцінка мережі WDM GPON	30.05.2022- 02.06.2022	Виконано
5	Охорона праці, Охорона навколишнього середовища	03.06.2022- 08.06.2022	Виконано
6	Усунення недоліків та захист дипломної роботи	09.06.2022- 17.06.2022	Виконано

## 7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	к.м.н., проф. Батир ХАЛМУРАДОВ		
Охорона навколишнього середовища	к.т.н., доц. Євгеній БОВСУНОВСЬКИЙ		

8. Дата видачі завдання: “22” серпня 2022 р.

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Олександр ПЛЮЩ  
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис випускника)

Микола СИДОРОВ  
(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота «Широкополосний доступ на основі технології FTTx» містить 79 сторінок, 33 рисунки, 12 таблиць, 46 використаних джерел.

GPON, ШИРОКОСМУГОВІ ПОСЛУГИ, ПРОТОКОЛ, МЕРЕЖА, WDM PON.

**Об'єкт дослідження** – це широкополосна мережа на основі FTTx широкосмуговий доступ по ОВ.

**Предмет дослідження** – це метод управління трафіком в мережах мережа на основі технології FTTx

**Мета роботи** - розробка моделі пасивної оптичної інфраструктури, призначена для нейтрального оператора, який робить свою оптоволоконну мережу доступною для різних кабельних операторів.

**Методи дослідження** - для вирішення перелічених завдань у роботі використано методи теорії ймовірності, математичної статистики та імітаційного моделювання.

Матеріали кваліфікаційної роботи рекомендується використовувати на реальних пасивних оптичних мережах, а також у навчальних цілях.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	7
ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ .....	12
1.1. Звичайна стара телефонна служба: POTS .....	12
1.2. Цифрова мережа з інтеграцією послуг: ISDN .....	13
1.4 . xDSL .....	18
1.5. Посилання "точка-точка" .....	20
1.6. Переваги оптики .....	22
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОЦІНКА МЕРЕЖІ WDM GPON .....	34
2.1. Проектування мережі доступу GPON FTTH .....	34
2.2. Оціночне рішення .....	45
2.3. Житлове рішення .....	52
2.4. Бізнес-рішення .....	54
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	55
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....	67
ВИСНОВКИ .....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	76

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

**ANSI** - American National Standards Institute - американський національний інститут стандартів

**APON** - ATM PON – перший стандарт пасивних оптичних мереж ІТУ-Т G.983.x, що базується на транспорті осередків АТМ.

**АТМ** - (від англ. Asynchronous Transfer Mode) - асинхронний спосіб передачі даних.

**BPON** - Broadband PON - стандарт широкопasmового пасивної оптичної мережі, рекомендація ІТУ-Т G.983.3, що з'явився розширеним варіантом АРОН.

**СО** - Central Office - місцева станція

**СРЕ** - Customer Premises Equipment - мережа в приміщенні користувача

**DWDM** - Dense Wavelength Division Multiplexing - компактне спектральне ущільнення

**ETSI** - European Telecommunications Standards Institute - Європейський Інститут Телекомунікаційних Стандартів

**FTTB** - Fiber To The Building - доведення кабелю з ОВ до будівлі

**FTTC** - Fiber To The Curb - доведення кабелю з ОВ до того місця, де встановлено кабельний шафа

**FTTH** - Fiber To The Home - доведення кабелю з ОВ до житлового будинку

**FTTO** - Fiber To The Office - доведення кабелю з ОВ до офісу

**FTTOpt** - Fiber To The Optimum - загальна аббревіатура, що означає доведення кабелю з ОВ до якоїсь оптимальної, з точки зору Оператора та/або користувача, точки)

**FTTP** - Fiber To The Premises - доведення кабелю з ОВ до приміщення клієнта

**HDTV** - (від англ. High-Definition Television) - телебачення високої чіткості

**IP** - (від англ. Internet Protocol) - межсетевой протокол

**ITU-T** - (від англ. International Telecommunication Union, Telecommunication sector) - Міжнародний союз електрозв'язку

**GPON** - Gigabit PON - стандарт пасивних оптичних мереж ITU-T G.984.3, що розглядається як органічне продовження APON/BPON

**GEAPON** - Gigabit Ethernet PON - стандарт пасивних оптичних мереж IEEE 802.3ah, що базується на Gigabit Ethernet і забезпечує повну сумісність з IP-мережами.

**POP** - Point of Presence - інтерфейс між мережами різних Операторів; дослівно - точка присутності

**PON** - Passive Optical Network - це технологія пасивних оптичних мереж

**PMP** - Point-to Multipoint - конфігурація «точка - безліч точок»

**PPP** - Point-to-Point Protocol - протокол «точка-точка»

**OLT** (Optical Line Terminal) - пристрій, що встановлюється в центральному офісі. Це пристрій приймає дані з боку магістральних мереж через інтерфейси SNI (Service Node Interfaces) і формує низхідний потік до абонентських вузлів (прямий потік) по дереву PON.

**ONT** (Optical Network Terminal) - має, з одного боку, абонентські інтерфейси, а з іншого, - інтерфейс для підключення до дерева PON. ONT приймає дані від OLT, конвертує їх і передає абонентам через абонентські інтерфейси UNI (User Network Interfaces)

**ONU** - (від англ. Optical Network Unit) - оптичний мережевий модуль

**OTDR** (англ. OTDR, Optical Time Domain Reflectometer) - прилад для вимірювання параметрів волоконно-оптичних ліній (ВОЛП)

**WDM** (англ. Wavelength-division multiplexing, WDM) - спектральне ущільнення каналів. Технологія, що дозволяє одночасно передавати кілька інформаційних каналів по одному оптичному волокну на різних несучих частотах.



## ВСТУП

*Актуальність теми* Такі вимоги, як висока пропускна здатність і пропускна спроможність для високошвидкісного Інтернету, телебачення високої чіткості "HDTV" і передавання голосу за інтернет-протоколом "VOIP", призводять до пропозицій щодо оптоволокна для домашньої мережі доступу FTTH. FTTH на основі технології гігапасивної оптичної мережі (GPON) - це одна з технологій, яка може надавати послуги Triple Play за розумною ціною. Він використовує тільки пасивне обладнання, за винятком центрального офісу і приміщень замовника. Більшість операторів зв'язку наразі використовують мережі FTTH на основі GPON через його гнучкість у роботі з розширеними технологіями та послугами в майбутньому. Для технології GPON в мережу може бути включено не більше 128 користувачів з максимальним радіусом дії 60 км і максимальною відстанню між послідовними оптичними мережами .термінали 20 км відповідно до специфікації G.984.6 ITU-T. GPON використовує швидкість передавання даних 2,44 Гбіт/с у низхідному напрямку і 1,24 Гбіт/с у висхідному напрямку.

Останніми роками пропускна здатність систем оптичного зв'язку збільшилася в геометричній прогресії, щоб задовольнити потреби в більш високій пропускній спроможності для трафіку даних . Спостерігалось швидке зростання інтернет-трафіку через інтенсивне використання інтернет-послуг, включно з послугами Triple Play і хмарними рішеннями, які запропонували операторам зв'язку безліч нових бізнес-можливостей, таких як надання абонентам додаткових послуг (через рішення Triple Play, такі як Інтернет, Голос і Відео). Багато технологій було прийнято для задоволення потреби у високій пропускній здатності, але вони не враховуються, оскільки очікується довгострокове зростання мереж доступу. Гігабітна пасивна оптична мережа Fiber-To-The-Home (FTTH) на основі GPON є багатообіцяючим рішенням для задоволення зростаючих потреб у вищій пропускній здатності. Ця

технологія, що розвивається, усуває вузьке місце більш високих швидкостей передачі даних .

Оператори широко використовують GPON при впровадженні FTTH, і він став невід'ємною частиною обслуговування послуг, які потребують високої пропускної спроможності, які потребують таких послуг, як хмарні обчислення і послуги Triple Play. Triple-play призначений для надання двох послуг, які потребують смуги пропускання (наприклад, телебачення, доступ до Інтернету, високошвидкісні послуги та послуги з меншою потребою в смузі пропускання), а також телефону поверх одного широкосмугового з'єднання.

Мережі FTTH еволюціонували, щоб знайти економічно ефективні рішення . Розвиток використання одного волокна як для висхідного, так і для низхідного трафіку є значним покращенням. Це мережі типу "точка-багатоточка", в яких волокно під'єднується до пасивних оптичних розгалужувачів, що і дало назву "пасивна оптична мережа". Перший варіант PON Асинхронний PON (APON), нині відомий як широкосмуговий PON (BPON), був розгорнутий у комерційних цілях. Для здійснення передачі даних використовувався протокол Asynchronous Transfer Mode (ATM), що має пропускну здатність вхідного потоку до 622 Мбіт/с. Ethernet PON (EPON) - ще одна альтернатива, стандартизована як IEEE 802.3ah. Він має ту саму архітектуру, що й GPON, і використовує ті самі довжини хвиль, але з іншими протоколами.

У цьому проекті особлива увага приділяється архітектурі оптичних волокон, в якій ми добре пояснимо аналіз пропозиції найбільш вигідної архітектури для реалізації FTTH. Також будуть визначені переваги та недоліки пропонованої архітектури, щоб обґрунтувати реалізацію пропонованої архітектури.

Для обґрунтування рішення щодо реалізації використовується мережеве моделювання. Optisystem відома як одна з найкращих систем оптичного зв'язку, призначена для пакетів моделювання, особливо для тестування, проєктування та оптимізації оптичного з'єднання на фізичному рівні оптичних мереж, особливо широкого спектра, від систем аналогового відеомовлення до міжконтинентальних магістралей. для визначення продуктивності рішення Triple Play - BPON і GPON.

**Мета кваліфікаційної роботи** - розробка моделі пасивної оптичної інфраструктури, призначена для нейтрального оператора, який робить свою оптоволоконну мережу доступною для різних кабельних операторів.

**Об'єкт дослідження** – це широкополосна мережа на основі FTTx широкосмуговий доступ по ОВ.

**Предмет дослідження** – це метод управління трафіком в мережах мережа на основі технології FTTx

**Методи дослідження** - для вирішення перелічених завдань у роботі використано методи теорії ймовірності, математичної статистики та імітаційного моделювання.

**Практичне значення одержаних результатів.** Матеріали кваліфікаційної роботи рекомендується використовувати на реальних пасивних оптичних мережах, а також у навчальних цілях.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ

Інноваційні технології доступу змінюють старі способи доступу до телекомунікаційних послуг. Насправді не лише постійні користувачі мають ширше коло потенційних постачальників і технологічних варіантів, а й нові інтерфейси та технології дозволяють новим користувачам виходити на ринок, як це дозволено регулюючими органами. Ця конкуренція може також стимулювати оригінальні послуги, які можуть підтримуватися новими технологіями. Дуже динамічна еволюція в проєктуванні мереж доступу обіцяє великі переваги для клієнтів і галузі.

Мережі доступу до телефонії з'явилися з перших днів існування телефону. Вони були розширені, щоб охопити більшість підприємств і будинків у світі. Крім того, мережі кабельного телебачення існують уже багато років. Тому еволюція мереж доступу повинна враховувати величезні успадковані мережі, що існують у всьому світі.

### **1.1. Звичайна стара телефонна служба: POTS**

Ця телефонна послуга відноситься до мережі, яка підтримує надання більшості основних аналогових голосових телефонних послуг, а також низькошвидкісних послуг передавання даних, що доставляються з фіксованих місць розташування. Мережа фізичного доступу POTS складається здебільшого з мідних дротів із набором пар, які йдуть від кожного підприємства або будинку користувача до локальної станції. При розподілі пар гнучкість визначається в "точках гнучкості" між місцевою станцією і користувачем. Це дає змогу мережі мати більше можливостей, щоб справлятися з багатьма змінами в моделях зростання, тільки коли безперервний кабель прокладено від кожного користувача до станції. Відстань, що відокремлює користувачів від біржі, становить від кількох сотень метрів до десятків кілометрів.

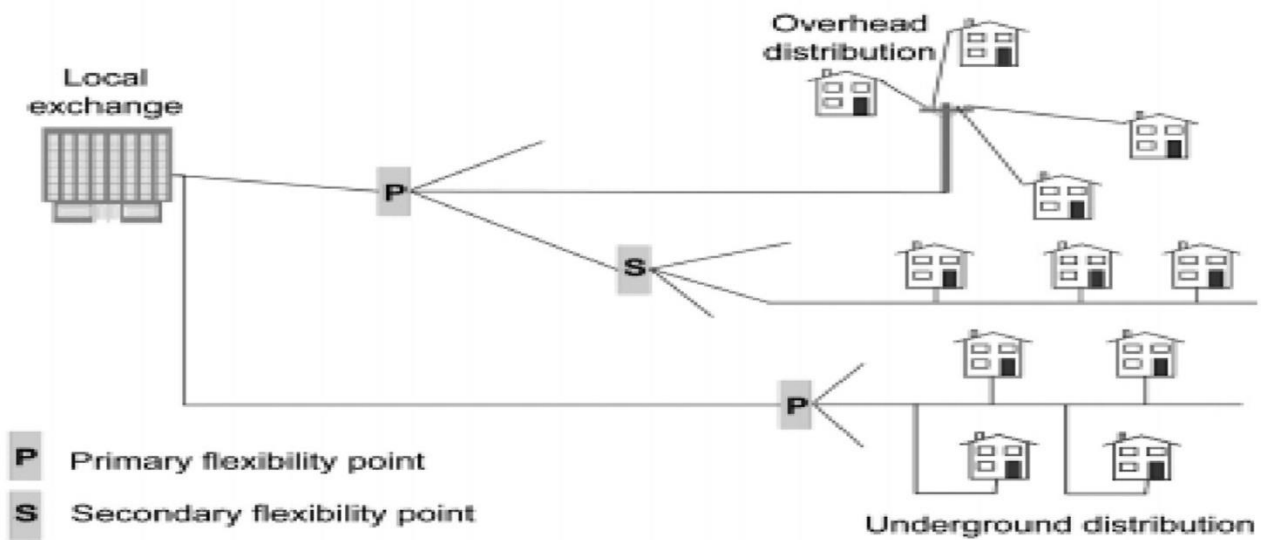


Рис. 1.1. Мережа доступу POTS

Дозволена пропускна спроможність достатня для багатьох послуг, доступних нині в Інтернеті, але недостатня для завантаження великих файлів і дозволяє тільки відео в реальному часі [5].

## 1.2. Цифрова мережа з інтеграцією послуг: ISDN

ISDN була першою серйозною спробою визнати необхідність телекомунікаційних мереж. Замість надання аналогових каналів 4 кГц і перетворення цифрових даних в аналогові сигнали, цифрова мережа з інтеграцією послуг була заснована на цифрових каналах 64 кбіт/с. Усі аналогові послуги, такі як голос, перетворюються на цифрові сигнали для передачі по ISDN. Як правило, ISDN надається в існуючій мідній мережі доступу і пропонується користувачам у двох формах:

- З'єднання з базовою швидкістю, що забезпечує два канали сигналізації 64 кбіт/с, які можна об'єднати для забезпечення каналу 128 кбіт/с;
- Послуга первинної швидкості, яка забезпечує тридцять 64 кбіт/с плюс канал сигналізації зі з'єднанням 2 Мбіт/с.

### ***1.2.1. Виділені лінії та бездротова локальна мережа***

Виділені лінії пропонують користувачам постійне (або напівпостійне) з'єднання між двома кінцевими точками, наприклад з'єднання між головним офісом і місцевим відділенням банку. Основна відмінність використання мережі доступу полягає в тому, що перемикання для кожного виклику не обробляється після того, як лінія досягає локального обміну.

Замість волоконних або мідних кабелів бездротовий зв'язок може використовуватися як канал для підключення користувачів до локального комутатора для останньої частини фіксованого каналу або повного каналу. Який відомий як бездротова локальна петля. Насправді його часто використовують замість ISDN-з'єднання або звичайного телефону, незважаючи на те, що широкополосні системи починають з'являтися. Посилання з високою пропускнуною спроможністю занадто часто обробляються, щоб зв'язати великих користувачів з їхнім локальним комутатором. Додавання нових клієнтів відбувається відносно швидко, коли базова станція вже створена. Це не вимагає багато чого в цивільному будівництві. Фактично; WLL страждає від високої вартості обладнання порівняно з мідними кабелями та особливо від звичайних проблем, пов'язаних з радіо, наприклад, тіней, викликаних високими будівлями та обмеженим спектром. 80% вартості кабельної системи оцінюється в монтажі, а решта в обладнанні. Беручи до уваги, що для радіосистеми 80% присвячено обладнанню і 20% вартості установки. За оцінками, вартість радіообладнання буде швидко знижуватися, в той час як знизити вартість прокладки кабелю в дуже значній мірі складно. Ось чому; Очікується, що WLL стане гарною пропозицією для мережевих операторів.

### ***1.2.2. Еволюція і тенденції технологій широкополосного доступу***

В даний час парадигма широкополосного доступу демонструє виняткове зростання і є невід'ємною частиною повсякденного життя мільярдів людей. Очікується, що ця парадигма розвиватиметься в бік повного широкополосного зв'язку завдяки більшій кількості каналів у майбутньому, а також меншій затримки та вищої

пропускної здатності для задоволення потреб кінцевих користувачів". Пропускна здатність виділеної лінії і попит на Інтернет продовжують зростати більш ніж на 20% на рік, що зумовлено зростанням потокового відео, а також поширенням хмарних обчислень, соціальних мереж, великих даних і доставки мобільних даних . Попередній приблизний загальний обсяг відеотрафіку зв'язку в 2020 році, що передається через стаціонарні та мобільні системи, більш ніж у 2600 разів перевищує трафік у 2010 році. Що стосується мобільних даних, глобальні підписки на широкосмуговий зв'язок зростали приблизно на 35% на рік і досягли 2,3 мільярда в першому кварталі. 2014; за прогнозами, в 2019 році їх кількість досягне 7,6 мільярда. Зростання також буде прискорено завдяки новим типам комунікаційних послуг, таких як послуги з урахуванням близькості, що містять зв'язок D2D (пристрій-пристрій), який забезпечує пряме з'єднання між бездротовими пристроями з використанням одного й того самого інтерфейсу, а також спектр, крім того, зв'язок M2M (машина-машина). У 2018 році глобальний IP-трафік досягне 1,6 зеттабайта на рік або 131,6 ексабайта на місяць. Глобальний IP-трафік збільшився більш ніж у п'ять разів за останні 5 років .

До 2020 року відеотрафік становитиме 80% майже всього IP-трафіку у світі.

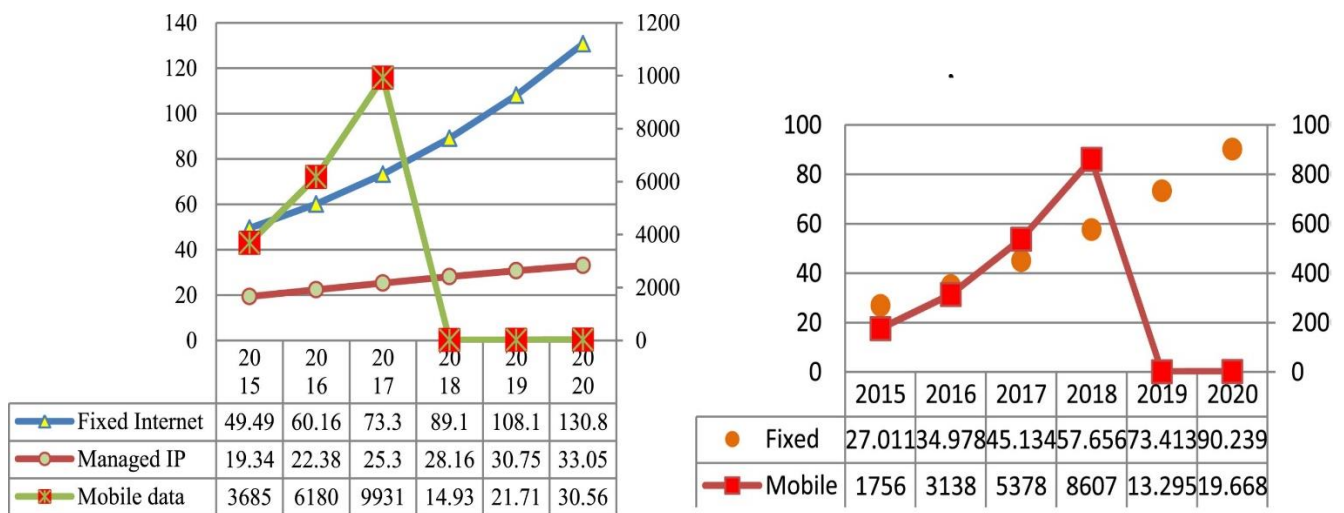


Рис. 1.2. Еволюція трафіку IP.

Світовий споживач інтернет-відео по мережі, 2015-2020 рр. Споживчий - включає фіксований IP-трафік, що генерується домашніми господарствами, студентами університетів та інтернет-кафе;

Мобільний телефон - включає мобільні дані та інтернет-трафік, що генеруються мобільними телефонами, картами для ноутбуків і шлюзами мобільного широкосмугового доступу;

Інтернет. Позначає весь IP-трафік, що проходить через магістраль Інтернету.

### ***1.2.2. Мережі доступу***

Провідні мережі широкосмугового доступу забезпечують і обіцяють пропускну здатність для приміщень користувачів. Середовищем, що використовується в приміщенні користувача, може бути оптичне волокно, гібрид міді та волокна, коаксіальний кабель або кручена пара.

### ***1.3.1. Мережі доступу широкосмугові провідні***

Широкосмугові послуги зазвичай належать до "triple play". Послуга, що підтримує телефон, широкосмуговий доступ до Інтернету і телебачення поверх одного широкосмугового з'єднання. Усі типи дротових мереж доступу існують одночасно в глобальному розгортанні широкосмугового зв'язку. Пасивні оптичні мережі (PON) дають змогу користувачам підключатися до широкосмугових мереж з використанням оптоволокна з чудовою пропускну здатністю до 1 Гбіт/с. PON є найбільш схваленою мережею доступу у світі. xDSL забезпечує переваги наявних телефонних ліній; таким чином, це є загальноприйнятим у країнах із багатими ресурсами мідних ліній. Сучасні технології xDSL, такі як VDSL і VDSL2/2+, здатні забезпечити пропускну здатність понад 50 Мбіт/с на відстані багатьох сотень метрів від приміщень користувача до центрального офісу. Наприклад, Ethernet може забезпечити швидкість 100 Мбіт/с на невеликій відстані, зазвичай менше 100 м. У деяких сценаріях мідні технології та PON об'єднуються для досягнення більш високої продуктивності та низької вартості розгортання.



PON може з'єднати сигнал з бордюром, після чого телефонна лінія або кручена пара можуть довести сигнал до приміщення користувача через xDSL або Ethernet. У наступних розділах будуть детально описані ці технології дротових мереж доступу, зокрема вита пара, PON, мідно-волоконний гібрид, xDSL і коаксіальний кабель.

Порівняно з міддю оптоволоконно має майже нескінченну пропускну здатність. Оптичне волокно поступово застосовується в мережах доступу замість міді, що значно знижує експлуатаційні витрати при одночасному підвищенні продуктивності мережі. Поява PON надає операторам практичне рішення "останньої милі". Технології PON використовують оптичне волокно як середовище передачі. Оптична розподільна мережа (ODN) складається з оптоволоконних розподільних коробок, оптичних розгалужувачів потужності тощо. PON доставляє або об'єднує сигнал для кожного блоку оптичної мережі (ONU) оптичного мережевого терміналу (ONT) через розгалужувачі потужності. Базова архітектура технології PON показана на рис. 4.. Ключовими пристроями та елементами PON є термінал оптичної лінії (OLT), який зазвичай розміщують у центральному офісі операторів, ODN і ONU/ONT на користувацьких кінцях. В OLT служби голосу і даних об'єднуються і передаються на довжині хвилі вище 1490 нм у низхідному напрямку, тоді як 1310 нм передаються у висхідному напрямку.

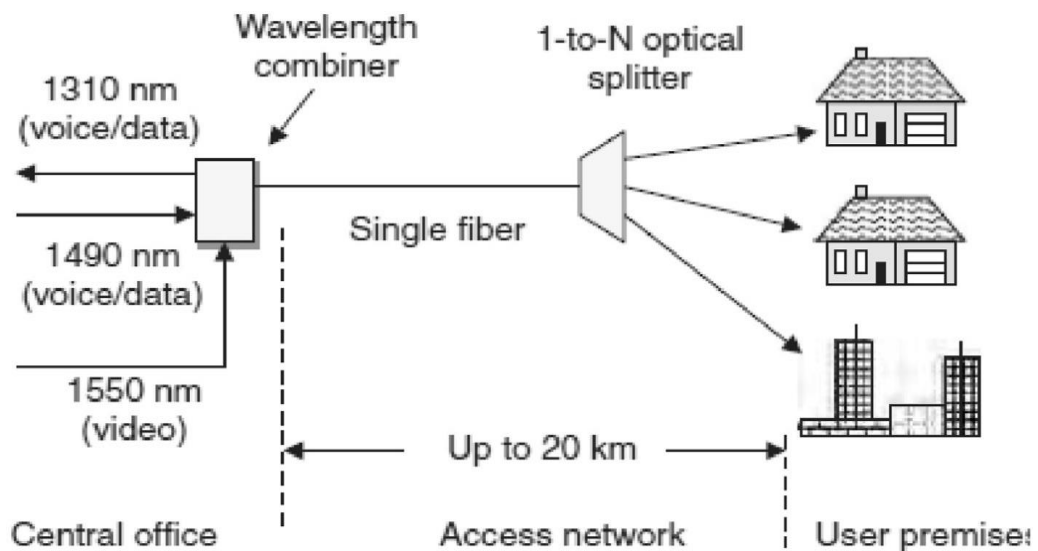


Рис. 1.3. Архітектура технології PON

## 1.4 . xDSL

Існують різні технології цифрової абонентської лінії , наприклад, RADSL (DSL з автоматичною адаптацією швидкості), VDSL (DSL з дуже високою швидкістю передавання), ADSL (асиметрична DSL) і HDSL (високошвидкісний DSL). Ці технології DSL називаються xDSL через простоту. Глобальні системні архітектури технологій DSL аналогічні і водночас відрізняються швидкістю передавання даних, методами реалізації та охопленням. xDSL, особливо VDSL і ADSL, широко поширені в усьому світі, оскільки вони використовують переваги основного популярного засобу передачі даних - мідної телефонної лінії. Користуючись послугами широкосмугового доступу; користувачі також можуть скористатися послугами телефонного зв'язку. Нині кандидатами на широкосмуговий доступ є VDSL і ADSL, як показано на рис.

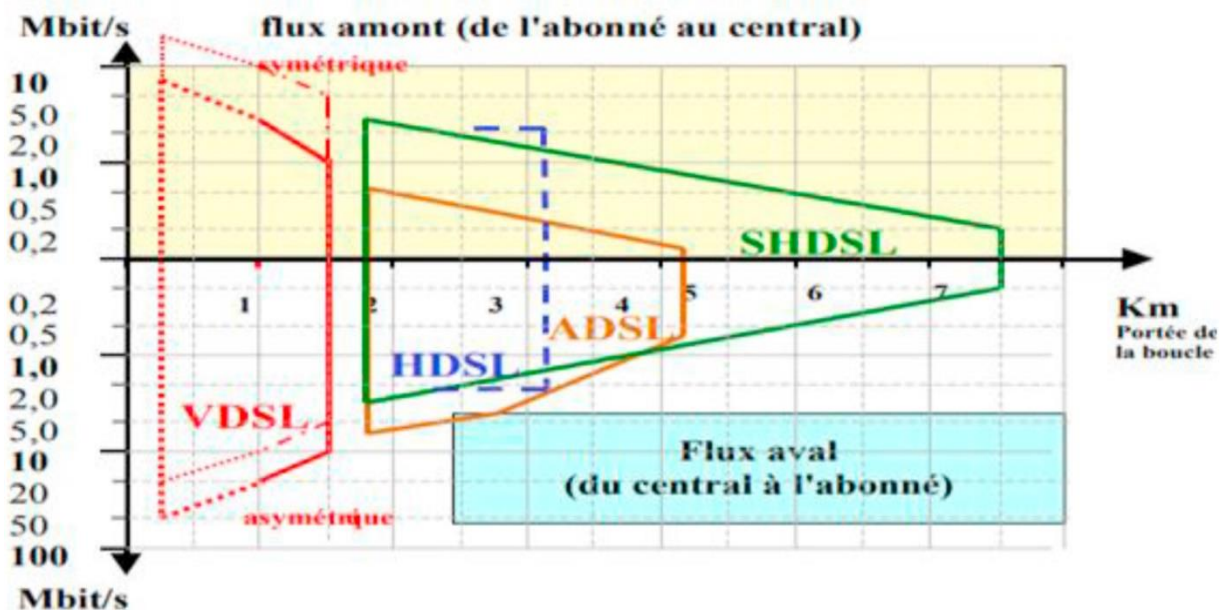


Рис. 1.4. Діапазон місцевого шлейфу для різних систем DSL

Прикладна технологія PON для забезпечення широкосмугового підключення в мережі доступу для малих підприємств, як правило, багатоквартирних будинків і будинків називається волокно-к-х. Цей додаток розшифровується як FTTx . X - це

буква, що вказує, наскільки близько кінцева точка оптоволоконна підходить до фактичного користувача, як показано на рис.

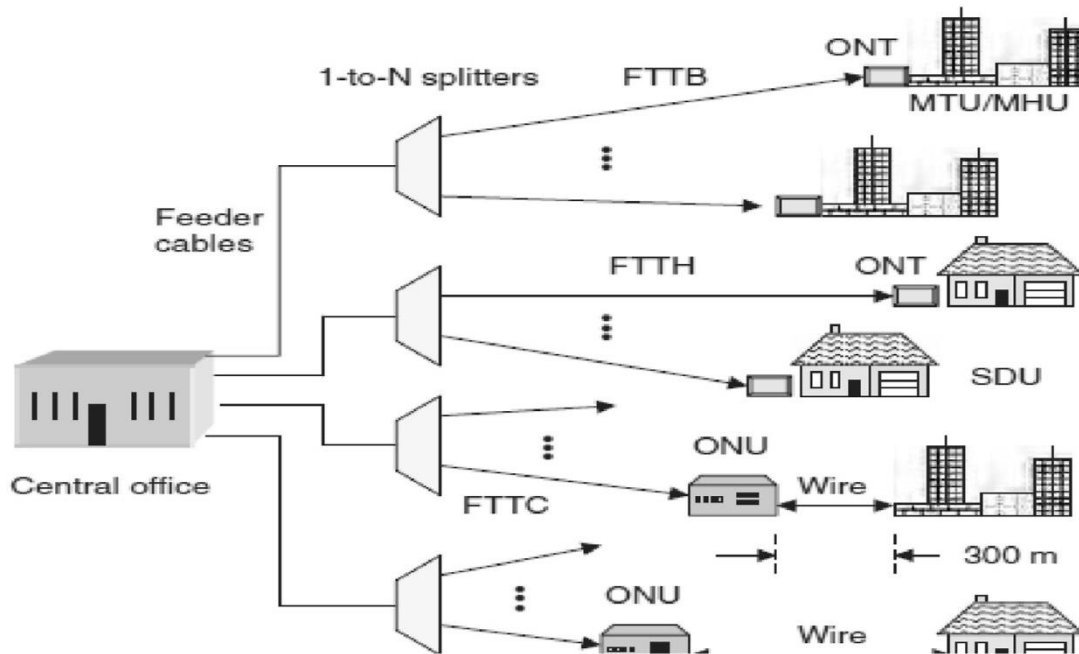


Рис. 1.5. Сценарії FTTx.

У технічній і комерційній літературі трапляються такі скорочення :

- Волокно для бізнесу (FTTB): відноситься до розгортання оптоволоконна безпосередньо від комутатора центрального офісу до підприємства;
- Fiber To The Curb (FTTC): пояснити прокладання оптоволоконних кабелів від обладнання центрального офісу до комунікаційного комутатора, розташованого в межах 1000 футів (близько 300 м) від підприємства або будинку;
- FTTH: відноситься до розгортання оптоволоконна безпосередньо від комутатора центрального офісу до будинку. Різниця між FTTH і FTTB полягає в тому, що підприємствам зазвичай потрібна більш висока пропускну здатність протягом більшої частини дня, ніж домашнім користувачам.
- Fiber To The Neighborhood FTTN: відноситься до архітектури PON, в якій оптоволоконні кабелі проходять в межах 3000 футів,
- Оптоволоконно до офісу FTTO: аналогічно FTTB, в якому оптичний шлях доставляється до приміщення бізнес-клієнта.

## 1.5. Посилання "точка-точка"

Архітектура, що складається з двоточкових каналів Ethernet, являє собою конкуруючу технологію мереж доступу. Як показано на рис. 7, одним із варіантів OAN Ethernet "точка-точка" є наявність виділених волокон, прокладених між центральним офісом і комутаторами Ethernet, призначеними для окремих абонентів. Лінії можуть працювати на швидкості 10 Гбіт/с на відстані до 10 км. Для такого сценарію потрібна велика кількість волоконно-оптичних ліній, кожна з яких має свої власні оптичні приймачі-передавачі. Таким чином, цей тип мережі корисний тільки в тому випадку, якщо кожному абоненту потрібна майже повна пропускна здатність, пропонована гігабітною лінією Ethernet

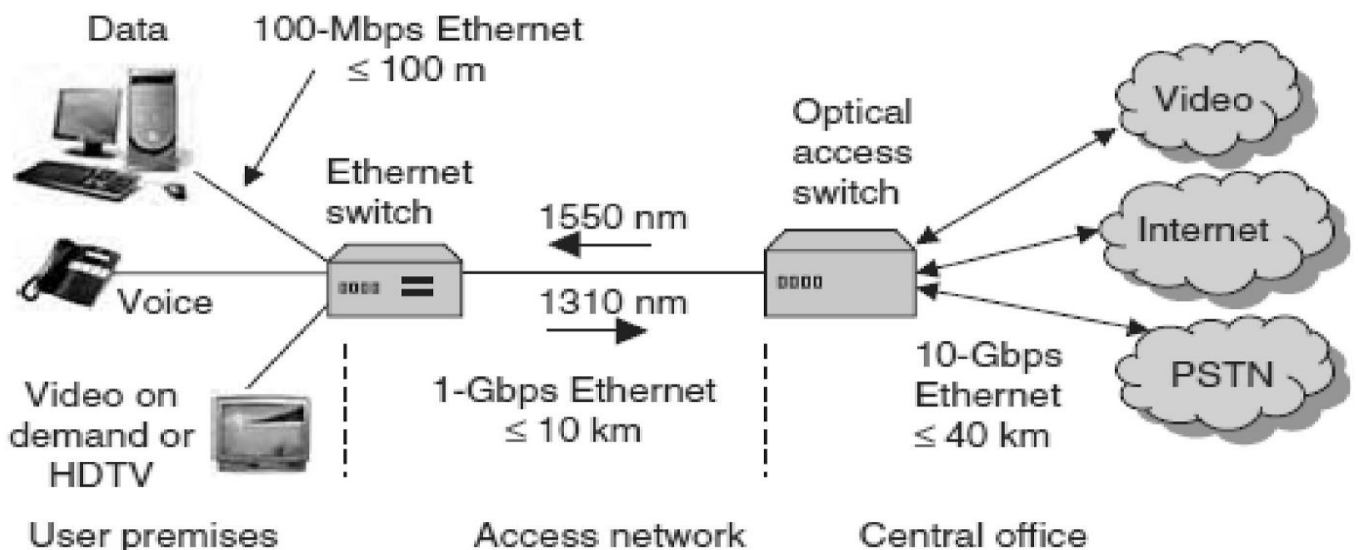


Рис. 1.6. Посилання "точка-точка"

Мережа оптичного доступу Ethernet "точка-точка".

За останні кілька десятиліть оптичні мережі продемонстрували значне зростання за рахунок розгортання оптоволокна в сегментах опорної мережі та метро. Високопродуктивні системи на основі щільного мультиплексування з розподілом по довжині хвилі (DWDM) забезпечують постійно зростаючу смугу пропускання для задоволення зростаючих потреб як в передачі даних, так і в голосовому зв'язку. З іншого боку, використання оптичних волокон для мереж доступу далеко позаду і

тільки починає проникати на ринок, де в основному домінують рішення на основі міді. Місцеві петлі, що працюють з оптичним волокном для каналів доступу, відомі як системи "волокно в петлі". FTTx, "x" може означати "будівля", "будинок", "приміщення", "бордюр" тощо, особливо залежно від того, наскільки глибоко у користувача прокладено волокно. FTTx, який наближає оптоволоконні мережі з високою пропускнуою здатністю до кінцевих користувачів, здається, найкраще підходить для мереж доступу наступного покоління. FTTx вважається ідеальним рішенням для мереж доступу через невід'ємні переваги оптичного волокна в контексті великої пропускнуої спроможності, низької вартості, невеликого розміру та ваги, а також його несприйнятливості до перехресних перешкод та електромагнітних завад. У наступному розділі ми представимо доступ до оптоволоконного кабелю .

### ***1.5.1. Оптичні мережі доступу***

PON представляються ідеальним рішенням для мереж з високошвидкісним доступом. Оптичні технології здатні забезпечити широкосмуговий доступ, достатній для надання всім абонентам існуючих та перспективних послуг зв'язку. Тому розбудова волоконно-оптичної мережі доступу з наближенням оптичного волокна до абонента є вельми актуальним завданням.

Застосування волокна на мережах доступу передбачає сумісну роботу з існуючою розгалуженою мережею, побудованою на симетричних та коаксіальних кабелях.

### ***1.5.2. Оптоволокно***

Оптичне волокно являє собою тонкий гнучкий і прозорий дріт, пристосований для поширення світла. Оптичне волокно використовується з таких причин :

- Світлові хвилі не можуть без втрат проходити великі відстані в повітрі;
- Оптичні хвилі можна спрямовувати по оптичному волокну, щоб забезпечити передачу світлових хвиль без втрат.

## 1.6. Переваги оптики

Волоконна оптика має багато переваг перед мідним дротом, зокрема:

- Збільшена пропускна здатність: висока пропускна здатність оптичних волокон забезпечує значно більшу пропускну здатність інформації. Типова ширина смуги для багатомодових (MM) волокон становить від 200 до 600 МГц-км і >10 ГГц-км для одномодових (SM) волокон. Звичайні значення, пов'язані з електричними провідниками, становлять 10 і досягають 25 МГц-км;
- Несприйнятливість до електромагнітних/радіочастотних перешкод: оптичні волокна несприйнятливі до електромагнітних перешкод і не випромінюють випромінювання;
- Менша вартість, розмір і вага: порівняно з мідними провідниками еквівалентної пропускної спроможності, волоконно-оптичні кабелі простіші у встановленні, потребують менше місця в кабельних каналах, важать у 10-15 разів менше і коштують менше, ніж мідні;
- Менші втрати: оптичне волокно має нижче загасання (втрата інтенсивності сигналу), ніж мідні провідники, що дає змогу використовувати довші кабелі та менше повторювачів;
- Відсутність іскор і коротких замикань: волоконна оптика не випускає іскор і не спричиняє коротких замикань, що важливо у вибухонебезпечних газах або горючих середовищах;
- Безпека: оскільки оптоволоконні системи не випромінюють радіочастотні сигнали, до них важко підключитися, не будучи виявленими;
- Заземлення: оптоволоконні кабелі не мають металевих жил; отже, вони не становлять небезпеки ураження електричним струмом, властивої мідним кабелям;
- Електрична ізоляція: оптоволоконно дозволяє передавати дані між двома точками незалежно від електричного потенціалу між ними.

### 1.6.1. Компоненти оптоволоконної лінії зв'язку

Щоб показати, як працюють оптоволоконні додатки, ми знаходимо чотири важливих компоненти оптоволоконного з'єднання (рис. 1.7).

- Оптичний передавач ;
- Оптичне волокно/кабель;
- Оптичний приймач.

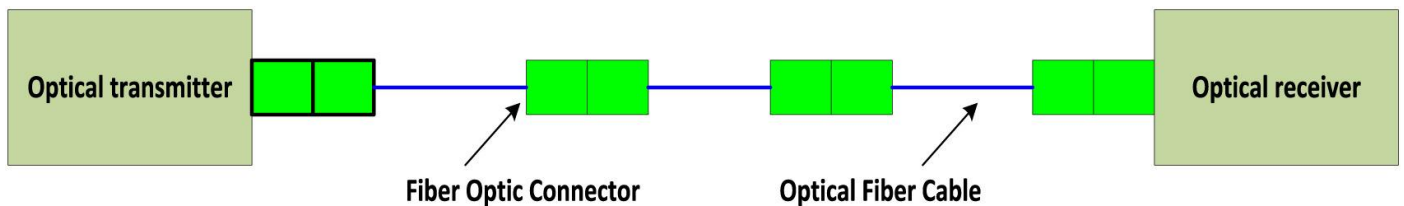


Рис. 1.7. Передавач оптоволоконного зв'язку

Передавач перетворює електричні оптичні сигнали. Передавач містить джерело світла, таке як світловипромінювальний діод (LED):

Лазерний діод управляється сильно розвиненим струмом, зазвичай приблизно в 10 разів більшим, ніж звичайний світлодіод . На рис. показано світловий потік звичайного світлодіода і лазерного діода.

Оптичне волокно/кабель.

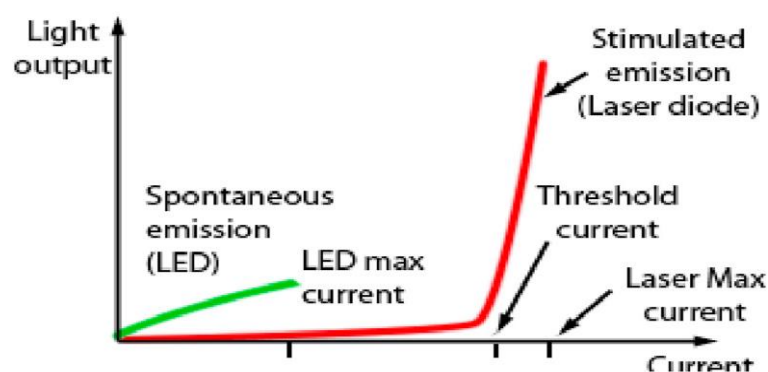


Рис. 1.8. Порівняння світлодіода і лазерного діода

Оптичне волокно складається з трьох концентричних шарів :

Серцевина: ця центральна частина, зроблена з кварцу або легovanого кварцу, є світлопропускною областю волокна;

Оболонка: це перший шар навколо ядра. Його готують із кремнеземом, але не такого складу, як у ядрі.

Покриття: це перший неоптичний шар навколо оболонки. Покриття зазвичай складається з одного або декількох шарів полімеру.

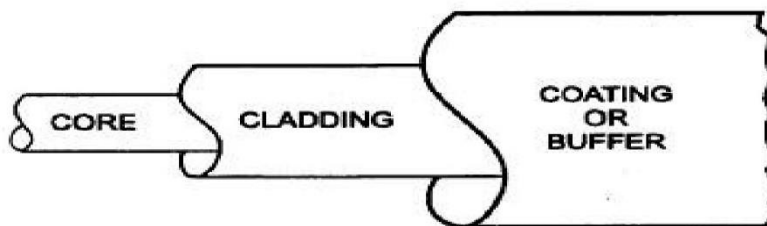


Рис. 1.9. Базова структура оптичного волокна.

Нині існує 2 комерційно використовуваних режими: одномодове волокно і багатомодове волокно.

Одномодове волокно має меншу серцевину (в діаметрі), що означає, що одночасно може проходити тільки одна мода. Multi-mode дозволяє пропускати кілька режимів через більше ядро. Однак одномодова передача є дорогавартісною справою через менший діаметр серцевини та більш дорогі лазери, пов'язані з нею.

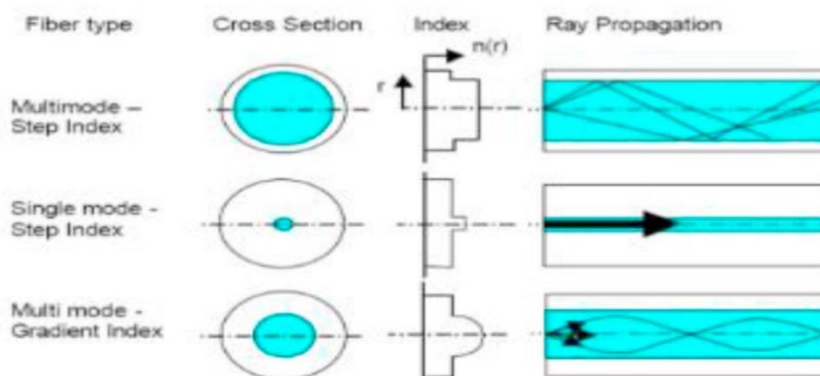


Рис. 1.10. Моди поширення оптичного волокна



Загасання сигналу є однією з важливих характеристик оптичного волокна, оскільки воно визначає максимальну відстань між приймачем і передавачем.

Світло, що поширюється оптичним волокном, втрачає потужність із відстанню. Символ  $\alpha$  зазвичай використовується для визначення загасання в децибелах на кілометр. Розраховується таким чином:

$$\alpha = \frac{10}{L} \log \left( \frac{P_{in}}{P_{out}} \right), \quad (1.1)$$

Розсіювання Дисперсія визначається як успадкована властивість волокна, яка може бути пов'язана з розпливанням оптичного імпульсу в часовій області через різницю швидкостей різних спектральних компонентів, пов'язаних з оптичним імпульсом.

Дисперсія визначається як успадкована властивість волокна, яка може бути пов'язана з розпливанням оптичного імпульсу в часовій області через різницю швидкостей різних спектральних компонентів, пов'язаних з оптичним імпульсом.

**Детектори світла.** Детектори складаються з декількох основних типів фотодіодів, найпоширенішими з яких є позитивні внутрішні негативні (PIN) і лавинні фотодіоди (APD). Детектори світла служать для зворотного процесу, здійснюваного джерелами світла, перетворюючи оптичну енергію назад в електричну .

➤ PINs: генерує один електрон з кожного отриманого фотона  $i$ , отже, не забезпечує значного посилення або збільшення потужності сигналу.

➤ APD більш чутливі, ніж PIN-діоди, оскільки вони використовують сильне електричне поле для прискорення потоку електронів у напівпровіднику.

**Оцінка посилення.** Перевірити й оцінити якість оптичного каналу ; ми зосередилися на аналізі параметрів очкової діаграми. Визначаються 4 параметри: джиттер, частота помилок за бітами відкриття ока (BER) і максимальна добротність .

Висота ока: вказує відстань від основи до вершини ока, виміряну за допомогою напруги. Діаграма значення висоти ока становить приблизно 5,5 мкВ, тоді як за

чутливості -18 дБм. Допустиме значення висоти очкової діаграми становить близько 10 мкВ).

Коефіцієнт максимальної добротності: відноситься, зокрема, до якості створеної очкової діаграми для інтерпретації. Допустимий максимальний коефіцієнт добротності становить близько 6 у реальній системі зв'язку для досягнення значення BER, відповідного  $1 \times 10^{-9}$ .

Джиттер: Детермінований джиттер відноситься до зсуву, який відбувається за похідною і вбудованим часом прийнятого сигналу і вимірюється відповідно до тривалості в точці перетину. Він вимірюється в UI (одичний інтервал), і максимальне значення становить 0,2 UI.

Область ока: відноситься до відстані між рівнями біта 0 і біта 1 і відстані між правим і лівим перетином вбудованих похідних у часі. Ширина цієї області важлива в процесі диференціації біта 1 і біта 0, а також послідовності першого і другого бітів.

### 1.6.2. Архітектура OAN

Оптична частина системи локальної мережі доступу може бути як активною, так і пасивною. На рис розглянуті архітектури, які варуються від FTTH, FTTB/C та оптоволокна до шафи (FTTCab). OAN є спільним для всіх архітектур.

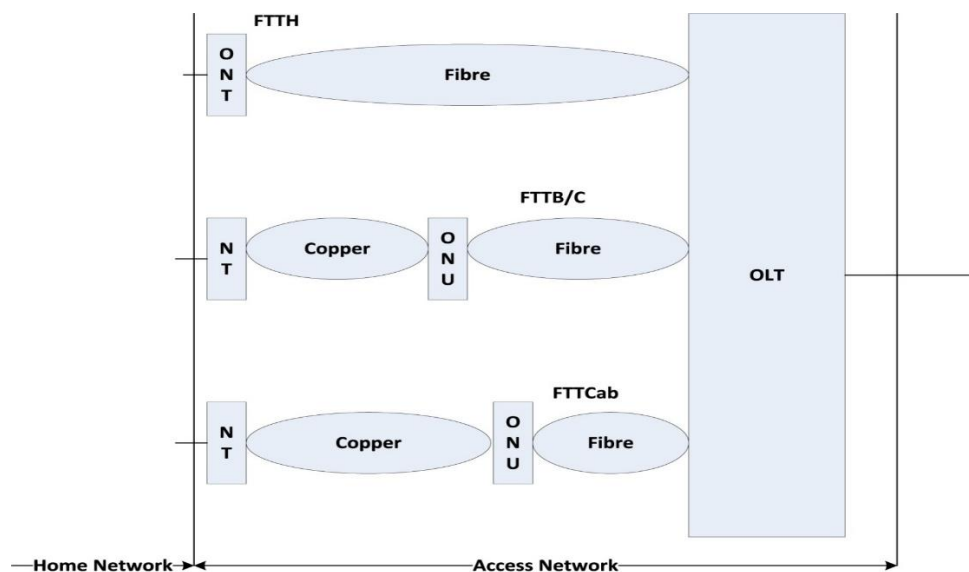


Рис. 1.11. Мережева архітектура

Відмінності у варіантах мережі FTTCab, FTTC, FTTB і FTTH в основному полягають у різних підтримуваних послугах.

### **1.6.3. Сценарій FTTB**

Сценарій FTTB розділений на два сценарії: один для багатоквартирних будинків, а інший для підприємств. Кожен сценарій має такі категорії послуг.

FTTB для багатоквартирних будинків.

Асиметричні широкосмугові послуги (наприклад, послуги цифрового мовлення, відео за запитом (VOD) і завантаження файлів тощо);

Послуги симетричного широкосмугового зв'язку (наприклад, ширококомвна передача контенту, електронна пошта, обмін файлами, дистанційне навчання, телемедицина та онлайн-ігри тощо);

POTS і ISDN . Мережа доступу повинна надавати послуги вузькосмугового телефонного зв'язку з відповідним часом для впровадження.

FTTB послуги симетричного широкосмугового зв'язку (наприклад, групове програмне забезпечення, ширококомвна передача контенту та електронна пошта, обмін файлами);

POTS і ISDN: мережа доступу повинна гнучко надавати послуги вузькосмугового телефонного зв'язку.

Послуги приватної лінії. Мережі доступу повинні надавати послуги приватних ліній на багатьох швидкостях.

### **1.6.4. Сценарій FTTC і FTTCab**

Для цього сценарію було виділено такі категорії послуг:

Послуги асиметричного широкосмугового зв'язку (наприклад, послуги цифрового мовлення, відео за запитом і завантаження файлів, онлайн-ігри);

Послуги симетричного широкосмугового зв'язку (наприклад, ширококомвна передача контенту, електронна пошта, обмін файлами, дистанційне навчання і телемедицина);

POTS та ISDN. Мережа доступу повинна надавати послуги вузькосмугового телефонного зв'язку з відповідним часом для введення;

Транзитне з'єднання xDSL

**3FTTH сценарій.** У межах цього сценарію розглядаються такі категорії послуг:

Послуги асиметричного широкосмугового зв'язку (наприклад, послуги цифрового мовлення, VOD, завантаження файлів тощо);

Послуги симетричного широкосмугового зв'язку (наприклад, ширококомовна передача контенту, електронна пошта, обмін файлами, дистанційне навчання, телемедицина та онлайн-ігри);

**POTS та ISDN.** Мережа доступу повинна мати можливість гнучко надавати послуги вузькосмугового телефонного зв'язку з відповідним часом для впровадження.

**GPON.** Зростаючий попит на більш високі швидкості в мережі доступу і широке використання як ATM, так і Ethernet породили ідею розробки PON з можливостями, що перевершують можливості архітектур BPON і EPON. Основна мета цієї ідеї полягала в розробці універсальної PON з форматом кадру, який міг би ефективно передавати пакети змінної довжини зі швидкістю гігабіт на секунду. Група FSAN зробила таку спробу у квітні 2001 року. Результатом стали серії рекомендацій ITU-T G.984.1-G.984.4 для (GPON) .

**Послуги.** GPON необхідний для підтримки всіх добре відомих нині послуг та інноваційних послуг, обговорюваних для бізнес-клієнтів і домашніх абонентів, завдяки можливостям широкосмугового зв'язку.

**Бітрейт.** GPON призначений для забезпечення швидкості передачі вище або еквівалентної 1,2 Гбіт/с. У результаті GPON визначає 2 комбінації швидкостей передавання таким чином:

1,2 Гбіт/с вгору, 2,4 Гбіт/с вниз;

2,4 Гбіт/с вгору, 2,4 Гбіт/с вниз.

Найважливіша швидкість передачі даних становить 1,2 Гбіт/с вгору і 2,4 Гбіт/с вниз, що становить майже всі розгорнуті та плановані розгортання систем GPON.

### ***1.6.5. Логічне охоплення***

Логічна досяжність - це максимальна відстань між ONU/ONT і OLT, за винятком обмеження фізичного рівня, максимальна логічна досяжність визначається як 60 км в GPON.

### ***1.6.6. Фізичне охоплення***

Фізична досяжність - це максимальна фізична відстань між ONU/ONT і OLT. У GPON визначено два варіанти фізичної досяжності: 10 і 20 км. Передбачається, що 10 км - це максимальна відстань, на якій FP-LD може використовуватися в ONU для високих швидкостей передачі даних, таких як 1,25 Гбіт/с або вище.

**Коефіцієнт поділу.** Більш високий коефіцієнт поділу пов'язаний з GPON, особливо для операторів. Проте, більший коефіцієнт поділу призводить до більшого оптичного поділу, що вимагає поліпшеного бюджету потужності.

### ***1.6.7. Вимоги фізичного рівня***

**Спектральна ширина.** ITU-TG.984.2 визначає деякі специфікації PMD, призначені для OLT і ONU. Для системи, що працює на GPON зі швидкістю низхідного потоку 2488 Мбіт/с і швидкістю висхідного потоку 1244 Мбіт/с, розмір спектра 20 дБ від самого початку був зафіксований на рівні 1 нм. Для обслуговування ONU розгорнуто 0-40 і 20-60 км [ 28 ].

➤ Діапазон загасання

Система EDR GPON використовує оптичні компоненти, зберігає рівні оптичної потужності за допомогою одного з типових класів діапазону загасання: клас C+, клас B+, клас C та має підтримувати максимальну відстань по волокну та максимальну диференціальну відстань по волокну, як зазначено в таблиці 1.1.

## Діапазон загасання

Клас затухання	Діапазон затухання, (дБ)	Максимальний фізичний радіус дії, (км)	Максимальне диференціальне розсіяння по оптоволокну, (км)
Клас В+	13–28	40	40
Клас С	15–30	40	40
Клас С+	17–32	60	40

**1.6.8. Топологія ODN**

ODN заснована на оптоволокну ITU-T G.652 і повинна мати топологію, включно з розташуванням і рівнем ділянки потужності та можливим використанням пасивних оптичних атенюаторів, щоб гарантувати досягнення мінімальних втрат для кожного ONU. Диференціальне волокно ODN завдовжки до 40 км може використовувати нерівний каскад розгалужувачів, у якому найкоротші гілки волокна зазнають найбільшого ступеня розщеплення. На рис. 13 показано випадок класу В + ODN, що підтримує діапазон загасання 13-28 дБ за максимальної фізичної відстані 40 км, а також, наприклад, диференційне волокно 40 км. У цьому прикладі ONU з коротшою оптоволоконною відстанню мають вищий ступінь розщеплення, ніж віддалені ONU (див. рис. 1.12-13).

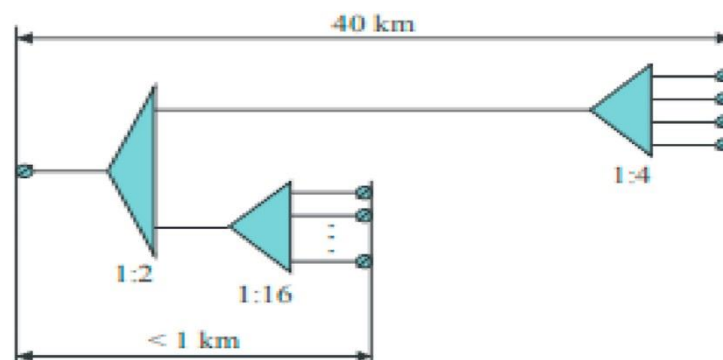
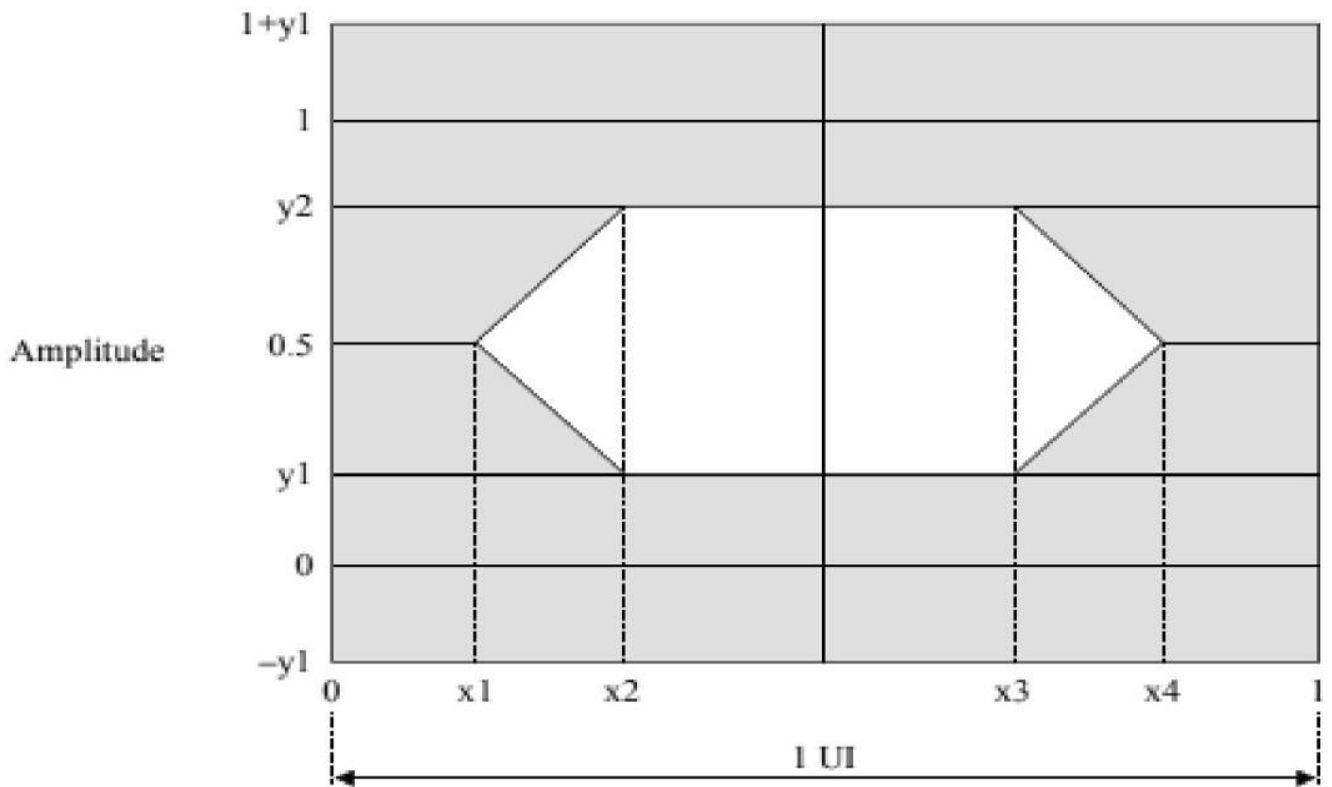
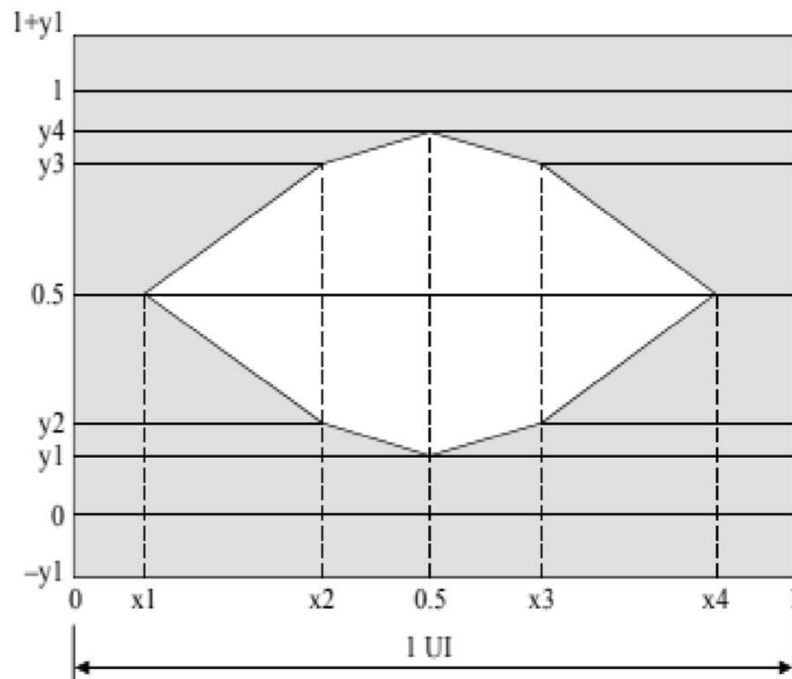


Рис. 1.12. Приклад класу В + ODN, що підтримує диференціальне оптоволокну з радіусом дії 40 км.



	1244.16 Mbit/s	2488.32 Mbit/s
$x1/x4$	0.28/0.72	---
$x2/x3$	0.40/0.60	---
$x3 - x2$	---	0.2
$y1/y2$	0.20/0.80	0.25/0.75

Рис. 1.13. Маска діаграми для сигналу передавання  
в низхідному напрямку.



	155.52 Mbit/s	622.08 Mbit/s	1244.16 Mbit/s	2488.32 Mbit/s
x1/x4	0.10/0.90	0.20/0.80	0.22/0.78	For further study
x2/x3	0.35/0.65	0.40/0.60	0.40/0.60	For further study
y1/y4	0.13/0.87	0.15/0.85	0.17/0.83	For further study
y2/y3	0.20/0.80	0.20/0.80	0.20/0.80	For further study

Рис. 1.14. Маска діаграми для висхідного сигналу передачі.

**Порівняння EPON B-PON GPON.** GPON підтримує коефіцієнт поділу 128 на OLT; кожен спліттер підтримує максимум 64 виходи для користувачів ONT.

Разом виходить:

(2) Максимальна кількість користувачів = 128 (розгалужувачі/OLT) \* 64

(3) (користувачі/розгалужувач) = 8192 (користувачі/OLT)

Для порівняння, стандарт GPON дозволяє збільшити кількість ONT, пов'язаних з OLT з аналогічним заголовком. Пропорції порівняння стандартів B-PON і EPON такі:

(4) Максимальна кількість користувачів GPON / Максимальна кількість користувачів EPON = 8192



(5)  $(\text{Користувачі/OLT}) / 1024 (\text{Користувачі/OLT}) = \text{у } 8 \text{ разів більше користувачів GPON, ніж EPON}$

(6)  $\text{Максимальна кількість користувачів GPON/максимальна кількість користувачів BPON} = 8192$

(7)  $\text{Users/OLT} / 2048 (\text{Users/OLT}) = \text{у } 4 \text{ рази більше користувачів GPON, ніж BPO.}$

Добре відомо, що технологія GPON може знизити вартість розгортання, оскільки вимагає меншої кількості встановлених OLT для покриття заданої області. Що стосується швидкості передачі, GPON також збільшує швидкість передачі даних, про що свідчить таке співвідношення між трьома стандартами:

$\text{RatioGPON/RatioEPON} = 2,488 \text{ Гбіт/с} / 1,422 \text{ Гбіт/с} = \text{у } 2 \text{ рази більше швидкості GPON, ніж EPON}$

(8)  $\text{Відношення GPON/відношення BPON} = 2,488 \text{ Гбіт/с} / 622 \text{ Мбіт/с} = \text{швидкість GPON у } 4 \text{ рази вища, ніж у BPON}$

Він може передавати дані швидше, а також забезпечує підвищену надійність, оскільки має захищений рівень протоколу передачі. Збільшення відстані між різними ONT і заголовком OLT збільшується відповідно до наступних співвідношень:

(9)  $\text{Охоплення GPON/ReachBPON} = 60 \text{ км} / 20 \text{ км} = \text{у } 3 \text{ рази більше охоплення GPON, ніж BPON}$

(10)  $\text{Охоплення GPON/ReachEPON} = 60 \text{ км} / 10 \text{ км} = \text{у } 6 \text{ разів більше охоплення GPON, ніж EPON}$

Нарешті, аналітичні дані, порівнювані між стандартами, показують, що стандартний GPON ідентифікується до чотирьох разів швидше, дає змогу збільшити відстань між ONT і OLT до шести разів, а також підтримує до восьми разів більше додаткових користувачів.

## РОЗДІЛ 2

### ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОЦІНКА МЕРЕЖІ WDM GPON

PON постачатиметься кінцевим користувачам і, як правило, використовується в проектах чистої PON, не включаючи активні мережеві елементи .

#### **2.1. Проектування мережі доступу GPON FTTH**

Відомо, що проектування мережі доступу FTTH є складним завданням; це вимагає компромісу за багатьма факторами, включно з масштабованістю, розміром і вартістю. Не існує стандартної моделі мережі доступу FTTH, яка б ставилася до життєздатності .

Глобальні стандарти не мають широкого застосування, оскільки в країні існують свої відмінні підземні фактори. Необхідно враховувати наземну теплову лінію або лінію замерзання .

Мережа, конкретно розглянута в цьому документі, необхідна для надання послуг (голос, Інтернет-протокол телебачення (IPTV) і даних) у місті Ерріад, Туніс. Через географічний поділ місць розташування та кількість користувачів у кожному місці розташування для підключення цих місць розташування до мережі використовуються FAT, OLT і ONT.

##### ***2.1.1. Мережеві рівні FTTx***

Мережу FTTx можна розглядати як таку, що має різні рівні: оптоволокно, пасивна інфраструктура, включно з повітропроводами, активна мережа, включно з електричним обладнанням; роздрібні послуги, що забезпечують підключення до Інтернету та керовані послуги, як-от IPTV; корпуси й деякі інші зовнішні установки і, звісно ж, кінцеві користувачі.

Існуюча технологічна структура особливо впливає на те, як працює і організовується мережа FTTx.

➤ Пасивна інфраструктура включає в себе всі фізичні елементи, необхідні для побудови оптоволоконної мережі. Це включає в себе фізичні об'єкти, такі як траншеї, оптичне волокно, кожухи оптоволоконна, комутаційні панелі, повітропроводи і стовпи, на яких воно розгорнуто;

➤ Активна мережа відноситься до обладнання електронної мережі, необхідного для того, щоб оживити пасивну інфраструктуру. Ця сторона, що відповідає за фактичний рівень, будуватиме, проектуватиме й експлуатуватиме активну частину мережевого обладнання;

➤ Роздрібні послуги вступають у гру, коли активний і пасивний рівні на місці. Вони являють собою рівень, на якому базові можливості підключення до Інтернету, а також інші керовані послуги, наприклад IPTV, упаковуються і представляються підприємствам і споживачам.

### ***2.1.2. Мережеві елементи***

Проект мережі або каналу FTTx вимагає виконання та встановлення таких параметрів:

- Максимальна дальність передачі;
- Баланс оптичного загасання розроблений для системи;
- Тип волокна і конектора;
- Загасання зі з'єднанням або з'єднанням;
- максимальне відбиття (назад);
- Діапазон механічного терміну служби або старіння.

Типи оптичного волокна

Найкращий вибір оптичного волокна визначається різними параметрами, найважливішими з яких є оптичне загасання та обмежувальна дисперсія. У мережі FTTX завжди використовуються волокна SM .

Кількість волокон на користувача

Точкові системи в основному орієнтовані на використання двох волокон на канал, перше з яких призначене для висхідного, а інше - для низхідного потоку. Роздрібні послуги можуть бути розділені відповідно до визначення ринкових сегментів проекту:

- Бізнес;
- Житловий;
- Державний сектор.

#### а. Житловий

Типові побутові послуги включають:

- Доступ до Інтернету;
- Базова телефонія (з використанням VOIP);
- IPTV.

Роздрібна упаковка, що складається з усіх трьох елементів, називається "triple play".

#### б. Бізнес

Різні великі підприємства вже підключені до оптоволоконних мереж, тому що вони мають високу надійність, широку смугу пропускання і високі вимоги до безпеки, які набагато перевершують вимоги побутового сектору. Ці великі підприємства зазвичай не під'єднані безпосередньо до того ж обладнання (інфраструктури), що й побутові споживачі.

#### в. Державний сектор

Державний сектор дуже важливий при складанні плану мережі FTTH. Школи, бібліотеки, лікарні, лікарські кабінети і будівлі органів місцевого самоврядування вимагають підключення. Ці організації можуть стати якірними орендарями мережі.

#### Опис проєкту

Пропонується модель пасивної оптичної інфраструктури, призначена для нейтрального оператора, який робить свою оптоволоконну мережу доступною для різних кабельних операторів і маніпуляторів на ринку. Наявна модель передбачає розгортання WDM GPON, починаючи з локального обміну в різних областях, в яких

кінцеві користувачі користуватимуться всіма послугами, які може надати тільки оптоволоконна мережа. У проєкті буде враховано таку інформацію:

- Планування та проєктування обраної архітектури мережі для розгортання мережі FTTx, побудованої на мережах WDM PON;
- Надання всіх компонентів, необхідних для розгортання відповідної пасивної оптичної інфраструктури мережі FTTx, що включає від OLT до оптичного роз'єму (ONT) у будинку.

Смуга пропускання, необхідна для всіх додатків для кожного типу користувачів, визначається якістю обслуговування і вартістю.

Приблизний розрахунок пропускної спроможності наведено в Таблицях 2.1-4

Таблиця 2.1

Розрахунку пропускної спроможності

Сервіс\додаток	Типова пропускна можливість
Доступ в інтернет THD	10 Мбит/с
HDTV	12 Мбит/с
IP-телефонія (VOIP)	2 Мбит/с
Онлайн ігри	2 Мбит/с
Загальни	26 Мбит/с

Таблиця 2.2

Розрахунку пропускної спроможності

Сервіс\додаток	Типова пропускна можливість
Доступ в інтернет THD	10 Мбит/с
Відео-конференція	7 Мбит/с
IP-телефонія (VOIP)	2 Мбит/с
FTP	10 Мбит/с
Хмара	10 Мбит/с
Загальни	39 Мбит/с

Таблиця 2.3.

## Розрахунку пропускної спроможності

Сервіс\додаток	Типова пропускна можливість
Доступ в інтернет THD	10 Мбит/с
IP-телефонія (VOIP)	2 Мбит/с
FTP	10 Мбит/с
Хмара	10 Мбит/с
Загальний	32 Мбит/с

Таблиця 2.4

## Розрахунку пропускної спроможності

Заява	Типова пропускна можливість
Доступ в інтернет THD	10 Мбит/с
Відео конференція	5 Мбит/с
IP-телефонія (VOIP)	2 Мбит/с
Камера безпеки	2 Мбит/с
FTP	10 Мбит/с
Хмара	10 Мбит/с
Загальний	40 Мбит/с

Таблиця 2.5

## Зональне обстеження необхідне для виявлення потреб

Тип проживання	Число	Пропускна можливість Мбит/с	Максимальна відстань	Загальна пропускна можливість Мбит/с
Житловий	150	VOIP,данні,IPTV	1,4 км	4500
Університет	7	VOIP,данні,хмара	1,4 км	245
Банк	6	VOIP,данні,відеонагляд,хмара,FTP	1,4 км	240
Бізнес	10	VOIP,данні,відеонагляд,хмара	1,4 км	400
Загальний				5385

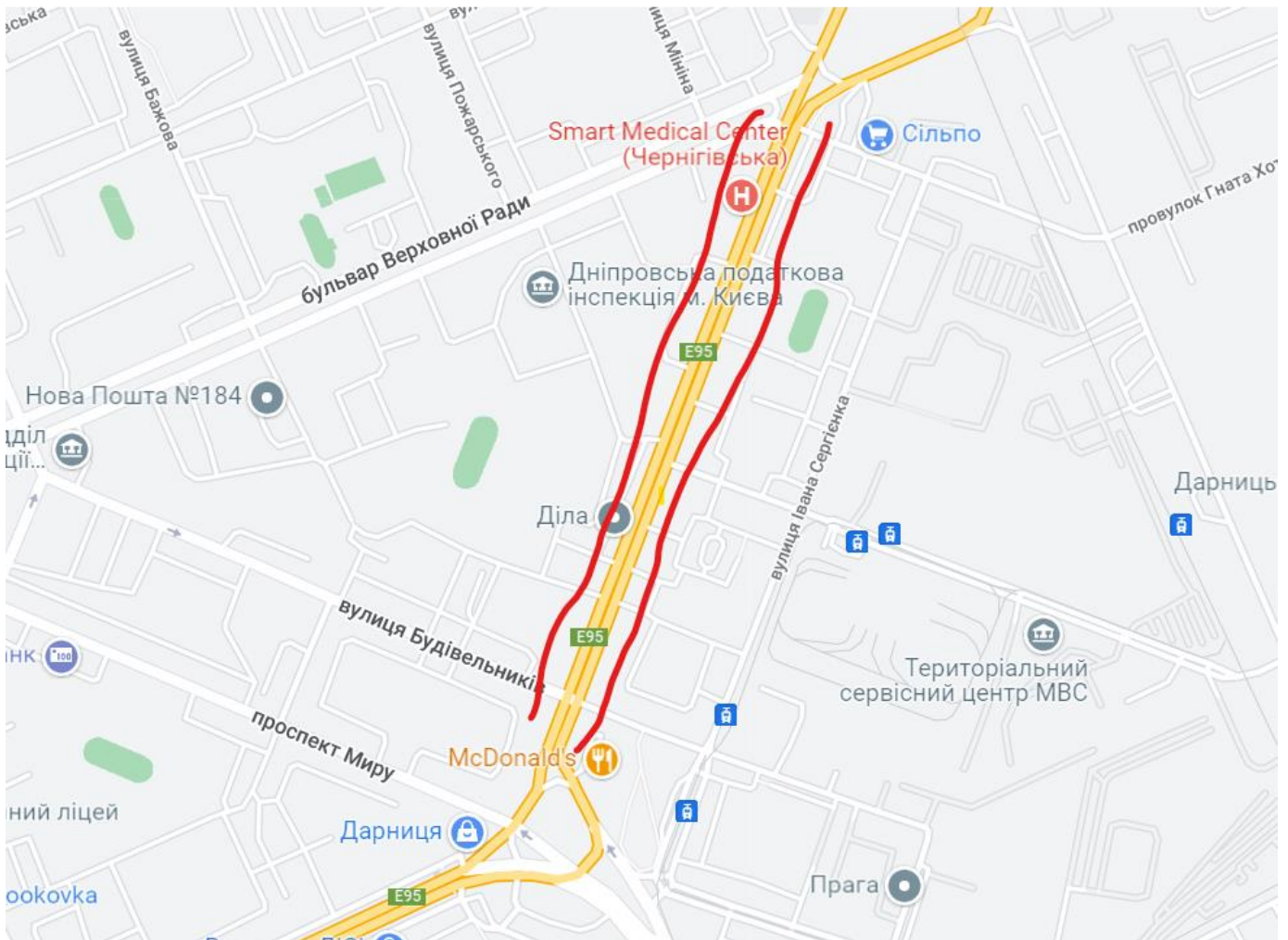


Рис. 2.1. Вулиця об'єкта для проєкту

Рішення 2, показане на мал , може задовольнити всіх користувачів з погляду застосування, але безпека являє собою проблему. Існує безліч рішень. Захисний розгалужувач використовує два волокна, а кільцева конструкція є одним із рішень. Оскільки вартість висока, ми вирішили розділити кожну категорію користувачів в одному сплітері. Це рішення забезпечує безпеку, оскільки один спліттер не працює, а інша категорія не зачіпається. Схема FTTH GPON для домашніх користувачів показана на рис. .

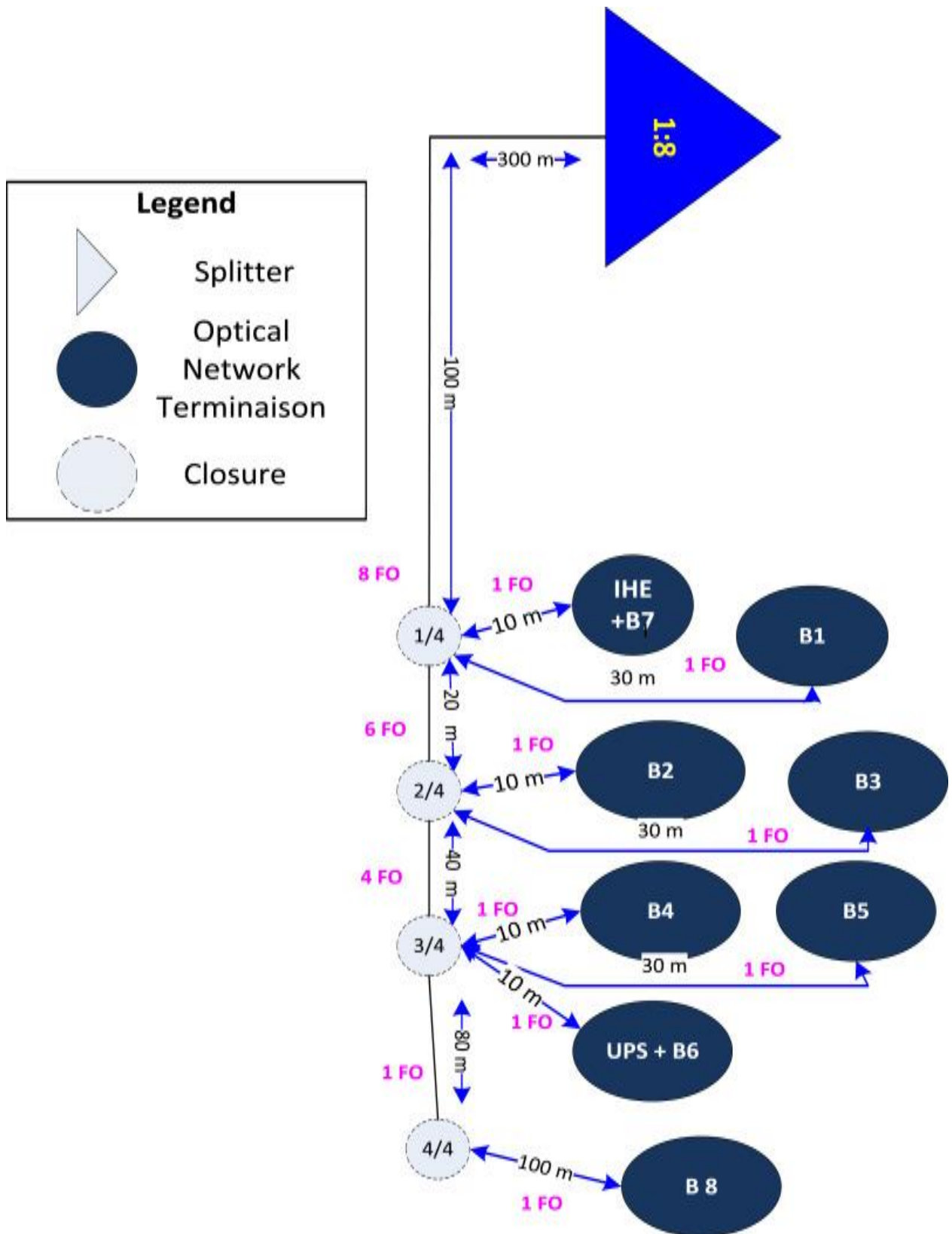


Рис. 2.2. Рішення FTTH GPON для домашніх користувачів



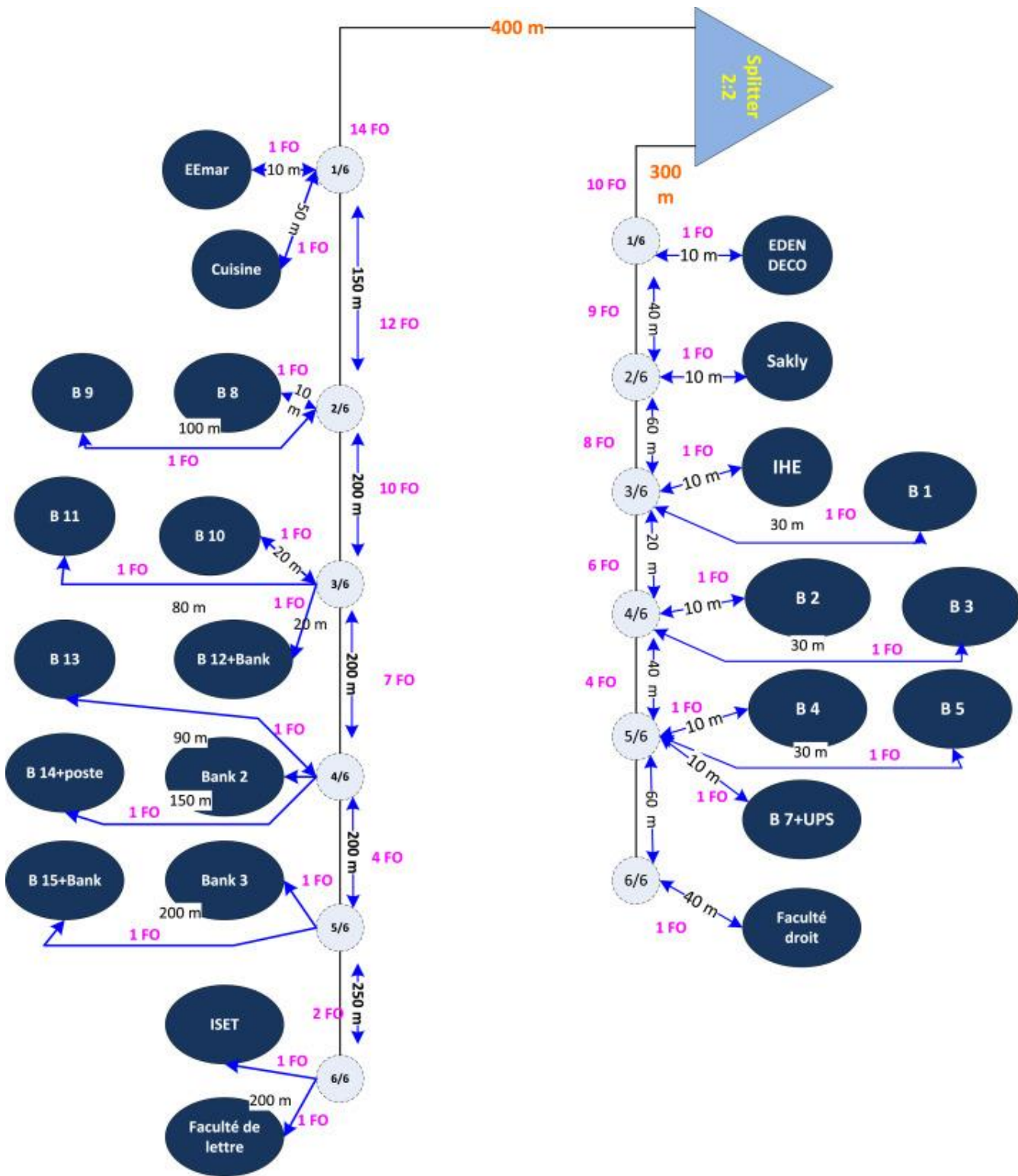


Рис.2.3. Рішення FTTH GPON

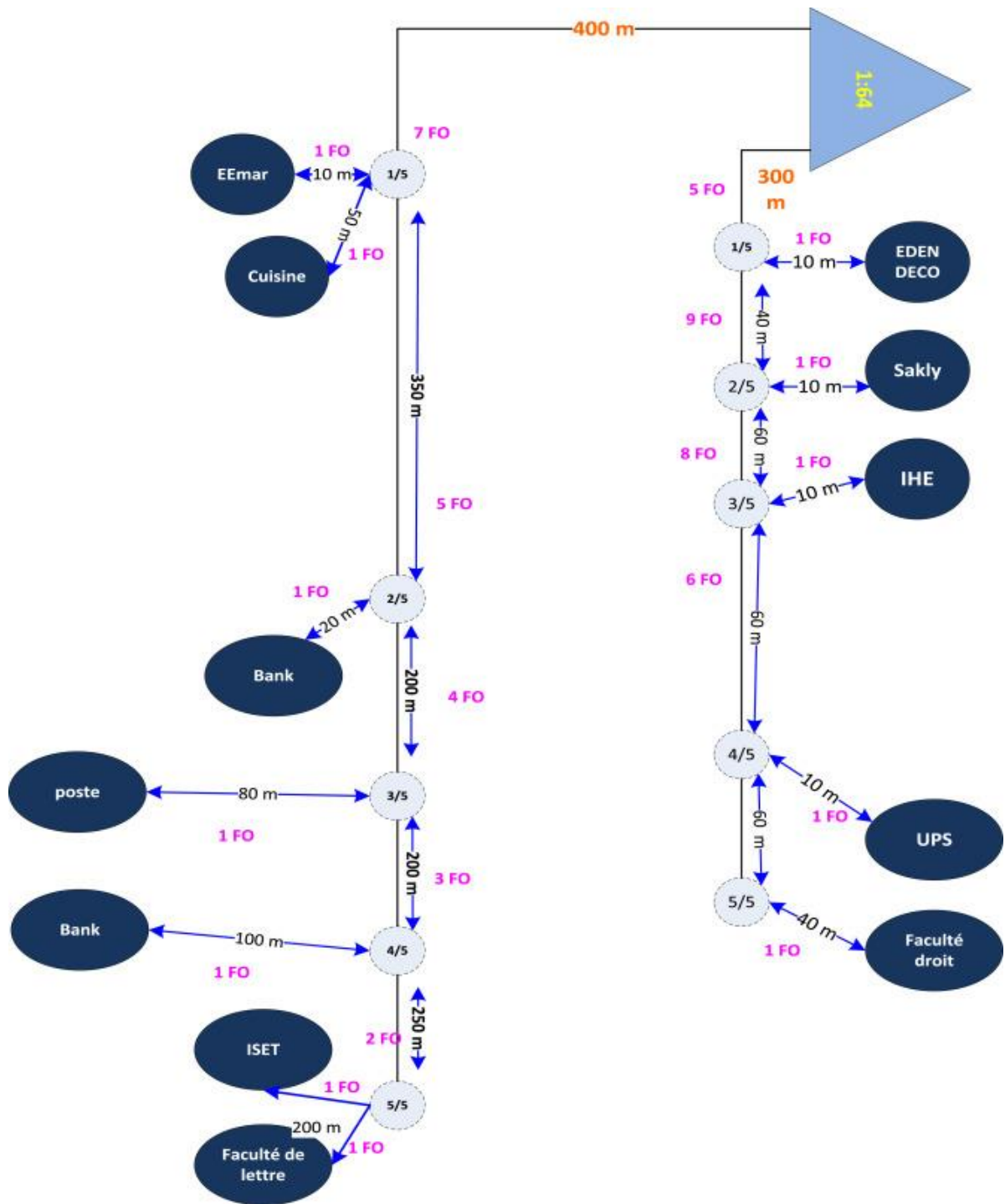


Рис. 2.4. Рішення для користувачів банків та університетів.

### 2.1.3. Перевірка дизайну проекту

Така сама робота для інших семи будівель ліворуч від вулиці.

Схема мережі для банку та університету показана на рис. 19 . Пропускна здатність для всіх становить 40 і 35 Мбіт/с, тому в проєкті мережі використовується

розгалужувач 1:64. У цьому випадку я не використовую всі порти в іншому розширенні або вимагаю, щоб ми могли використовувати екземпляр порту.

Щоб оцінити здійсненність і продуктивність пропонованої конструкції мережі FTTH, а також щоб кожен користувач у мережі отримував задовільну потужність, слід враховувати загальні втрати оптичної потужності між портом GPON OLT і портом ONT. Цю втрату можна представити таким рівнянням:  $Втрати = l_{cable} + l_{splitter} + l_{splice} + l_{connector}$  У Таблиці наведено визначення і значення кожного параметра в рівнянні Потужність, що приймається ONT у будівлях-приймачах, становить:

$$(12) \text{ Отримана потужність} = \text{потужність передана-втрати}$$

Таблиця 2.6

Параметри, що впливають на втрати оптичної потужності в мережах доступу GPON FTTH.

$P_{Cable}$	Втрати потужності оптичного сигналу в оптоволоконному кабелі вимірюють в дБкм. OTDR використовується для вимірювання точного значення цього параметру.	0,21 дБкм
$P_{Splitter}$	Відноситься до записаних втрат розгалужувача, які коливаються в залежності від швидкості розділення. Значення, використовувані для цього параметру взяті з технічних паспортів відповідного розгалужувача	8 дБ для розгалужувача рівня 1 14 дБ для розгалужувача рівня 2
$P_{splice}$	Являють собою втрати, які вносять через зварку і вимірюються на спец. обладнанні для зварки. Продемонстроване значення являє собою максимально досягнуту втрату	00,3 дБ
$P_{connector}$	Це втрати, визвані з'єднанням складових частин	0,2 дБ

Таблиця 2.7

## Розрахунки бюджету оптичної потужності для перевірки конструкції

	Розгалужувачем (м)	Відстань (м)	(м)	з	роз'єм (дБ)
Еден деко	310	3000	3310	0,6951	1
Сакли	350	3000	3350	0,7035	1
ИГЕ	410	3000	3410	0,7161	1
УРЈ	470	3000	3470	0,7287	1
Юридичний факультет	560	3000	3560	0,7476	1
Кафе	410	3000	3410	0,7161	1
Кухня	450	3000	3450	0,7245	1
Банк	770	3000	3770	0,7917	1
Почта	1030	3000	4030	0,8463	1
Банк	1250	3000	4250	0,8925	1
ИШМ	1450	3000	4450	0,9345	1
Літературний факультет	1600	3000	4600	0,966	1

Таблиця 2.8

## Розрахунки переданої потужності

Дільник втрат дБ	Втрати при зрощуванні дБ	Кількість закриттів	Втрати при зрощуванні дБ	Потужність лазеру дБ	Приймальна потужність дБ
8	0,12	4	0,012	-7	-16 8271
8	0,12	4	0,012	-7	-16 8355
8	0,12	4	0,012	-7	-16 8481
8	0,12	4	0,012	-7	-16 8607
8	0,12	3	0,009	-7	-16 8766
8	0,12	4	0,012	-7	-16 8481
8	0,12	4	0,012	-7	-16 8565
8	0,12	4	0,012	-7	-16 9237
8	0,12	4	0,012	-7	-16 9783
8	0,12	4	0,012	-7	-17 0245
8	0,12	3	0,009	-7	-17 0635
8	0,12	3	0,009	-7	-17 095

Де передана потужність - це потужність, випромінювана інтерфейсом GPON у карті OLT, яка в цій системі становить 3 дБ. У таблиці показані різні значення втрат і еквівалентна потужність, одержувана ONT. Ці втрати були розраховані за параметрами в таблиці. Місця, розглянуті в таблиці, були обрані тому, що вони найвіддаленіші в мережі; і, отже, представляють найгірший випадок втрати потужності в мережі на рис. 8. Розрахунок показав у цій таблиці, що найгірший випадок прийнятої потужності значно перевищує чутливість ONT -26 дБ.

Розрахунковий бюджет оптичної потужності зручний для цього рішення. Прийнята потужність хороша для мережі, і всі призначені для користувача сигнали приймаються правильно.

## 2.2. Оціночне рішення

**Програмне забезпечення Оптисистем.** Системи оптичного зв'язку стають дедалі складнішими. Насправді, ці системи часто містять у собі негаусові джерела шуму, кілька сигнальних каналів, різну структуру топології та нелінійні пристрої, що робить їхній аналіз і проєктування досить складним і вимагає високоінтенсивної роботи. OptiSystem дає змогу швидко й ефективно аналізувати та проєктувати ці системи. OptiSystem є оригінальною системою оптичного зв'язку та пакетом моделювання, розробленим компанією Optiwave для задоволення академічних потреб дослідників, проєктувальників систем та інженерів з оптичних комунікацій.

Він включає тестування, проєктування та оптимізацію всіх типів оптичних мереж, фізичного рівня широкосмугових функцій, наприклад, віртуального оптичного з'єднання. Він характеризується великою базою даних пасивних і активних компонентів, потужності поглинання, втрат, довжини хвилі та інших пов'язаних параметрів. Параметри дають змогу користувачеві оптимізувати та сканувати конкретні технічні параметри пристрою залежно від продуктивності системи.

OptiSystem має ефективну систему середовища моделювання з класифікаційними визначеннями та допустимими компонентами. Моделі зв'язку

волоконно-оптичних систем засновані на реальному симуляторі системного рівня. Його продуктивність може бути приєднана до бібліотеки призначеного для користувача інтерфейсу пристрою і може бути значно розширена, щоб стати широко використовуваним інструментом .

**Налаштування та проектування мережі.** У цьому розділі пояснюється моделювання в OptiSystem, в якому всі необхідні параметри сильно засновані на властивостях стандартизованого GPON (див. рис. 2.6). На рис. 2.7 показано першу оцінку мережі FTTH GPON (див. рис. 2.8).

Один передавач і один приймач, використовувані в OLT, потім розподіляються по восьми ONU через двонаправлений пасивний оптичний спліттер 1x8. Вбудований оптичний циркулятор розділяє низхідний і висхідний сигнали, а оптична затримка використовується для тимчасової корекції циркуляції.

Рисунки 2.5 , 2.9 ілюструють блок-схеми передавача і приймача відповідно. Для аналізу продуктивності сигналу як у низхідному, так і у висхідному напрямках конструкція мережі показана на наступних малюнках (див. рис. 2.10).

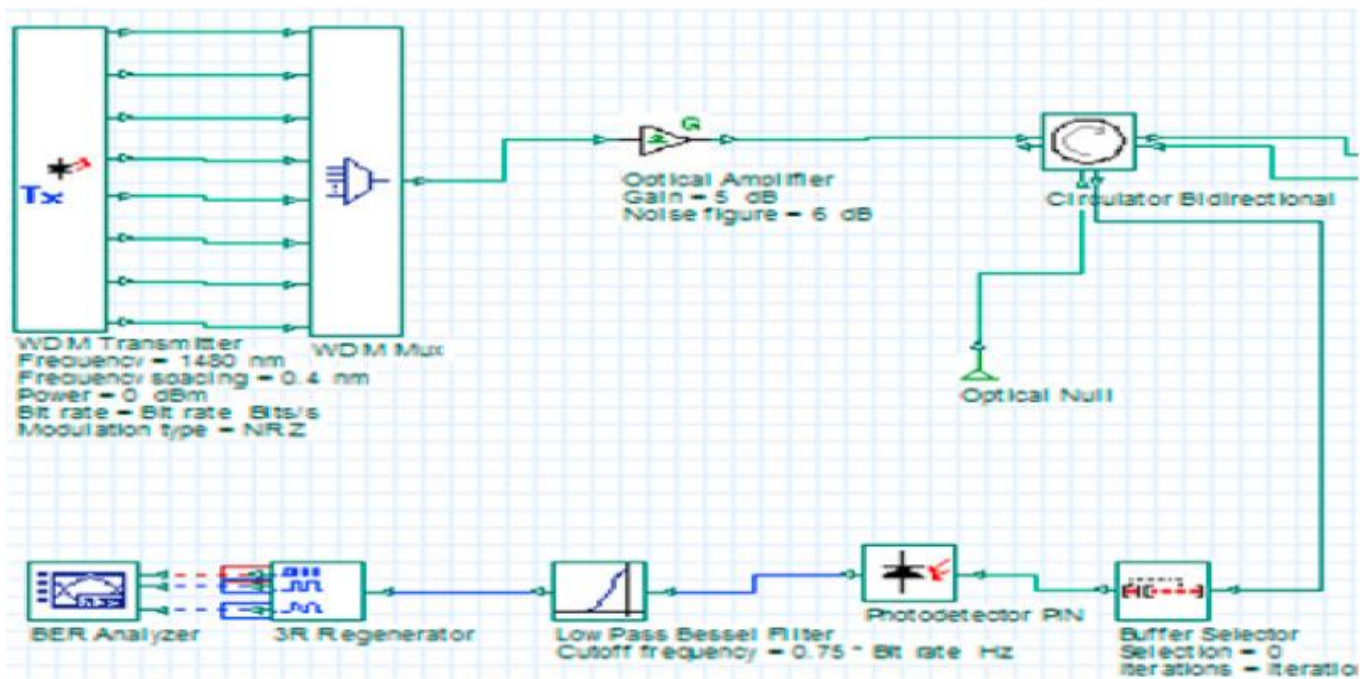


Рис. 2.5. Блок-схема передавача



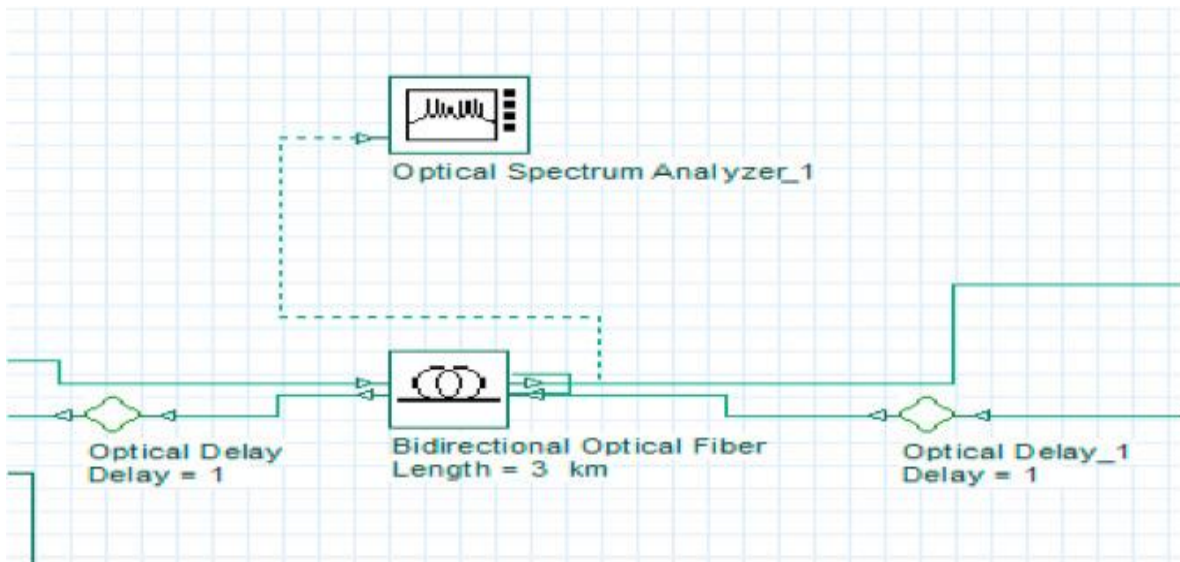


Рис. 2.6. Оптоволокну

Simulation				
Signals				
Spatial effects				
Noise				
Signal tracing				
Name	Value	Units	Mode	
Simulation window	Set bit rate		Normal	
Reference bit rate	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal	
Bit rate	2500000000	Bits/s	Normal	
Time window	1.024e-007	s	Normal	
Sample rate	80000000000	Hz	Normal	
Sequence length	256	Bits	Normal	
Samples per bit	32		Normal	
Number of samples	8192		Normal	

Рис. 2.7. Властивості волокна

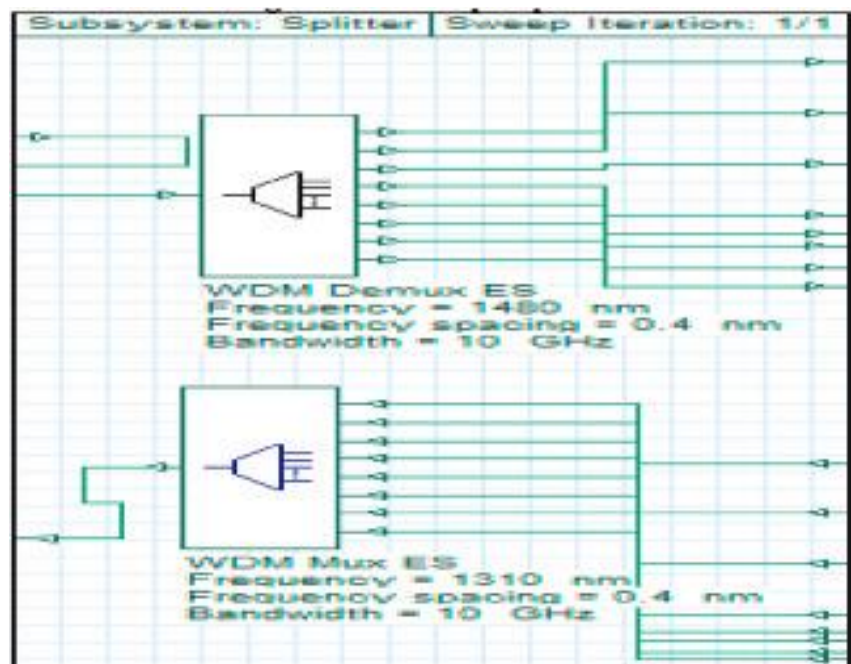


Рис. 2.8. Спліттер

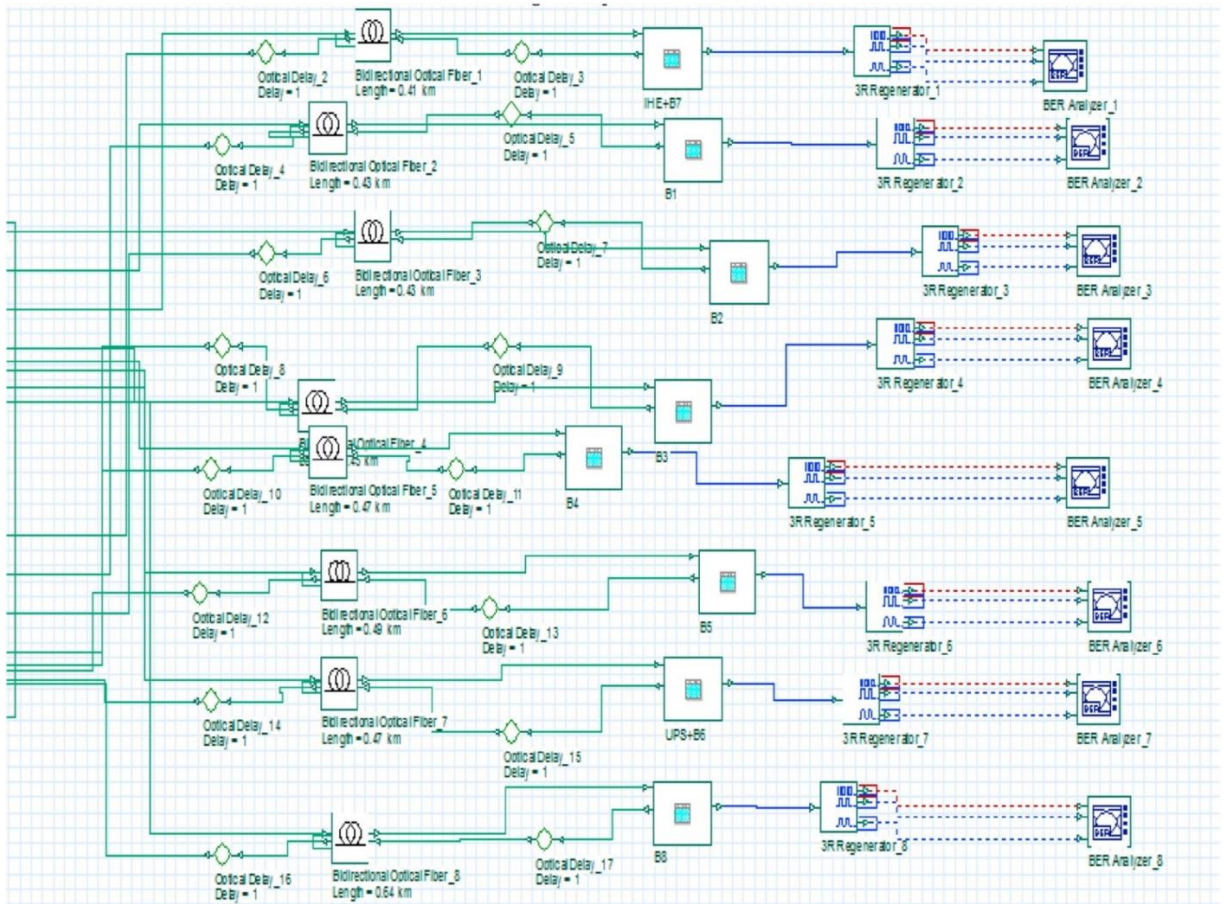


Рис. 2.9. Одержувач

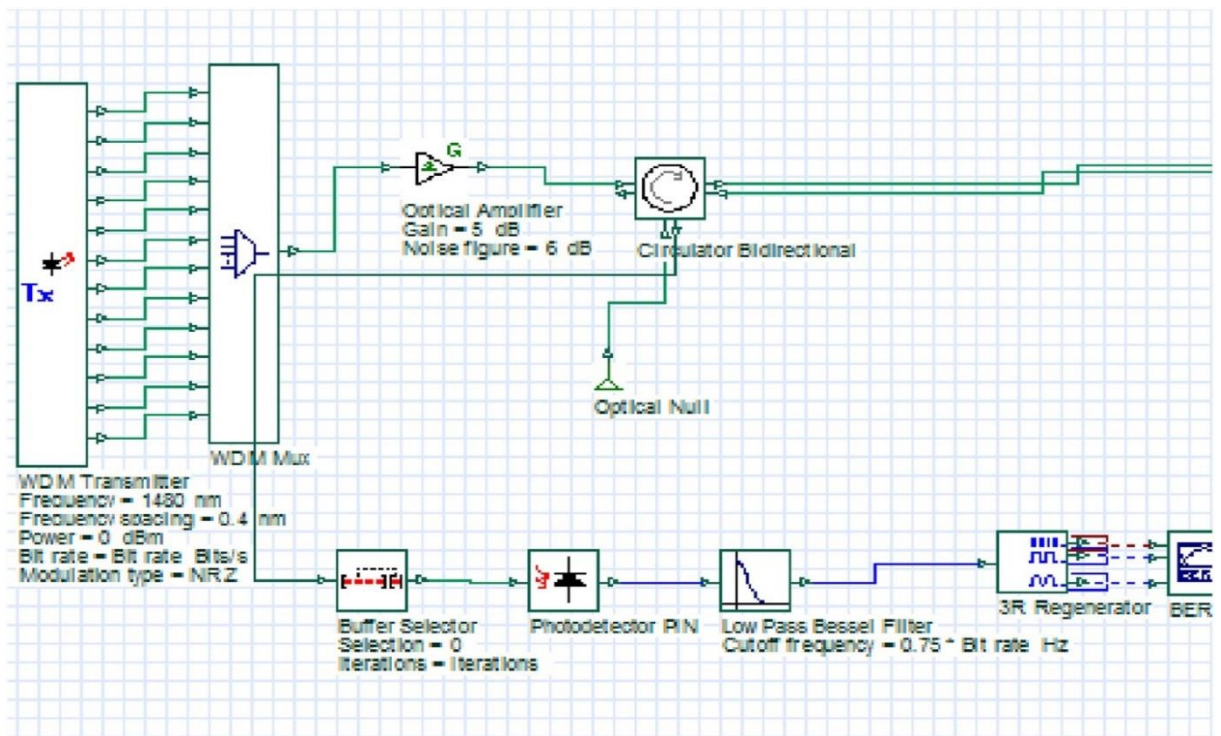


Рис. 2.10. Передавач.



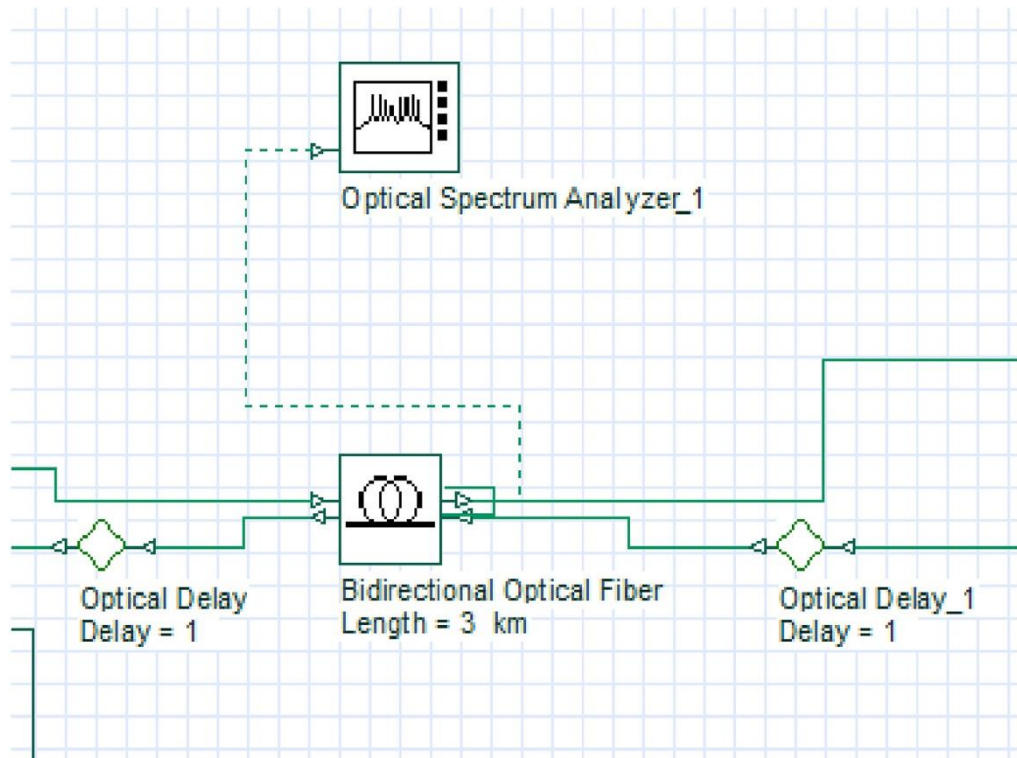


Рис. 2.11. Оптоволокну.

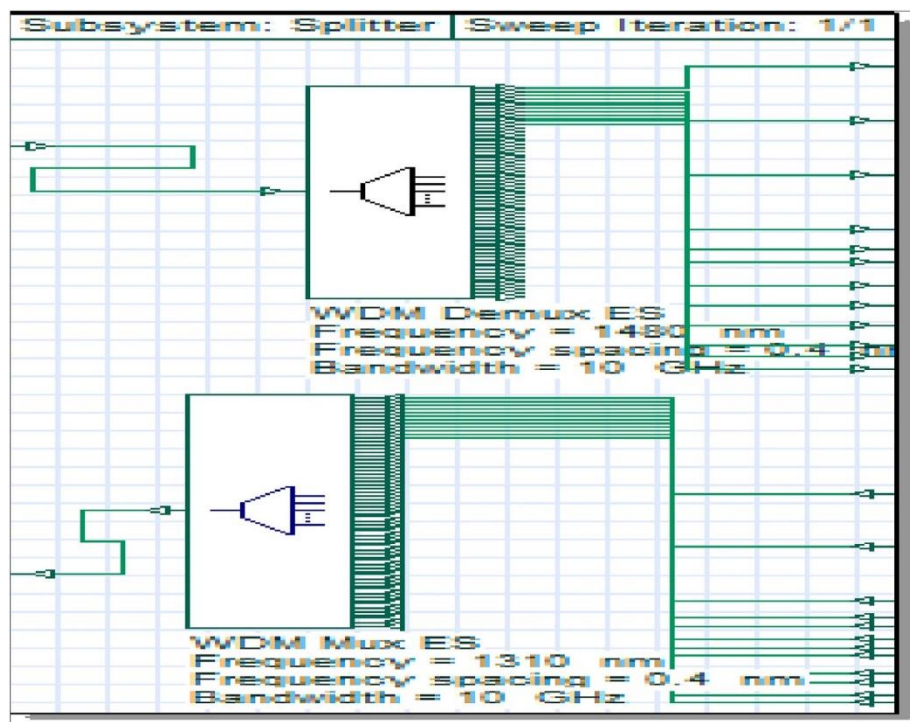


Рис. 2.12. Сплітер

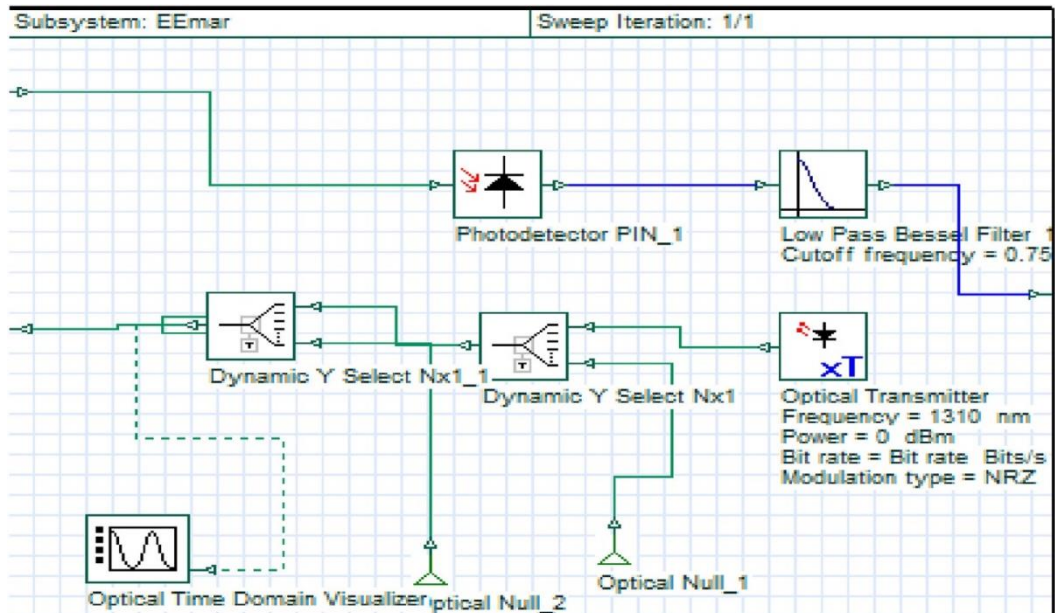


Рис. 2.13. ОНУ

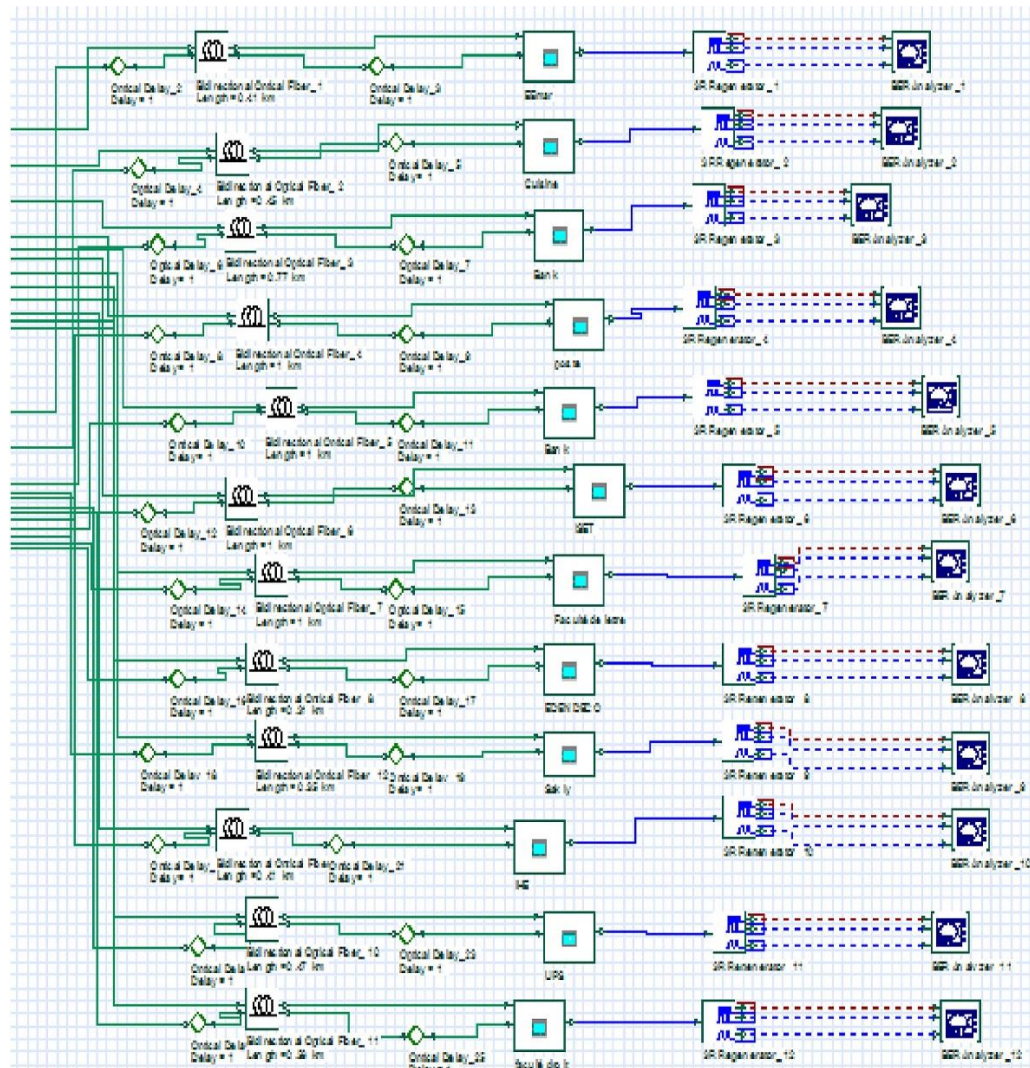


Рис. 2.14. Одержувач

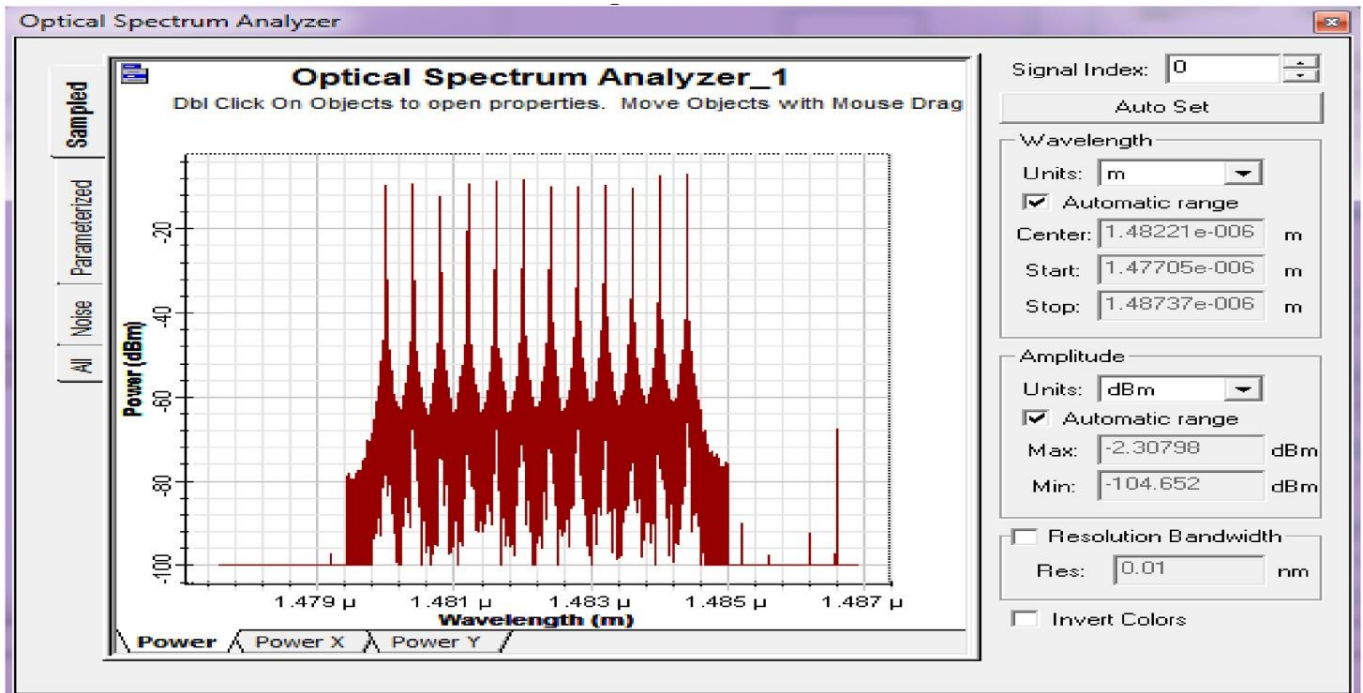


Рис. 2.15. Спектр передачі хвиль. Діаграма ока

Передавач генерує послідовність чисел, формує сигнал даних. Потім генератор імпульсів без повернення до нуля (NRZ) створює послідовність імпульсів NRZ, закодованих вхідним цифровим сигналом. Лазер безперервної дії (CW) генерує оптичний сигнал CW; і лазер безперервно накачується і безперервно випромінює світло.

Безперервний лазер та імпульсний вихід генератора NRZ надходять на MZM (модулятор Маха-Цендера) для перетворення електричного сигналу в оптичний. У приймачі APD використовується для перетворення оптичного сигналу в електричний сигнал, а потім сигнал фільтрується низькочастотним фільтром Бесселя для відновлення корисного сигналу. BER: аналізатор використовується для аналізу даних. Опис використовуваних компонентів наведено в Таблиці 2.9.



## Використані компоненти

	Генератор імпульсів NRZ Генерує кодований сигнал NRZ токів для передавання на ONU.						
	Безперервний лазер Генерує оптичний сигнал CW рення						
	Циркулятор двонаправлений Розділяє висхідний і низхідний сигнали						
	Оптична затримка Додає затримку, щоб двонаправлені сигнали проходили одночасно						
	Двонаправлене оптичне волокно Дозволяє оптичним сигналам проходити в обох напрямках одночасно						
	1xN двонаправлений спліттер Розділяє сигнал на необхідну кількість сигнальних потоків для передавання на ONU.						
	АПД Фотодетектор Перетворення оптичного сигналу в електричний сигнал						
	Низькочастотний фільтр Бесселя Фільтрує сигнал за допомогою передавальної функції частоти Бесселя.						
	BER-аналізатор Вимірює продуктивність системи на основі сигналу до і після поширення						

## 2.3. Житлове рішення

На всіх глазкових діаграмах відкрите положення. шум невеликий, тому передача хороша, і користувач буде задоволений. Мін. BER у всіх випадках дорівнює 0, помилок під час передачі немає. Оптичний підсилювач з коефіцієнтом посилення 5 дБ дає гарний результат.

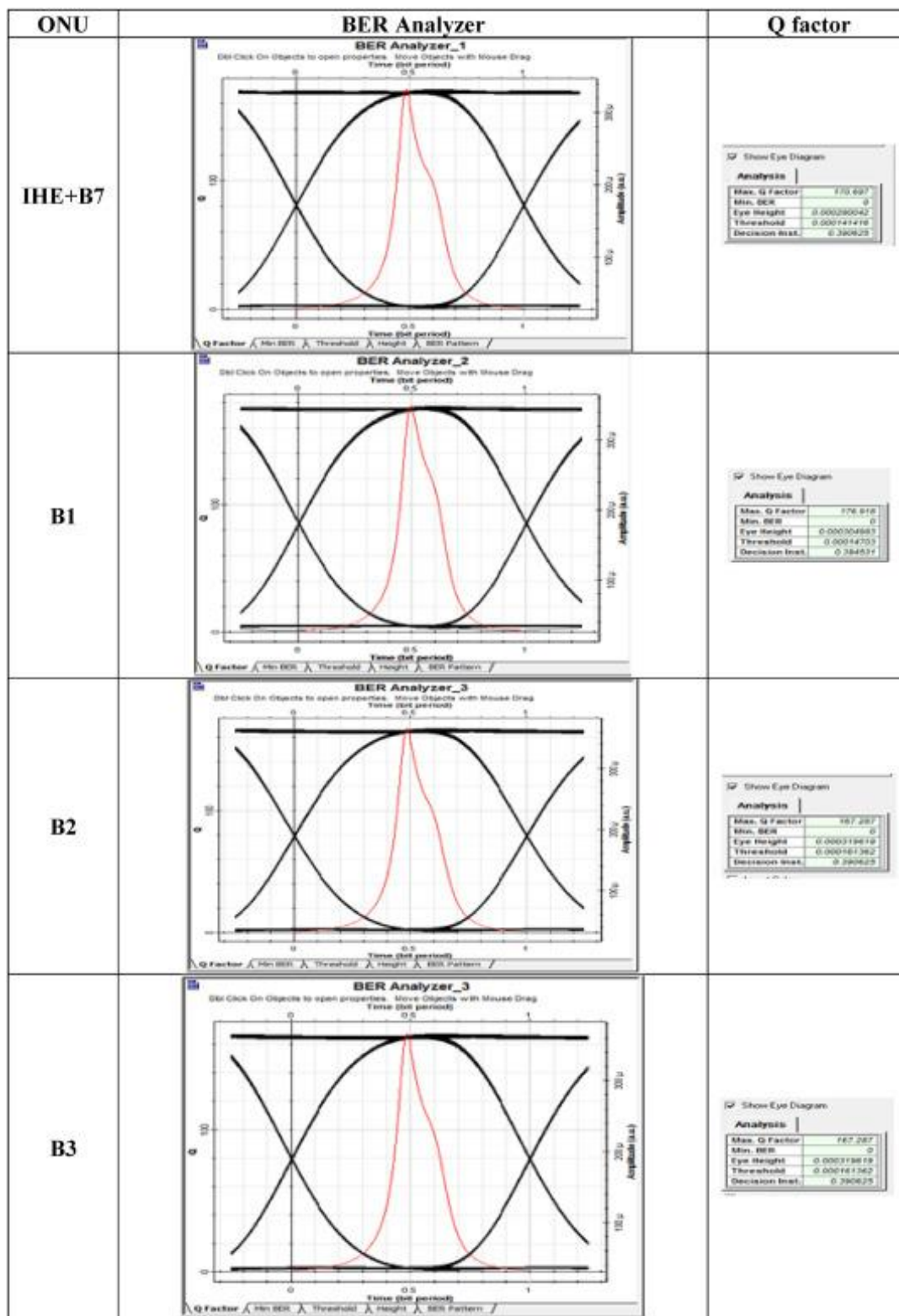


Рис. 2.16. Відстань між OLT і розгалужувачем

Відстань між OLT і розгалужувачем менше 20 км, тому загасання відсутнє.  
Відстань між сплітером і ONU менше 2 км.

## 2.4. Бізнес-рішення

На всіх глазкових діаграмах у Таблиці 11 відкрите положення . Шум невеликий, тому передача хороша, і користувач буде задоволений. Мін. бер у всіх випадках дорівнює 0, і помилки під час передачі немає. Оптичний підсилювач з коефіцієнтом посилення 5 дБ забезпечує хороші рішення.

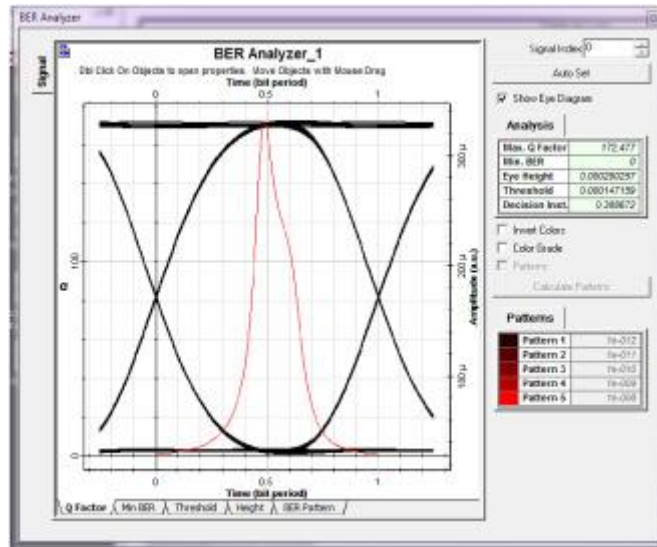


Рис. 2.7. ЭМАР Без шуму Мін. BER = 0.

Глазкова діаграма відкрита - > гарна передача Джиттер близький до 0

Відстань між OLT і сплітером 20 км, тому загасання немає. Відстань між розгалужувачем і ONU становить менше 2 км, як показано в таблиці 11.

GPON надає гарне рішення для оператора. Проектування та впровадження можуть знизити вартість обслуговування та надати інноваційні послуги. Рішення може забезпечити пропускну здатність для більшої кількості користувачів, ніж мідна мережа з якістю обслуговування. Відстань між сплітером і OLT може досягати на 60 км більше, ніж у мідної мережі, і може задовольнити 128 користувачів.

## РОЗДІЛ 3

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 3.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на інженера

Відділ проектування знаходиться на другому поверсі п'ятиповерхового будинку. Приміщення має розміри: довжина 8 м, ширина 4 м, висота 4. Загальна площа - 32 м<sup>2</sup>, загальний об'єм – 128 м<sup>3</sup>. У відділі знаходиться 5 робочих місць інженерів-проектувальників, оснащені комп'ютерами.

Робоча площа одного співробітника становить:

$$S_{\text{роб}} = \frac{S_{\text{заг.пл}}}{N} = \frac{32}{5} = 6,4 \text{ м}^2$$

Робочий об'єм одного співробітника:

$$V_{\text{роб}} = \frac{V_{\text{заг.об}}}{N} = \frac{128}{5} = 25,6 \text{ м}^3$$

$N$ - кількість співробітників у відділі

$S_{\text{заг.пл}}$  – загальна площа;

$V_{\text{заг.об}}$  – загальний об'єм.

Відповідно до [31] площа на одне робоче місце має становити не менше ніж 6 м<sup>2</sup>, а об'єм не менше ніж 20 м<sup>3</sup>. Робоче місце інженера-проектувальника відповідає вимогам.

В проектному відділі інженера-проектувальника знаходяться: комп'ютери, принтер. У даному приміщенні температура повітря у теплий період року становить 30°C, використовується природне та штучне освітлення. Штучне освітлення виконано у вигляді переривчастих ліній світлодіодних світильників. Рівень шуму в приміщенні становить 54 дБ, а згідно з Державними санітарними нормами [32] не повинен перевищувати 50 дБ.

Робоче місце розташоване так, щоб природне світло падало з лівої сторони, при цьому відстань зі світлом до робочого місця - 1 м. Висота робочої поверхні столу над підлогою 750 мм, глибина столу – 800 мм, ширина столу 1300мм. Робочий стіл має простір для ніг висотою 650 мм та шириною 600 мм.

Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників.

Створення сприятливих умов праці, в роботі інженера-проектувальника, має велике значення як для полегшення, так і для підвищення продуктивності праці. Відповідно до [33] шкідливими виробничими факторами є:

1. Підвищена температура робочого приміщення
2. Недостатня освітленість робочої поверхні
3. Виробничий шум
4. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону
5. Іонізуючі випромінювання

Відповідно до [34] робота інженера-проектувальника у приміщенні з енерговитратами 90-120 ккал/год. відносяться до категорії легких фізичних робіт Ia (роботи, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження).

Таблиця 3.1

#### Оптимальні величини температури

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °C
Холодний період року	Легка Ia	22-24
Теплий період року		23-25

#### Допустимі величини температури на постійних робочих місцях:

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °C	
		Верхня межа	Нижня межа
Холодний період року	Легка Ia	25	21
Теплий період року		28	22

У проектному відділі температура повітря становить 30°C в теплий період року, що перевищує допустиму на 2 °C. Забезпечили температуру приміщення 23 °C, за допомогою механічної вентиляції з вентилятором VORTICE VARIO, повітрообмін якого становить 680 м<sup>3</sup> /год.



*Недостатня освітленість.* В приміщенні встановлені персональні комп'ютери, присутнє природне та штучне освітлення . За вимогами [35], величина коефіцієнта природної освітленості повинна бути не менше 1.5%. В проектному відділі порушенні вимоги, освітленість робочої поверхні складає 370 лк , а коефіцієнт освітленості складає 1.2%. Природне світло проникає у приміщення через бічні світло прорізи. Вікна мають жалюзі. Штучне освітлення виконано у вигляді переривчастих ліній світлодіодних світильників, розташованих паралельно лінії зору інженера-проектувальника. Для місцевого освітлення використовувати галогенні лампи розжарювання

*Виробничий шум.* Шум на робочому місці створюється: комп'ютером та периферійним пристроєм. Допустимі рівні звукового тиску на робочому місці повинні відповідати вимогам [36]:

Таблиця 3.2

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні шуму та еквівалентні рівні шуму, ДБА, ДБАекв
Конструювання та проектування.	50

Реальний рівень шуму в проектному відділі становить 54 дБ, що перевищує допустимий рівень.

Для зменшення рівня шуму рекомендується використовувати місцеву та загальну звукоізоляцію, шумопоглинаючі екрани, поглинаючі фільтри.

### **3.2. Організаційні та конструктивно-технологічні заходи для зниження впливу шкідливих виробничих факторів**

Нормалізація повітря робочої зони. Для створення й автоматичної підтримки в ІТ відділі незалежно від зовнішніх умов оптимальних значень температури, вологості, чистоти і швидкості руху повітря, у холодний час року використовується водяне опалення, у теплий час року застосовується кондиціонування повітря [37].

Виробниче освітлення. Під час аналізу освітлення на робочому місці програміста було встановлено, що воно не відповідає встановленим нормам, тому для покращення умов праці рекомендуємо збільшити рівень загальної освітленості приміщення шляхом встановлення 5 додаткових світильників, щоб загальна кількість лам відповідала розрахованому вище значенню, а саме 36 світлодіодних ламп. Також для підтримки запроєктованого освітлення у чистому виді необхідно скласти графік, де передбачити очищення віконних блоків і світильників не менше 2 разів на рік [38].

Електробезпека. Електробезпечність у приміщенні ІТ відділу пропонуємо забезпечити наступними технічними способами і засобами захисту:

- для зменшення накопичення статичної електрики застосовувати зволожувачі і нейтралізатори, антистатичне покриття підлоги;

- забезпечити приєднання металевих корпусів устаткування до жили, що заземлює. Заземлення корпусу ПК забезпечити підведенням жили, що заземлює, до розеток. Опір заземлення 4 Ом, згідно (ПУЕ) для електроустановок з напругою до 1000 В. А також організаційними заходами:

- своєчасне проведення інструктажів з техніки безпеки [39].

Ергономіка та організація робочого місця. Після проведення аналізу робочого місця програміста в ІТ Відділі було з'ясовано, що воно відповідає встановленим вимогам.

Виходячи з результатів аналізу важкості та напруженості праці пропонуємо скоротити час роботи за комп'ютером, робити перерви сумарний час яких повинен складати 50 хвилин при 8-ми годинному робочому дні [40].

### 3.2.1. Розрахунок повітрообміну за надлишком тепла у проектному відділі

Приміщення має розміри 4×8×4, яке розміщується на другому поверсі п'ятиповерхового будинку з південного боку. Площа вікон  $F = 2,88 \text{ м}^2$ . На вікнах розміщені жалюзі. У приміщенні 5 інженерів-проектувальників, розташовано  $N_{\text{пк}} = 5$  персональних комп'ютерів та принтер. Для штучного освітлення використовується 4 офісних світлодіодних світильника потужністю 125 Вт.

1. Розраховуємо загальну кількість тепла:

$$Q_{\text{над}} = Q_{\text{осв}} + Q_{\text{облад}} + Q_{\text{ін-пр.}} + Q_{\text{рад}}, \text{ Вт} \quad (3.1)$$

$Q_{\text{над}}$  – загальна кількість тепла

$Q_{\text{осв}}$  – кількість тепла від джерел штучного освітлення

$Q_{\text{облад}}$  – кількість тепла від обладнання

$Q_{\text{ін-пр.}}$  – кількість тепла від інженерів-проектувальників

$Q_{\text{рад}}$  – кількість тепла від сонячної радіації

2. Розраховуємо кількість тепла від джерел штучного освітлення:

$$Q_{\text{осв}} = N \cdot \eta, \quad (3.2)$$

де  $N$  – сумарна потужність джерел освітлення, Вт;  $\eta$  – коефіцієнт теплових витрат ( $\eta = 0,55$  – для світлодіодних ламп).

$$Q_{\text{осв.}} = 125 \cdot 4 \cdot 0,55 = 275 \text{ Вт}$$

2. Розраховуємо кількість тепла при роботі обладнання: 5 комп'ютерів і принтера (в режимі друку):

$$Q_{\text{облад}} = n \cdot P_{\text{комп.}} + P_{\text{пр.}}, \quad (3.3)$$

де  $n$  – кількість комп'ютерів (обладнання);

$P_{\text{комп}}$  – встановлена потужність комп'ютерів,  $P_{\text{комп}} = 400 \text{ Вт}$

$P_{\text{пр.}}$  – потужність принтера в режимі друку,  $P_{\text{пр.}} = 465 \text{ Вт}$

$$Q_{\text{облад}} = 5 \cdot 400 + 465 = 2.5 \text{ кВт}$$

3. Розраховуємо кількість тепла від інженерів-проектувальників:

$$Q_{\text{ін-пр.}} = n \cdot q, \text{ Вт} \quad (3.4)$$

$n$  – кількість інженерів-проектувальників

$q$  – кількість тепла, що виділяється одним інженером-проектувальником

Кількість тепла, що виділяється одним інженером-проектувальником, який виконує легку фізичну роботу дорівнює 99 Вт.

$$Q_{in-пр} = 5 \cdot 99 = 495 \text{ Вт}$$

4. Розраховуємо кількість тепла від сонячної радіації:

$$Q_{рад} = m \cdot S \cdot k \cdot q_{скл} \quad (3.5)$$

де  $m$  – число вікон;  $S_{вікна}$  – площа одного вікна,  $S_{вікна} = 2,88 \text{ м}^2$ ;

$k$  – коефіцієнт, віконного переплетення:  $k = 0,6$  матові;

$q_{скл.}$  – надходження тепла через  $1 \text{ м}^2$  вікна при різній орієнтації вікон:  $q_{скл.} = 150$  – південь;

$$Q_{рад} = 1 \cdot 2,88 \cdot 0,6 \cdot 150 = 259,2 \text{ Вт}$$

5. Загальна кількість тепла в проектному відділі:

$$Q_{над} = Q_{осв} + Q_{облад} + Q_{in-пр.} + Q_{рад} = 275 + 2500 + 495 + 259,2 = 3,529 \text{ кВт}$$

6. Потрібний повітрообмін за надлишком тепла:

$$L = \frac{Q}{c \cdot \rho \cdot (t_{вид} - t_{зовн})}, \text{ м}^3 / \text{год} \quad (3.6)$$

$Q$  - кількість тепла, яке виділяється в приміщення за годину, Дж:

$$Q = 3600 \cdot Q_{надл} = 3600 \cdot 3529 = 12704 \text{ Вт} = 5328 \text{ кДж};$$

$c$  – теплоємність повітря, Дж/кг (в інтервалі температур від  $0^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$  приймається рівною  $1,01 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$ );

$\rho$  – густина повітря,  $\text{кг/м}^3$  (дорівнює  $\rho_{внт} = 1,2 \text{ кг/м}^3$ );

$t_{вид}$  – температура повітря, що видаляється,  $t_{вид} = 30^\circ\text{C}$

$t_{зовн.}$  – температура повітря, що подається до робочої зони,  $t_{зовн.} = 23^\circ\text{C}$

$$L = \frac{5328}{1,01 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot (30 - 23)} = 628 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Оскільки, в проектному відділі підвищена температура повітря на  $2^\circ\text{C}$  від допустимого значення  $28^\circ\text{C}$ , встановили механічну вентиляцію з вентилятором VORTICE VARIO, яка забезпечила надходження до приміщення температури повітря  $23^\circ\text{C}$ , дане значення є оптимальним.

### 3.3. Пожежна безпека

Відповідно до [39-40] дане приміщення відноситься до категорії В по вибухово-пожежній та пожежній небезпеці із-за використання у ньому твердих горючих матеріалів з температурою спалаху понад 61°C.

Проектний відділ оснащено:

- Двома безпроводними датчиками детектування диму SD-02 (оповіщає при задимленні приміщення; площа обслуговування: до 20 м<sup>2</sup>);
- двома порошковими вогнегасниками ВП-5 (для приміщення категорії В за відсутності горючих газів і рідин, площею до 50 м<sup>2</sup> і масою вогнегасної речовини – 5 кг, мінімальна кількість порошкових вогнегасників 2).
- LifeSOS LS-30LR бездротова пожежно-охоронна система (при детектуванні вторгнення, датчики передають на центральний блок сигнал тривоги по радіоканалу без проводів. Центральний приймає сигнал від датчиків, включає сирену, відправляє інформацію на пульт централізованого нагляду, дзвонить на зазначені телефонні номери та відправляє SMS повідомлення з повідомленнями про тривогу.)

Для попередження виникнення пожеж проводяться організаційно-технічні заходи пожежної безпеки, які включають:

- включення питань пожежної безпеки у всі інструкції по техніці безпеки;
- виконання встановленого режиму експлуатації електричних мереж та обладнання;
- заборона куріння в недозволеному місці;
- видання необхідних інструктажів, планів евакуації

План евакуації складається з графічної і текстової частин. Графічна частина являє собою схематичний план поверху (рис. 3.1), в якому зеленими суцільними стрілками вказують шляхи евакуації, що ведуть до основних евакуаційних виходів, а пунктирними зеленими стрілками - до аварійних виходів. Двері на шляху евакуації відчиняються назовні у напрямку виходу з будівлі. На плані евакуації умовними знаками показано розміщення

вогнегасників, пожежних гідрантів, телефонів, аптечок медичної допомоги, електрощитів, датчиків диму, системи охоронно-пожежної сигналізації.

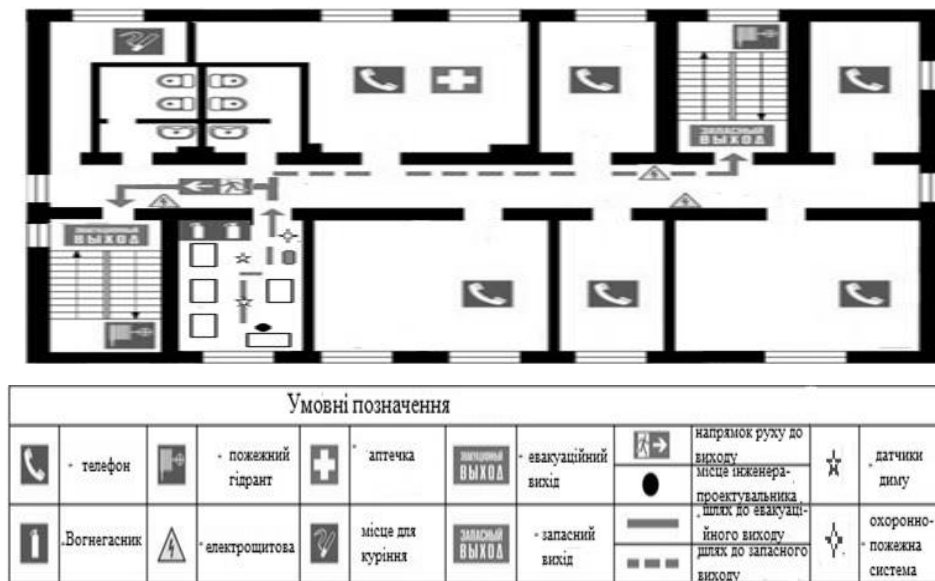


Рис. 3.1. План евакуації 2 поверх

### 3.4. Інструкція з охорони праці при роботі з персональним комп'ютером

Вимоги безпеки перед початком роботи.

- Перед початком роботи працівник повинен зовнішнім оглядом перевірити цілісність корпусів системного блоку, відео монітора, принтера, клавіатури.
- Перевірити цілісність кабелів живлення, місць їх підключення (розеток електромережі, продовжувачів електромережі, розгалужувальних коробок, штепсельних вилок).
- Підготувати своє робоче місце, прибравши речі, які можуть заважати при виконанні роботи.
- Ввімкнути живлення ПК.
- У випадку, якщо після ввімкнення ПК не проходить загрузка або комп'ютер не виходить на робочий режим, працівник повинен повідомити керівника чи спеціаліста відділу інформаційних технологій.

- При виявленні ушкодження або яких-небудь інших недоліків повідомити безпосереднього керівника. Не приступати до роботи без його вказівки.

Вимоги безпеки під час роботи

- Необхідно стійко розташувати всі складові пристрої на столі, в тому числі і клавіатуру. Разом з тим повинна бути передбачена можливість переміщення клавіатури. Її розташування і кут нахилу повинні відповідати побажанням користувача ПК. Якщо в конструкції клавіатури не передбачений простір для опору долонь, то її слід розташовувати на відстані не менше 100 мм від краю столу в оптимальній зоні моніторного поля. При роботі на клавіатурі слід сидіти прямо, не напружуватись.

- Для зменшення несприятливого впливу на користувача пристроїв типу "миша" (вимушена поза, необхідність постійного контролю за якістю дій) слід забезпечити вільною більшу площу поверхні столу для переміщення "миші" і зручного упору ліктьового суглоба.

- Не припустимі сторонні розмови, роздратовуючи шуми тощо.

- Періодично при вимкненому ПК слід видаляти злегка зволоженою мильним розчином хлопко-паперовою салфеткою пил з поверхонь апаратури. Екран і захисний екран протирають ватою, зволоженою спиртом.

- Не дозволяється використовувати рідинні або аерозольні засоби чистки поверхонь ПК.

Забороняється:

- самостійно ремонтувати апаратуру, в яких кінескоп та інші елементи можуть знаходитись під високою напругою (до 25 кВ0.)

- класти будь-які речі на апаратуру ПК, бутерброди та напої на клавіатуру або поруч з нею. Це може вивести її з ладу;

- затуляти вентиляційні отвори в апаратурі, це може призвести до її перегріву і виходу з ладу.

- Для зменшення негативного впливу на стан здоров'я працівників різних факторів ризику, пов'язаних з роботою на ПК, передбачаються додаткові регламентовані перерви для відпочинку користувачів ПК:

- через кожний час безперервної роботи – 10 хвилин;
- через кожні 2 години – 15 хвилин.
- При можливості слід чергувати зміну діяльності з іншою, не пов'язаною з роботою на ПК.
- З метою зменшення негативного впливу монотонності доцільно застосовувати чергування операцій введення тексту і введення даних (зміна змісту і темпу роботи) і т.п.
- При роботі на лазерних принтерах:
- Розташовувати принтер необхідно поряд з системним блоком так, щоб з'єднувальні шнури не були натягнуті. Забороняється ставити принтер на системний блок.
- Перш, ніж програмувати роботу принтера, впевніться, що він знаходиться в режимі зв'язку з системним блоком.
- Для досягнення високоякісного, чистого, з високою роздільною здатністю зображення щоб не зіпсувати апарат, потрібно використовувати папір, марка якого вказана в інструкції до принтера (найчастіше папір вагою 60-135 г/м<sup>2</sup>, типу Canon або Xerox 4024).
- Обрізання країв паперу повинно бути виконаним гострим лезом ножа, без заусенців – це зменшить вірогідність загинання паперу.
- При виконанні роботи (більше 20 хвилин), коли втручання користувача в роботу програми не потрібне, бажано вимикати живлення відео монітора.
- Для підтримки загального тону м'язів, профілактики кістково-м'язових порушень, зорового дискомфорту та інших несприятливих суб'єктивних почуттів під час регламентованих перерв необхідно виконувати комплекси рекомендованих вправ для очей, для хребта, для рук.
- Кількість мікро пауз до 1-2 хвилин слід визначити індивідуально. Форма та зміст перерв можуть бути різними виконання допоміжних робіт, не пов'язаних з роботою ПК, приймання їжі, виконання рекомендованих вправ.



- Виконання фізичних вправ протягом дня рекомендується індивідуально, залежно від почуття втоми. Гімнастика повинна біти на корекцію вимушеної пози покращення кровообігу, часткову компенсацію, дефіциту рухової активності.

- Про виявлені несправності (іскріння, пробоїв, запаху гару, ознак горіння тощо) негайно припинити роботу, відключити все обладнання від електромережі і терміново повідомити безпосереднього керівника або спеціаліста по ремонту ПК.

Вимоги безпеки при закінчення роботи на ПК.

- Закінчити і зберегти в пам'яті ПК файли, які знаходились у роботі. Виконати всі дії для коректного завершення роботи в оперативній системі.

- Вимкнути принтер та інші периферійні пристрої, вимкнути системний блок. При наявності пристрою безперебійного живлення (ПБЖ) вимкнути його живлення.

- Вимкнути ПК кнопкою «POWER» (ЖИВЛЕННЯ) та вийняти штепсельну вилку кабелю живлення з розетки

- Накрити клавіатуру кришкою для попередження попадання в неї пилу.

- Навести порядок на робочому місці.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

- Якщо після ввімкнення ПК відчувається запах горілого або при доторканні до металевих частин ПК відчувається дія електричного струму, потрібно негайно відключити ПК від електромережі та повідомити про це своєму керівникові.

- У випадку виникнення пожежі негайно розпочати гасіння наявними засобами пожежогасіння і повідомити за телефоном 101 (міська пожежна охорона) та начальнику ДПД підприємства. Пам'ятайте, що загашувати електроустановки слід вуглекислотними вогнегасниками, сухим піском, щоб уникнути ураження електричним струмом.

У разі виникнення інших аварійних ситуацій слід припинити роботу і повідомити про це керівника робіт.

**Висновок.** На підставі виконаного розрахунку повітрообміну за надлишком тепла, значення якого 628 м<sup>3</sup>/год, встановили механічну вентиляцію з вентилятором VORTICE VARIO, оскільки використання природної вентиляції є малоефективним. Механічна вентиляція здатна забезпечити виведення з проектного відділу температури 30°C і підтримувати температуру повітря допустимого та навіть оптимального значення.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

#### 4.1. Аналіз впливу техногенних чинників

Широке використання електричного та електронного обладнання дозволило не тільки підвищити якість життя людей, але й призвело до негативних наслідків для навколишнього середовища та здоров'я людини. Можна виділити основні шкідливі та небезпечні чинники, які впливають на навколишнє середовище [42]:

- шумове забруднення;
- вібраційне забруднення;
- електромагнітне забруднення
- теплове забруднення
- радіаційне забруднення

*Шумове забруднення.* У сучасному світі в умовах науково-технічного прогресу шум став однією з форм фізичного (хвильового) забруднення природного середовища. Шумом прийнято вважати усі неприємні та небажані звуки або їх сукупність, які заважають нормально працювати, сприймати потрібну звукову інформацію та відпочивати.

Адаптація до нього практично неможлива. Фоновий рівень шуму навколишнього середовища становить 30-60 децибел. До цього природного фону за сучасних умов додаються виробничі й транспортні шуми, рівень яких нерідко перевищує 100 децибел. Джерелами шуму є: промислові об'єкти, транспорт, гучномовні пристрої, телевізори, радіоприймачі, музичні інструменти, юрби людей тощо. Шум у виробничих умовах негативно впливає на працівника: послаблює увагу, посилює розвиток втоми, сповільнює реакцію на небезпеку. Внаслідок цього знижується працездатність та підвищується ймовірність нещасних випадків. Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот на робочих місцях у виробничих приміщеннях наведені в таблиці 5.1 [42]:

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Рівні звукового тиску в дБ, в октавних смугах частот, Гц								
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
107	95	87	82	78	75	73	71	69

Встановлено, що рослини під впливом шуму знижують енергію до зростання, у них спостерігається надмірне (навіть повне, що призводить до загибелі) виділення вологи через листя, можливі порушення у клітинах. Гинуть листя і квіти рослин, які розташовані близько до джерела інтенсивного шуму (звуку). Відсутність шуму особливо необхідний для тварин, які обмінюються звуковою інформацією, а також аналізуючи звуки навколишнього середовища з метою покращання отримання інформації, в тому числі сигналів тривоги. Аналогічно діє шум на тварин. Від шуму реактивного літака гинуть личинки бджіл, самі

вони втрачають здатність орієнтуватися, у пташиних гніздах дає тріщини шкаралупа яєць. Від коливань повітря, які утворюються звуками переносної радіоапаратури, не можуть піднятися у повітря жуки, джмелі та інші комахи.

*Вібраційне забруднення.* Вібрація – це механічні коливання твердого тіла. Вібрацію поділяють на природну та штучну. Джерелами природної вібрації є землетруси, що викликаються природними чинниками. Джерелами штучної вібрації є промисловість, транспорт. Тривалі вібрації завдають великої шкоди здоров'ю людини – від сильної втоми до змін багатьох функцій організму: порушення серцевої діяльності, нервової системи, спазмів судин, деформації м'язів, струсу головного мозку тощо. Особливо небезпечна вібрація з частотою, яка є резонансною з частотою коливання окремих органів чи частин тіла людини, що може призвести до їх пошкодження. Тривала дія вібрації може спричинити професійне захворювання – вібраційну хворобу [42].

*Електромагнітне забруднення.* У процесі еволюції біосфера постійно знаходилася і знаходиться під впливом електромагнітного поля (ЕМП) природного

походження (природний фон): електричного й магнітного поля Землі, космічного електромагнітного випромінювання, насамперед того, що генерується Сонцем. У період науково-технічного прогресу людство створювало і дедалі ширше використовувало штучні (антропогенні) джерела ЕМП. У наш час ЕМП антропогенного походження значно перевищують природний фон і є тим несприятливим чинником, вплив якого на людину та довкілля рік за роком зростає. Ступінь впливу ЕМП на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності та тривалості дії, характеру випромінювання (неперервного чи модульованого), режиму опромінювання, розміру поверхні тіла, що зазнає опромінювання, індивідуальних особливостей організму. Електромагнітні поля можуть викликати біологічні та функціональні порушення у функціонуванні організму. Функціональні ефекти проявляються у передчасній втомлюваності, частих болях голови, погіршенні сну, порушенні функцій серцево-судинної та центральної нервової систем. Тривалий та інтенсивний вплив ЕМП призводить до стійких порушень та захворювань. Біологічні негативні ефекти впливу ЕМП проявляються у тепловій та нетепловій діях. Теплова дія призводить до підвищення температури тіла та місцевого вибіркового нагрівання органів і тканин організму внаслідок переходу електромагнітної енергії в теплову. Таке нагрівання особливо небезпечно для органів із слабкою терморегуляцією (головний мозок, очі, нирки, шлунок тощо). Наприклад, випромінювання сантиметрового діапазону призводить до появи катаракти, тобто до поступової втрати зору [42].

*Теплове забруднення.* Теплове забруднення – це результат розсіювання в навколишнє середовище теплоти, яка виділяється у багаточисельних теплових процесах, насамперед пов'язаних зі згоранням палива. Під час згорання палива щорічно витрачається до 23% кисню, що утворюється в процесі фотосинтезу на Землі за рік. За підрахунками під час спалювання вугілля в навколишнє середовище викидається радіоактивних компонентів більше, ніж за той самий час на всіх атомних електростанціях у разі безаварійної роботи. Теплове забруднення гідросфери відбувається переважно внаслідок скидання у водойми підігрітих вод від ТЕС, АЕС та

інших енергетичних об'єктів. Тепла вода змінює термічні та біологічні режими водойм і шкідливо впливає на їхніх мешканців [42].

#### **4.2. Вплив приймальних пристроїв на навколишнє середовище**

Абонентський приймач – телевізійний приймач (приставка), пристрій, що приймає сигнал цифрового телебачення, декодує його і перетворює в аналоговий сигнал для виведення через роз'єми RCA або SCART або перетворює в цифровий сигнал для виведення через роз'єм HDMI , і передає його далі на телевізор.

Перехід до цифрового телебачення призвів до зростання виробництва цифрових абонентських приймачів, що в свою чергу може негативно впливати на навколишнє середовище. Приймач продукує слабкі електричні і магнітні змінні поля в широкому діапазоні частот. Проте проблема впливу електромагнітних випромінювань, що продукуються заслуговує на особливу увагу. Наукові дослідження показали, що ЕМВ мають у своєму складі чинник, котрий впливає на користувачів при наявності сучасних екранів від ЕМВ. Вчені України ідентифікували цей чинник як торсіонові поля, котрі супроводжують будь-яке електромагнітне випромінювання та являються його інформаційною компонентою [45]. Робоча група Всесвітньої організації охорони здоров'я з гігієнічних аспектів користування моніторами та радіо терміналами виявили порушення стану здоров'я при користуванні пристроями, які мають електромагнітне випромінювання, найсерйозніші з яких:

- погіршення зору;
- порушення імунної системи;
- порушення психоемоційної сфери ( стресовий синдром, агресивність)

Для забезпечення безпеки здоров'я користувачів в Україні діють Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів «ДСанПіН 3.3.6.096-2002». Значення ГДР напруженості електричної ( $E_{гд}$ ) і магнітної ( $H_{гд}$ ) складових залежно від тривалості їх дії наведені в таблиці 5.2.

Значення ГДР напруженості електричної ( $E_{гд}$ ) і магнітної ( $H_{гд}$ ) складових

Час перебування персоналу, год	$E_{гд}$ , В/м					$H_{гд}$ , А/м			
	1-10 кГц	10-60 кГц	0,063 МГц	3-30 МГц	30-300 МГц	1-10 кГц	10-60 кГц	0,06-3 МГц	30-50 МГц
8	120	70	50	30	10	9	7	5	0,3
7	130	75	53	32	11	9,8	7,5	5,3	0,32
6	140	82	58	34	12	10,6	8,1	5,8	0,34
5	155	90	63	37	13	11,6	8,8	6,3	0,38
4	175	110	71	42	14	13	9,9	7,1	0,42
3	200	115	82	48	16	15	11,4	8,2	0,49
2	250	140	100	59	20	18,4	14	10	0,6
1	350	200	141	84	28	26	19,7	14,2	0,85
0,5	500	280	200	118	40	37,6	27,9	20	1,2

У результаті дії на організм людини електромагнітних випромінювань в діапазоні 30 кГц - 300 МГц (НЧ) спостерігається: загальна слабкість, підвищена втома, сонливість, порушення сну, головний біль та біль в ділянці серця. З'являється роздратованість, втрачається увага, сповільнюються рухово-мовні реакції. Виникає ряд симптомів, які свідчать про порушення роботи окремих органів - шлунку, печінки, підшлункової залози.

Для того, щоб зменшити рівень електромагнітного випромінювання потрібно обмежити безперервний час роботи абонентського приймача [43-46].

В Україні норми електромагнітної безпеки регламентуються Державними санітарними нормами і правилами захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання, згідно з якими допустимі рівні інтенсивності електромагнітного випромінювання для цивільного населення становлять  $2,5 \text{ мкВт/см}^2$ .

Абонентський приймач під час роботи створює шум, рівень якого становить 54 дБ. Допустимий рівень звукового тиску повинний відповідати «ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», а саме 50 дБ.

Велика кількість звукових сигналів, що поступають до кори головного мозку, викликають переживання, страх, передчасну втому. Дія шуму на людину виражається в широкому діапазоні - від суб'єктивного роздратування до об'єктивних змін в ЦНС, органах слуху, серцево-судинних та ендокринній системах, травному акті та інших органів і систем. Першим показником шкідливої дії шуму є скарги на роздратованість, переживання, порушення сну [45].

### **4.3. Засоби для захисту від електромагнітного випромінювання та шуму, проблема електронних відходів**

*Захист від електромагнітного випромінювання.* Для зменшення впливу ЕМП на персонал та населення, яке знаходиться у зоні дії радіоелектронних засобів, потрібно вжити ряд захисних заходів. До їх числа можуть входити організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні.

До заходів щодо зменшення впливу на працівників ЕМП належать: організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні.

Організаційні заходи здійснюють органи санітарного нагляду. Вони проводять санітарний нагляд за об'єктами, в яких використовуються джерела електромагнітних випромінювань.

Інженерно-технічні заходи передбачають таке розташування джерел ЕМП, яке б зводило до мінімуму їх вплив на працюючих, використання в умовах виробництва дистанційного керування апаратурою, що є джерелом випромінювання, екранування джерел випромінювання, застосування засобів індивідуального захисту (халатів, комбінезонів із металізованої тканини, з виводом на заземлюючий пристрій). Для захисту очей доцільно використовувати захисні окуляри ЗП5-90. Скло окулярів вкрито напівпровідниковим оловом, що послаблює інтенсивність електромагнітної енергії при світлопропусканні не нижче 75%.

Взагалі, засоби індивідуального захисту необхідно використовувати лише тоді, коли інші захисні засоби неможливі чи недостатньо ефективні: при проходженні через зони



опромінення підвищеної інтенсивності, при ремонтних і налагоджувальних роботах в аварійних ситуаціях, під час короткочасного контролю та при зміні інтенсивності опромінення. Такі засоби незручні в експлуатації, обмежують можливість виконання трудових операцій, погіршують гігієнічні умови.

У радіочастотному діапазоні засоби індивідуального захисту працюють за принципом екранування людини з використанням відбиття і поглинання ЕМП. Для захисту тіла використовується одяг з металізованих тканин і рідіопоглинаючих матеріалів. Металізовану тканину роблять із бавовняних ниток з розміщеним всередині них тонким проводом, або з бавовняних чи капронових ниток, спірально обвитих металевим дротом. Така тканина, наче металева сітка, при відстані між нитками до 0,5 мм значно послаблює дію випромінювання. При зшиванні деталей захисного одягу треба забезпечити контакт ізольованих проводів. Тому електрогерметизацію швів здійснюють електропровідними масами чи клеями, які забезпечують гальванічний контакт або збільшують ємнісний зв'язок безконтактних проводів.

Лікарсько-профілактичні заходи передбачають проведення систематичних медичних оглядів працівників, які перебувають у зоні дії ЕМП, обмеження в часі перебування людей в зоні підвищеної інтенсивності електромагнітних випромінювань, видачу працюючим безкоштовного лікарсько-профілактичного харчування, перерви санітарно-оздоровчого характеру.

*Захист від шуму.* Для зменшення і ліквідації шуму застосовується цілий комплекс заходів, що називається шумозахистом. Це застосування звукопоглинаючих матеріалів, раціональне розміщення будівельних об'єктів, створення вздовж вулиць екранів у вигляді земляних валів, стін різних конструкцій, шумовідбиваючих, як правило не житлових будівель - магазинів, складів, гаражів.

*Проблема електронних відходів.* Згідно Закону України «Про відходи» з метою запобігання або зменшення обсягів утворення відходів потрібно здійснювати системи збирання та утилізації електричного та електронного обладнання [30]. Вирішення проблеми електронних відходів в Україні мав би забезпечити «Технічний регламент з поводження з відходами електричного та електронного обладнання», розробка якого в

Україні здійснюється з 2008 року. Згідно з проектами цих законодавчих актів імпортери і виробники можуть як самостійно утилізувати електровідходи, так і підписувати договори на виконання робіт з організації збирання, заготівлі та утилізації відповідних видів техніки з уповноваженими підприємствами. Розроблено також проект Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Технічного регламенту з поводження з відходами електронного та електричного устаткування». Цим регламентом передбачається створення пунктів збору відходів електронного та електричного обладнання, які повинні розташовуватися у місцях, зручних для користувачів, та забезпечувати безоплатність послуг, що надаються цими пунктами для користувачів. Наразі обговорюється ще один варіант вирішення проблеми, а саме проект внесення змін до Податкового Кодексу, в якому передбачає централізоване стягнення коштів з імпортерів та виробників різних споживчих товарів з метою забезпечення за рахунок цих коштів належної організації збирання, заготівлі та утилізації відходів від зазначених товарів.

Однак, загалом проблему електронних відходів в Україні необхідно вирішити як в організаційно-правовому аспекті – створення фондів виробників, підтримка держави підприємств з утилізації відходів, так і в соціально-інформаційному: українців треба переконати в тому, що виносити на звичайний смітник поламаний електронний пристрій – не можна.

**Висновок.** Телекомунікаційні ресурси створюють негативний вплив на навколишнє середовище. Вони є джерелами електромагнітного випромінювання та шумового забруднення. Для мінімізації ризику виникнення захворювань, ефективними є інженерно-технічні заходи, які зменшують дію шкідливих чинників. Також були розглянута проблема електронних відходів, одним зі шляхів вирішення якої є створення пунктів збору відходів електронного та електричного обладнання.

## ВИСНОВКИ

З метою зниження витрат у оператора зв'язку розгорнуто мережу GPON. Однією з багатьох переваг цієї технології є можливість підтримки "потрійного відтворення" або передавання голосу, відео та даних по єдиній мережевій інфраструктурі. Технологія Triple Play легко досягається з використанням технології GPON через її високу пропускну спроможність, низьку затримку, відмінну підтримку якості обслуговування (QoS) і високу надійність.

У цій роботі представлені характеристики низхідної передачі мережі GPON в Ерриад-Сіті. Кілька клієнтів, підключених до PON, розділяють витрати на OLT. Завдяки своїй винятковій представленій пропускну здатності GPON є ідеальною технологією для широкомасштабних додатків FTTH, в яких багато кінцевих користувачів запитують зростаючу пропускну здатність. Крім того, в районах, зайнятих як побутовими споживачами, так і бізнесом, GPON є найбільш економічним рішенням.

У цьому рішенні з розгортання мережі GPON параметрів дотримуються для кількості користувачів із житлових приміщень, банків та університетів.

Стандарт GPON дає змогу платі OLT PON підтримувати до 128 ONT, що робить рішення GPON у 4-8 разів економічнішим.

Щоб задовольнити користувачів, 10G-GPON - це новий протокол, що забезпечує пропускну здатність 25 Гбіт/с і відповідає вимогам, оскільки майбутнє належить дуже високошвидкісним мережам після появи нових застосунків.

Це дослідження може бути поширене на NG-PON2, багатоканальну систему PON, яка не тільки збільшує доступну пропускну спроможність оптоволокна вчетверо, а й завдяки підтримці настроюваності ONU замовника забезпечує безпрецедентні переваги як для операторів, так і для користувачів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дж. Ван , Г. Ван та ін. Метод наземного моделювання оптичної передачі на довільну відстань системи лазерного зв'язку у вільному просторі на основі оптоволоконного нанозонда".
2. Журнал оптичних комунікацій і мереж IEEE/OSA. Випуск 12, 9 (2017)  
В. Пол Shumate, оптоволоконно до будинку.
3. J Lightwave Technol , 26 (9) (2008)Н. Чака , А. Хулай.
4. Оптимізація мережі FTTH у Косово шляхом впровадження архітектури GPON та аналізу вартості впровадження.
5. Int J Commun, 5 (Випуск 4) (2011)СЕ Norpitt і DEA Clarke, "Надання телефонії по пасивних оптичних мережах". Глава-телекомунікаційні локальні мережі, стор. 171-196.
6. Дж. Волранд і П. Варайя, "Мережі з комутацією каналів". Глава - Високопродуктивні комунікаційні мережі - Сторінки 205-256.
7. Дж. Ньюбері , В. Міллер.
8. Потенційні послуги зв'язку з використанням операторів ліній електропередач і широкосмугових цифрових мереж з інтеграцією послуг".
9. Транзакції IEEE при подачі електроенергії. Випуск 4, 14 (1999).
10. А. Бенський Проект радіосистеми.
11. Глава - Бездротовий зв'язок ближньої дії (2019).
12. Міжнародна конференція IEE з тенденцій у галузі комунікацій (2001 р.) Мережа доступу -- еволюція від окремих простих послуг до повністю гнучкого середовища, Wes Carter Martel europe ltd (березень 2001 р.) Серія G: системи та засоби передачі, системи та мережі цифрові", Рек. UIT-T.
13. <http://point-topic.com/> (2017).
14. Індекс візуальних мереж Cisco: прогноз і методологія.
15. <https://www.cisco.com/> (2015-2020 pp.).

16. Д. Дженкінсон, "DSL у мережі доступу". Мультимедіа ІЕЕ в місцевій лінії - семінар з DSL (Ref. No. 2000/022).
17. Г. Кейзер Концепції та додатки FTTX
18. Серія Wiley з телекомунікацій та обробки сигналів (2006 р.) Дж. Фармер, Б. Лейн , Кевін Бург
19. Рішення побудувати мережу FTTx Глава - Мережі FTTx ( 2017 )
20. М. Д. Шредер , А. Д. Біррелл , М. Берроуз та ін. Autonet: високошвидкісна самоналагоджувальна локальна мережа з використанням двоточкових з'єднань.
21. IEEE J Sel Area Commun , 9 ( 8 ) ( 2017 ) Дж. Фармер , Б. Лейн , Бург Кевін , ін.
22. Вибір технології FTTx Глава - Мережі FTTx ( 2017 ) Л. Хоу , Ю. Цзоу , Сяохуей Ма , ін.
23. Дослідження розподілу променя потужного напівпровідникового лазера в дальній зоні.
24. Міжнародна конференція з оптоелектроніки та мікроелектроніки (ІКОМ) (2015).
25. Серія G: Системи передачі та середовища, цифрові системи та мережі. Системи оптичних ліній для локальних мереж і мереж доступу Пасивні оптичні мережі (GPON) з пропускною спроможністю гігабіта: Специфікація рівня, що залежить від фізичного середовища (PMD), Рекомендація ІТУ-Т G.984.
26. Г. Серія Системи передавання та середовища, цифрові системи та мережі. Гігабітні пасивні оптичні мережі (GPON): загальні характеристики
27. ІТУ-Т G.984 (03/2008), с. 1.
28. Г. Серія Системи передавання та середовища, цифрові системи та мережі. Системи оптичних ліній для локальних мереж і мереж доступу Пасивні оптичні мережі (GPON) з підтримкою гігабітної передачі: великий радіус дії ІТУ-Т G.984 ( 2010 ), с. 7.
29. Кандидатська дисертація , БРНО ( 2011 ) Фемі Роуз , Суніл Джейкоб , Р. Ренджіт.

30. Проектування та реалізація мережі FTTH на базі технології GPON Міжнародний журнал інновацій у наукових та інженерних дослідженнях, 4 (11) (2017).

31. НПАОП 0.00-1.28-10 Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин.

32. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

33. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу».

34. «ДСН 3.3.6.042-99 Санітарних норми мікроклімату виробничих приміщень».

35. ДБН 13.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

36. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

37. ДСТУ 12.1.005-88 «ССБП. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».

38. ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення».

39. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом».

40. ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги».

41. НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».

42. Прогнозування екологічних ризиків з використанням аналізу ієрархів та теорії нечітких множин: міжнародна науково-практична конференція «І-й всеукраїнський з'їзд екологів»: Тези доповідей. Україна, м. Вінниця, 4-7 жовтня 2016. – 2016. – С.25.

43. Клап Я. А., Яремкевич О. С., Червецова В. Г., Заярнюк Н. Л., Новіков В. П., Дослідження впливу електромагнітних, постійних магнітних та акустичних полів на організм людини // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2016 – № 812. – С. 365–372.

44. Сучасний стан досліджень впливу електромагнітних випромінювань на організм людини [Електронний ресурс]/[А. П. Чорний, В. В. Никифоров, Д. І. Родькін, В. Ю. Ноженко] // Інженерні та освітні технології в електротехнічних та комп'ютерних системах: щоквартальний науково-практичний журнал. – Кременчук: КрНУ, 2013.

45. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. посібник для вузів / В. С. Джигирей. - 6-те вид., випр. і доп. - К. : Знання, 2017. - 422 с.

46. Боротьба з шумом на виробництві: Довідник / Під ред. О. Я. Юдіна. – М: Машинобудування, 2015. – 297 с.