

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

Бакалавр

Освітній рівень

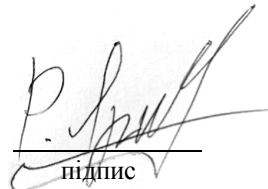
Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Шифр і назва спеціальності

на тему Телекомунікаційна мережа абонентського доступу

КПТР. 2017016.01.04 ПЗ

Виконав:
студентка 4 курсу, група ТР-17-1



підпис

Я.Р. Рижук
Ініціали, прізвище

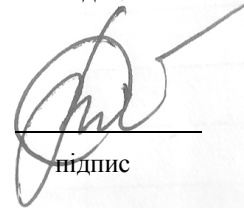
Керівник: к.т.н., доцент



підпис

А.А. Таранчук
Ініціали, прізвище

Нормоконтроль



підпис

В.І. Стецюк
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТМІТ
д-р техн. наук, доцент



підпис

С.К. Підченко
Ініціали, прізвище

«17» 06 2021р.

Хмельницький, 2021

Хмельницький національний університет

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем
Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій
Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТМІТ


«10» лютого 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

дипломнику Рижук Ярина Романівна

(Прізвище, ім'я, по батькові студента)

1 Тема проекту: Телекомунікаційна мережа абонентського доступу

керівник проекту Таранчук А.А. к.т.н., доцент

(Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання)

Затверджено

наказом ректора університету від «5» 02 2021 р. № 11

2 Строк подання студентом проекту на кафедру « 1 » 06 2021 р.

3 Вихідні дані до проекту: Телекомунікаційна мережа абонентського доступу, мікрорайон «Сонячний», м. Хмельницького. Ширококутний доступ.

Забезпечення абонентів послугою з доступу до високошвидкісного інтернету та інтерактивного телебачення. Технологія GPON.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Огляд існуючих рішень. 2. Проектування мережі. 3. Вибір та обґрунтування обладнання та компонентів мережі

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

КПТР.2017016.01.04 Е1 (арк. форм. А2). Телекомунікаційна мережа абонентського доступу, схема електрична структурна.

КПТР. 2017016.01.04 Е2. (арк. форм. А2). Телекомунікаційна мережа абонентського доступу, схема електрична функціональна. Плакат 1. (арк. форм. А4) Пасивна оптична мережа GPON в приватному секторі мікрорайону.

«Сонячний». Плакат 2. Обладнання мережі GPON. Плакат 3. Схема сегменту мережі GPON.

Науковий керівник А.А. Таранчук

Завдання отримав 

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ТМІТ


«10» лютого 2021 р.

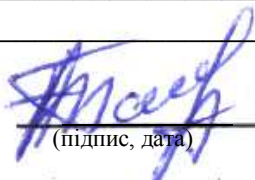
ПЛАН ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

| № п/п | Найменування виду роботи | Форма звітності, термін виконання | Відмітка наукового керівника |
|-------|--|-----------------------------------|------------------------------|
| 1. | Огляд існуючих рішень побудови оптичних мереж доступу | 1 розділ 10.05.2021 | Виконано |
| 2. | Вступ | 12.05.2021 | Виконано |
| 3. | Проектування оптичної пасивної мережі в приватному секторі | 20.05.2021 | Виконано |
| 4. | Вибір та обґрунтування обладнання та компонентів пасивної мережі абонентського доступу | 25.05.2021 | Виконано |
| 5. | Оформлення пояснювальної записки | 28.05.2021 | Виконано |
| 6. | Оформлення графічного матеріалу | 1.06.2021 | Виконано |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Примітки:

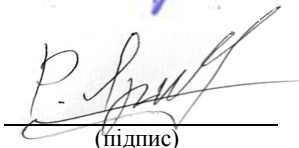
1. _____
2. _____

Науковий керівник


(підпис, дата)

А.А. Таранчук

Студент


(підпис)

Я.Р. Рижук

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційний проект на тему "Телекомунікаційна мережа абонентського доступу": 66 сторінок, 39 рисунків, 10 таблиць, 22 джерела.

Кваліфікаційний проект (КП) присвячений проектуванню телекомунікаційної мережі абонентського доступу в мікрорайоні «Сонячний» м. Хмельницького.

Спроектована мережа базується на широкопasmовій технології побудови пасивних оптичних мереж GPON. Завдяки використанню даної технології, вдалося забезпечити абонентів нового мікрорайону «Сонячний» високошвидкісним доступом до мереж інтернет та інтерактивного телебачення (IPTV).

Особливістю використання технології GPON є можливість використання архітектурного рішення FTTH, за яким оптоволоконний кабель протягується безпосередньо в будинок абонентів приватного сектора, що дозволило збільшити швидкість передачі даних до 1000 Мбіт/с та отримати абонентам високоякісну послугу доступу до гігабітного інтернету.





В КП зроблений огляд існуючих технологій абонентського доступу, розглянуті різноманітні архітектурні рішення пасивних оптичних мереж доступу.

В ході проектування розроблені структурна та функціональна схеми проектованої мережі. Зроблені розрахунки ожеледно-вітрових навантажень магістральної ділянки мережі, стріл провисання, проведений розрахунок оптичного бюджету мережі GPON, обґрунтований вибір обладнання та компонентів проектованої мережі. За рахунок правильно підбраного обладнання, використання оптоволоконного кабелю і пасивних елементів, а саме енергонезалежних розгалужувачів, вдалося значно скоротити витрати на розгортання мережі та підвищити відмовостійкість мережі в цілому.

Ключові слова: телекомунікаційна мережа; абонентський доступ; пасивне обладнання, архітектура FTTH, технологія GPON

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ..... | 6 |
| 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ПОБУДОВИ ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ ДОСТУПУ..... | 7 |
| 1.1. Порівняння активних та пасивних оптичних телекомунікаційних мереж..... | 7 |
| 1.2. Архітектурні особливості побудови оптичних пасивних мереж..... | 8 |
| 1.3. Порівняльні характеристики стандартів PON..... | 14 |
| 1.4. Моделі підключення FTTx..... | 16 |
| 2. ПРОЄКТУВАННЯ ОПТИЧНОЇ ПАСИВНОЇ МЕРЕЖІ В ПРИВАТНОМУ СЕКТОРІ..... | 19 |
| 2.1. Огляд технічного завдання за темою проєкту..... | 19 |
| 2.2. Розробка структурної та функціональної схем мережі PON..... | 20 |
| 2.3. Опис етапів проектування мережі..... | 22 |
| 2.4 Розрахунок параметрів обладнання та компонентів оптичної пасивної мережі..... | 31 |
| 2.4.1. Розрахунок навантажень по ожеледі та вітру магістральної ділянки мережі..... | 31 |
| 2.4.2. Розрахунок навантажень на опори..... | 34 |
| 2.5. Розрахунок оптичного бюджету мережі GPON..... | 44 |
| 3. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ТА КОМПОНЕНТІВ ПАСИВНОЇ МЕРЕЖІ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ..... | 48 |
| 3.1. Вибір типу магістрального кабелю..... | 48 |
| 3.2. Вибір компонентів розподільчої ділянки мережі..... | 49 |
| 3.3. Вибір лінійної арматури..... | 52 |

| | | | | | | | | |
|----------|--------------|---|----------|------|---|-----------------|-------|---------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Телекомунікаційна мережа абонентського доступу Пояснювальна записка | Літера | Аркуш | Аркушів |
| Виконав | Рижук Я.Р |  | 17.06.21 | н | | 4 | 66 | |
| Перевір. | Гаранчук А.А |  | 17.06.21 | | | | | |
| Н.контр. | Стецюк В.І. |  | 17.06.21 | | | | | |
| Затвер. | Підченко С.К |  | 17.06.21 | | | ХНУ, гр.ТР-17-1 | | |

| | |
|--|----|
| 3.4. Вибір компонентів абонентської ділянки мережі..... | 53 |
| 3.5. Вибір та обґрунтування оптичних кросів лінійної ділянки мережі..... | 55 |
| 3.6. Оброблення стандартного підвісного оптичного кабелю..... | 61 |
| Висновки..... | 62 |
| Список використаних джерел..... | 63 |
| Додаток А..... | 65 |

ВСТУП

Розвиток сучасних телекомунікаційних мереж та систем комутації на основі цифрового обладнання і апаратури ущільнення привів до зміни концепції побудови мережі абонентського доступу [1]. Саме поняття терміну «мережа абонентського доступу» (МАД) з'явилося досить недавно. Вимоги до її побудови наведені в рекомендації G.902 ІТУ-Т, де МАД називається мережа, яка об'єднує як лінію зв'язку, так і устаткування, що забезпечує передачу цифрового потоку до абонента [2].

Розвиток мереж абонентського доступу здійснювався поетапно. На першому етапі абонентські лінії використовувались, в основному, для обміну мовної інформації в смузі каналу тональної частоти. З появою вузькосмугових систем з інтеграцією цифрових служб (другий етап) смуги тональної частоти стало недостатньо. Тому третім етапом стало використання широкосмугових систем з інтеграцією цифрових служб, які забезпечили можливість обміну відео. Четвертим етапом стало використання телекомунікаційних мереж для мереж інтернет – речей, а також телемедицини.

За останні роки вимоги до якості послуг в мережі Інтернет дуже змінилися. Користувачі Інтернет очікують від мережі підвищеної інтерактивності, мультимедійності, можливості швидкого завантаження і обміну зображеннями та відео [3].

На сьогодні через мережу віртуального простору переміщується все більший обсяг великих файлів, який досяг 5,3 екзабайт на день, і експерти очікують, що ця тенденція буде лише посилюватися [4]. І саме тиск зі сторони кінцевих користувачів на покращення якості зв'язку є однією з основних причин, через яку постачальники послуг мережі Інтернет розглядають широкосмугові оптоволоконні з'єднання, як найкращу технологію і рішення для підключення нових абонентів. Підключення кожного користувача індивідуальним волокном значно покращує якість зв'язку та надає можливості розширення смуги пропускання.

З огляду на все вище сказане тема кваліфікаційного проекту, яка присвячена проектуванню телекомунікаційної мережі абонентського доступу є актуальною.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 6 |

1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ПОБУДОВИ ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ ДОСТУПУ

1.1. Порівняння активних та пасивних оптичних телекомунікаційних мереж

Відомо, що волоконна оптика використовує світлові сигнали для передачі даних. Оскільки ці дані передаються оптоволоконном, то необхідно використовувати спосіб їх поділу, щоб вони потрапили до потрібного пункту призначення.

Існує два основних типи систем, які дають можливість широкосмугового підключення волокна до будинків абонентів. До таких систем відносяться активні оптичні мережі та пасивні оптичні мережі. Кожна з цих систем використовує певні способи розподілення даних для напрямлення їх до конкретного абонента.

Архітектура активної оптичної системи містить комутаційне обладнання з електричним живленням, таке як маршрутизатор або агрегатор комутаторів, для управління розподілом сигналів і прямих сигналів, призначених конкретним клієнтам. Комутатори використовують різні способи комутації для напрямлення вхідних та вихідних сигналів у необхідне місце. У таких системах прямо до будинку клієнта зазвичай протягується спеціальне волокно [1-4].

Пасивна оптична мережа, навпаки, не включає в себе комутаційне обладнання з електричним живленням і замість цього використовує оптичні розгалужувачі (спліттери) для розподілу та збору оптичних сигналів під час їх прийому/передачі мережею. Пасивна оптична мережа використовує волоконно-оптичні волокна для різних частин мережі. В таких системах активне обладнання з живленням потрібно лише на джерелі та на приймальних станціях сигналу.

Пасивні оптичні мережі (аббр. Passive Optical Network, PON) володіють певними перевагами, однією з яких є їх ефективність за рахунок того, що кожне волоконно-оптичне волокно може обслуговувати до 32 користувачів в радіусі до 20 кілометрів. Мережі PON мають низьку вартість будівництва та потребують менших витрат на обслуговування, по зрівнянню з активними оптичними мережами [5].

Однак, пасивні оптичні мережі мають і деякі недоліки.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 7 |

До них відноситься менший діапазон, ніж в активних оптичних мережах. Це призведе до того, що абоненти повинні знаходитися географічно ближче до центрального джерела (вузла) даних. В системах PON також ускладнюється виявлення несправностей, коли вони трапляються. Крім того, оскільки смуга пропускання в PON не призначена для окремих абонентів, швидкість передачі даних може зменшуватися під час пікових періодів використання в результаті ефекту, відомого як затримка. Затримка швидкості поширення оптичного сигналу погіршує якість надання послуг користувачам, таких як аудіо та відео, що потребують плавної швидкості для її підтримки [6].

Активні оптичні мережі володіють наступними перевагами. Так, за рахунок їхньої залежності від технології Ethernet полегшується взаємодія між постачальниками послуг (провайдерами). Абоненти можуть обирати потрібне апаратне забезпечення, яке забезпечує відповідну швидкість передачі даних та масштабуватись у міру збільшення своїх потреб, не потребуючи реструктуризації мережі [6].

Слабкими сторонами активних оптичних мереж є необхідність потреби принаймні одного агрегатора або комутатора на кожні 48 абонентів, які вимагають живлення. Тому активна оптична мережа за своєю суттю менш надійна, ніж пасивна оптична мережа.

Технологія PON на тепер є найбільш використовуваною для побудови мереж абонентського доступу в Україні. Це сама досконала і розвинена технологія, яка здатна забезпечити абонентам три види послуги: телефонії, Інтернет та кабельне телебачення в обласних, міських та районних центрах.

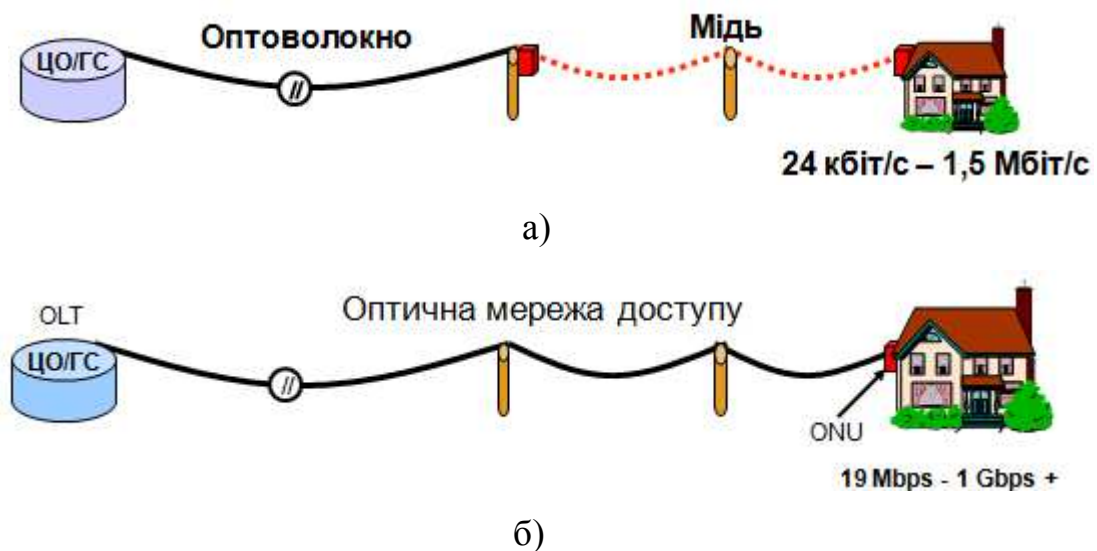
1.2. Архітектурні особливості побудови оптичних пасивних мереж

Існує декілька рішень архітектурної побудови мереж PON, які мають аббревіатуру – волокно до... (FTTx – абр. Fiber to the...). Усі рішення FTTx є рушійною силою доступу наступного покоління, що забезпечують підвищення швидкості та якості широкосмугових мереж. В мережах PON використовується доступ з часовим поділом каналів при передачі інформації користувачам до їх оптичних мережевих закінчень (ONU, Optical Network Unit) від центрального

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 8 |

офісу/ головної станції (ЦО/ГС), який називається оптичним лінійним терміналом (OLT, Optical Line Terminal) [6].

FTTH – це більш конкретне архітектурне рішення загальної архітектури широкопasmової телекомунікаційної мережі волокно до х... (FTTx) [1,6], в якому х являє собою точку в мережі, в якій волоконно-оптичний кабель підключається для обслуговування будинків поблизу (рисунок 1.1, а). У кожній реалізації місце, до якого оптичне волокно доводиться і передає сигнал далі на металевий кабель, відрізняється. Сама назва FTTH – волокно до дому означає, що кабель підключається безпосередньо в будинок користувача. При цьому, волокно може протягуватися прямо в будинок (рисунок 1.1, б).



ЦО/ГС – центральний офіс/ головна станція

Рисунок 1.1 – Рішення FTTx для мереж МАД: змішана реалізація FTTH+xDSL (а); волокно в будинок FTTH (б)

Мережі FTTH можуть бути реалізовані за трьома схемами [1,5,6]:

1. Активна FTTH мережа. В такій реалізації мережі до кожного з абонентів прокладається спеціальна волоконно-оптична жила. Для управління розподілом сигналу можуть використовуватися активні (живлячі) вузли мережі (рисунок 1.2).

Активна FTTH мережа побудована за топологією зірка, де усі будинки підключаються до локального комутатора, від якого оптоволокно протягується до

кожного будинку. Така реалізація надзвичайно гнучка, в якій активні електронні компоненти розташовуються ближче до будинку, заощаджуючи лише невелику кількість витрат на кабелі.

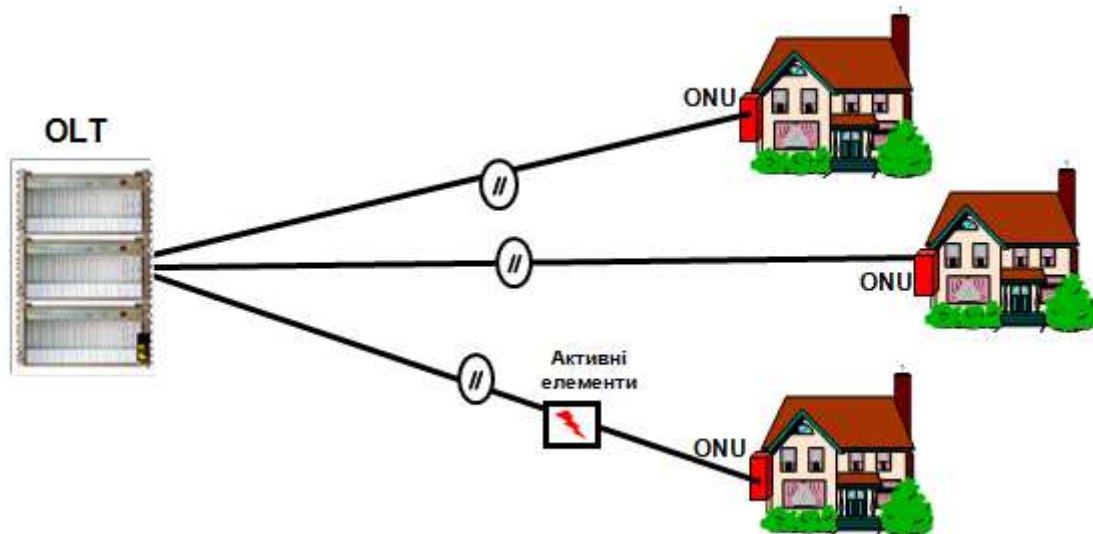


Рисунок 1.2 – Активна FTTH мережа

2. Пасивна FTTH мережа. Протягування волокна від головної станції до кожного будинку пропонує найбільшу гнучкість, але за найвищої вартості розгортання, оскільки жодні електронні елементи в такій реалізації мережі не використовуються. Це дуже хороше рішення для невеликих мікрорайонів з приватними забудовами або сільськими забудовами.

Пасивна оптична мережа використовує розгалужувач біля спільного використання волокна для головної станції. Причому, в місці ГС використовується не тільки волокно, але і активна електроніка у вигляді одного передавача на головній станції для підключення до 32 будинків, що значно зменшує витрати на підключення. Базові архітектури PON широко використовуються, оскільки вони, як правило, є найменш дорогим способом реалізації FTTH (рисунок 1.3).

Усі мережі FTTH засновані на стандартному одномодовому (ОМ) волокні (ITU G.652), яке також називають дисперсійним не зсувним або не дисперсійним - зсувним волокном. Єдиним варіантом волокна, який зазвичай розглядають, є використання волокна з довжиною хвилі 1400 нм.

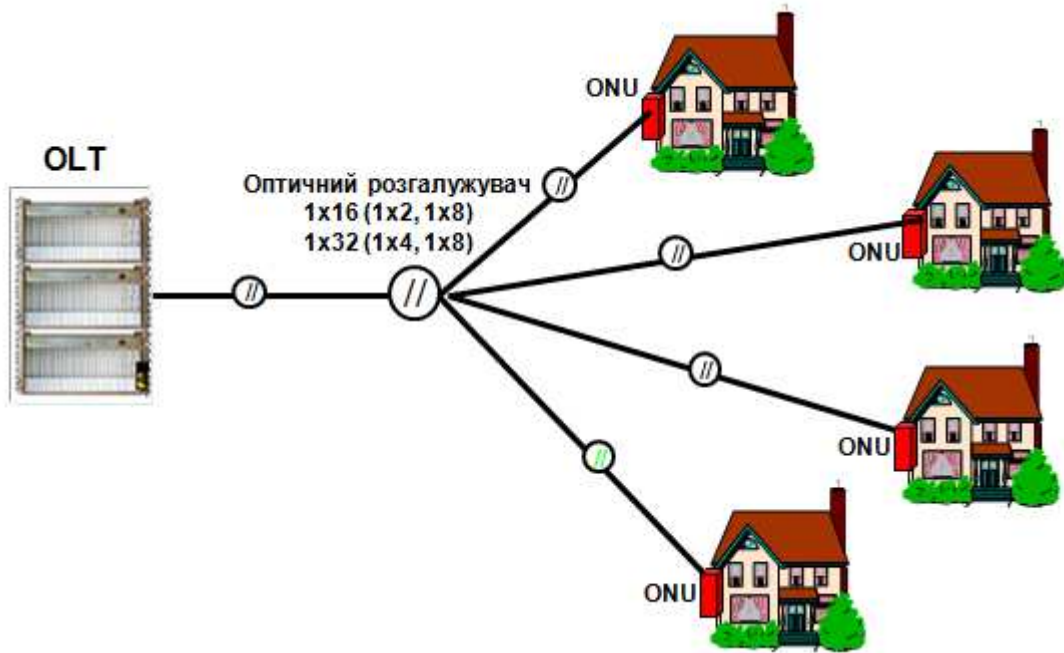


Рисунок 1.3 – Пасивна FTTH мережа

Мережа PON використовує оптичні з'єднувачі, такі як мультиплексори з поділом на довжину хвилі, так і прості розгалужувачі (спліттери / комбайнери), щоб забезпечити з'єднання багатьох клієнтів лише одним волокном від головної станції, а також телевізійне або радіомовлення, з трансляцією повітряних хвиль. Таким чином, кілька волокон можуть підтримувати багатьох клієнтів, як правило, до 32 клієнтів на одному волокні від головної станції до локального розгалужувача.

PON, що використовує мультиплексування з поділом на довжину хвилі (WDM), можна використовувати двома способами: він може надати кожному клієнту виділену довжину хвилі, значно розширюючи пропускну здатність до будь-якого клієнта, але набагато більшу вартість [1,6].

Більш популярним варіантом є використання WDM для передачі кількох служб, як правило, голосових даних та відео, а також вихідних сигналів, по одному волокну [6].

Вихідні дані від декількох абонентів є мультиплексованими з поділом часу, тому кожен абонент має часові вікно для відправки даних назад до системи. Таку топологію мережі називають P2MP (точка – багатоточка).

3. Гібридні мережі PON – гібридна архітектура. В такій реалізації мережі використовуються як оптичні розгалужувачі для розділення та агрегування сигналу (пасивна частина мережі) з активним обладнанням в кінцевих вузлах мережі так і активні елементи у вузлах з'єднань (активна частина мережі) (рисунок 1.4).

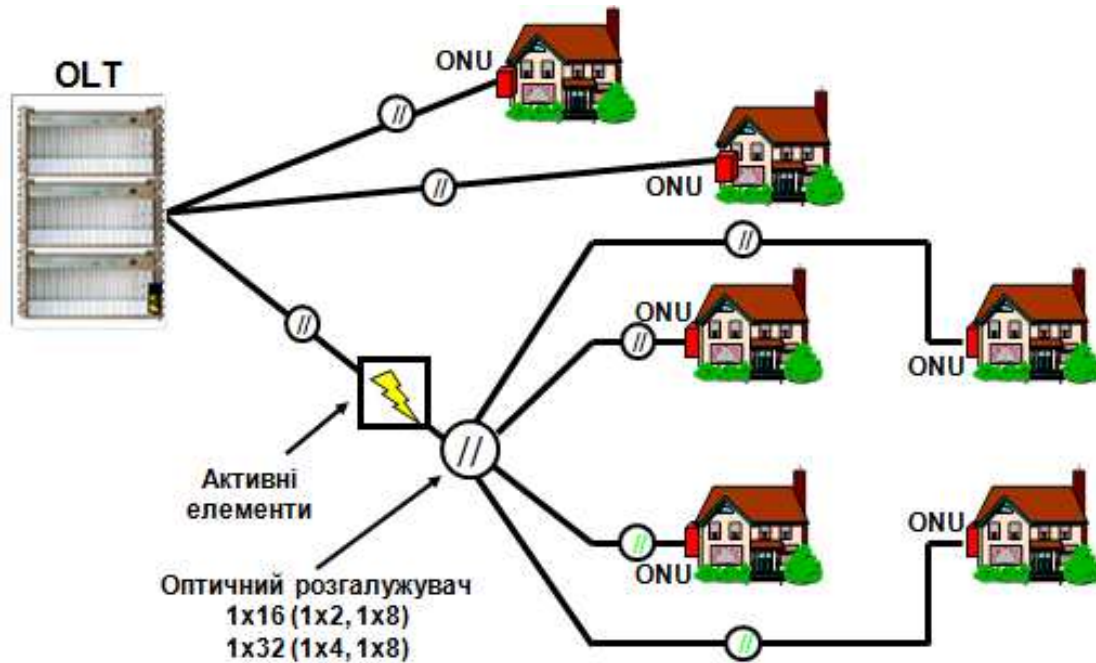


Рисунок 1.4 – Гібридна мережа PON FTTH

Ширококутові з'єднання волокна FTTH відносяться до волоконно-оптичних кабельних з'єднань для окремих будівель. Такі системи, засновані на оптиці та можуть забезпечити споживачів цифровими послугами (телефонії, відео, даних тощо) ефективніше, ніж традиційні мідні коаксіальні кабелі, приблизно за ту саму ціну. Обладнання приміщень FTTH залежить від типу використання оптичних мереж, як активних, так і від пасивних.

Зі свого боку, пасивні оптичні мережі (PON) базуються на пасивних розгалужувачах (розташованих за волоконними підсилювачами потужності), які розподіляють сигнали до абонентів; сигнали для різних користувачів можуть мультиплексуватися, наприклад, з мультиплексуванням з розподілом у часі. Усі інші підключення виконуються в центральному офісі/головній станції, причому, швидкість передачі даних по лінії «вверх» часто набагато менше, ніж для

завантажень. Який підхід є більш підходящим, дуже залежить від вимог до використання, наприклад, щодо пропускної здатності завантаження та швидкості самого завантаження, а також від типової близькості користувачів [1].

Для постачальників послуг так і залишається питання, коли переходити на FTTH і з чого починати: скрізь одночасно або на початку лише в регіонах, де це видається економічно найбільш розумним. Такі рішення залежать не тільки від вже існуючої інфраструктури, а й від багатьох інших питань, наприклад, щодо майбутнього розвитку використання широкосмугових послуг (можливо, на якомусь визначеному цільовому ринку), державного регулювання, цін на комплектуючі, різні проблеми на системному рівні та конкурентів на місцях.

Використання оптоволокна для «останньої милі» забезпечує велику пропускну здатність та дає змогу організувати інтернет-з'єднання зі швидкостями від 100 біт/с і більше [1,5,6].

1.3. Порівняльні характеристики стандартів PON

Технології PON почали свій розвиток з середини 90-их років, пройшли декілька етапів на шляху свого розвитку та охоплюють стандарти APON, EPON і GPON (рисунок 1.5) [6].

У 1995 році організація FSAN (абр. full service access network), підтримувана ITU-T створила консорціум, який почав розробляти рекомендації для систем доступу PON разом з організаціями зі стандартизації, як ITU-T, ETSI і ATM форум та стандартизувати вимоги до устаткування PON з ціллю узгодження обладнання виробників та надання можливостей спільного існування операторів, на конкурентному ринку За основу стандарту PON G.983.1 (1998 рік створення) вибрана основна технологія ATM, яка здатна забезпечити транспортування мультисервісних послуг через мережу PON з високою якістю послуг зв'язку QoS.

Технологія APON (ATM PON) базується на транспортуванні комірок ATM деревом PON. Забезпечувана швидкість передачі APON сягає 622 Мбіт/с.

Рекомендація G.983.3 (2001 рік) описує основні положення технології BPON (абр. broadband PON), яка додала нових можливостей PON.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 13 |

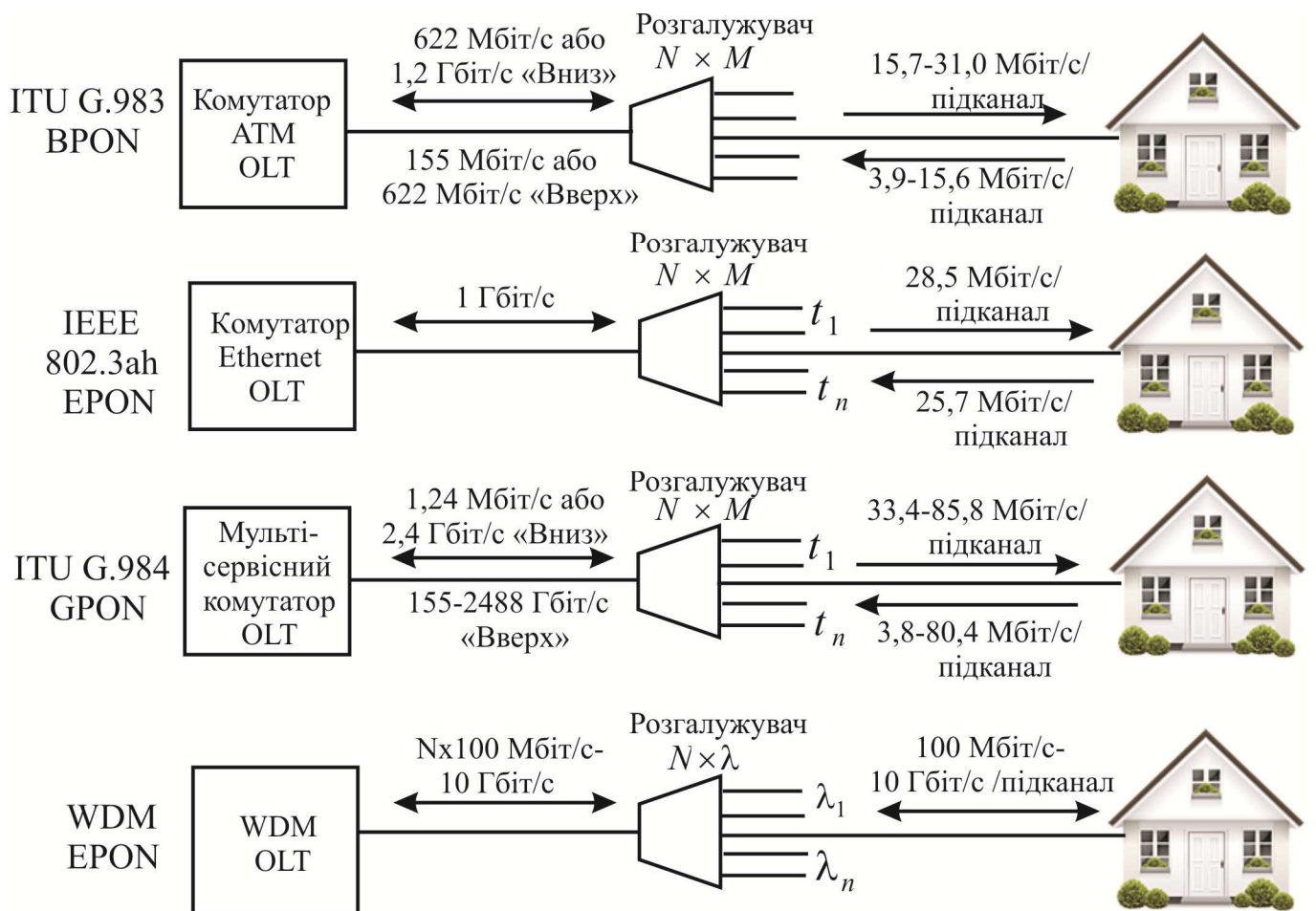


Рисунок 1.5 – Технології PON

Завдяки появі технології BPON стала можлива передача голосу, відео, даних та широкосмугового телебачення. Для цього виробниками розроблені спеціальні інтерфейси на OLT з можливістю підключення до магістральної мережі і на ONU для підключення до абонентів.

Поява стандарту 802.3ah (2000 рік) обумовлена бажанням створити мережі PON за своїм архітектурним рішенням найбільш наближеними до поширених мереж Ethernet. Такий стандарт був запропонований та розроблений спеціальною комісією під назвою EFM (англ. Ethernet in the first mile - «Ethernet в першу милю»), а також альянсом EFMA («Ethernet першу милю» Ethernet in the first mile alliance) у результаті спільних напрацювань. Цим двом організаціям вдалося розробити стандарт EPON 802.3ah, який є повністю сумісним з технічною характеристикою магістрального пакетного кільця IEEE 802.17.

Стандарт GPON (Gigabit PON) ITU-T Rec. G.984.3 GPON, який з'явився у 2003 році став продовженням архітектурного удосконалення мережі доступу APON. З його появою вдалося значно збільшити смуги пропускання мережі PON. значно збільшити швидкості передачі (622 Мбіт/с до 2,5 Гбіт/с) та ефективність передачі різноманітних мультисервісних додатків.

GPON базується на стандарті ITU-T G.704.1 GFP (абр. generic framing protocol) – протоколу кадрів, дозволяючи динамічно розподіляти смугу) та підтримує як симетричну бітову швидкість в дереві PON для потоків «вверх» і «вниз», так і асиметричну [6].

Проведемо порівняння двох технологій GPON і GEPON.

Швидкість передачі в прямому потоці у GPON - 2,5 Гб/с, а у GEPON - 1,25 Гб/с. Максимальне число абонентських вузлів на одне волокно у GPON - 64, а у GEPON - 16, що обумовлює більш низьку вартість порту на одного абонента в оптичному терміналі оператора, зробленому за стандартом GPON, і значно менше споживання електроенергії станційним обладнанням, ніж при використанні операторського обладнання стандарту GEPON.

Завантаженість смуги пропускання за технологією GPON - не менше 93%, а за стандартом GEPON - не більше 60%. Ця різниця зумовлена тим, що в активному обладнанні GPON, використовується технологія фрагментації кадрів GEM, що підвищує ефективність використання смуги пропускання. В технології ж GEPON такого інструменту немає.

Мережа GPON складається з магістральних і розподільних ліній зв'язку. Протяжність магістральних трас GPON в даний час досягає 20 км. Магістральні ділянки прокладаються з використанням традиційних методів повітряної або підземної прокладки оптичних кабелів із захисною оболонкою, яка забезпечує довговічність експлуатації кабельної лінії в умовах підвищеної вологості і перепаду температур.

Порівняльні характеристики GPON та GEPON зведемо до таблиці 2.1.

Найбільш перспективна та використовувана на сьогодні технологія - це WDM-PON, який використовує хвильову сітку DWDM (абр. Dense Wavelength Division Multiplexing – щільне мультиплексування з хвильовим поділом за

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КІПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

довжиною хвилі). Технологія дозволяє розміщувати велику кількість паралельних високошвидкісних каналів поверх однієї структури PON. WDM-PON – схема передачі, яка заснована на поділі у часі, як в GPON, при цьому кожен ONT передає і приймає дані на певній довжині хвилі. В типовій архітектурі WDM-PON пасивні розгалужувачі замінюють на хвильові селективні фільтри, що реалізовані у вигляді решітки на основі масиву хвильоводів (англ. Arrayed Waveguide Grating -AWG) [7].

Таблиця 2.1 – Порівняльні характеристики рішень GPON та GEPON

| Характеристика | GPON | GEPON |
|---|---|---|
| Послуги | Повний пакет послуг (інтернет, телефонія, телебачення) | |
| Структура рівнів | Комірки ATM та кадри GEM (включають кадри Ethernet та TDM) | Кадри Ethernet (включають TDM) |
| Швидкість передачі | «Вниз»: 2,5 Гбіт/с «Вверх»: 1,2 Гбіт/с | «Вниз»: 1,2 Гбіт/с «Вверх»: 1,2 Гбіт/с |
| Максимальне число ONT (ONU) на 1 порт OLT | 64 (128) | 32(64) |
| Тип даних | ATM, Ethernet | Ethernet |
| Доступ до середовища | Множинний доступ з часовим ущільненням, що здійснюється за допомогою кадрів керування | |
| Виявлення та активація ONT (ONU) | Автоматичне виявлення нових ONT (ONU) | |
| Носійні довжини хвиль | «Вниз»: 1480-1500 нм «Вверх»: 1260-1360 нм | |
| Пряма корекція помилок (FEC) | Можлива, дозволяє працювати на меншому рівні чутливості приймача | |

Перевагами WDM-PON є: постійна наявність виділеної смуги та фізична ізолюваність сигналів абонентів; використання до 64 абонентів на волокно; можливе значне збільшення дальності зв'язку до 80 км [7].

Основний недолік WDM-PON - висока вартість, так як потрібні вузькосмугові передавачі, що випромінюють на заданій довжині хвилі. Технологія WDM-PON на теперішній час активно розробляється.

1.4. Моделі підключення FTTx

Скорочення FTTx, де “x” є літерою заповнювачем: Н – будинок, N –вузол, В– бізнес, С – шафа та Р – приміщення. На рисунку 1.6 наведена схема моделей

підключення абонентів за архітектурним рішенням FTTx [1,6].

Волокно до дому (FTTH) (або FTTP - волокно до приміщення) означає надання широкосмугових з'єднань для передачі даних (наприклад, для забезпечення доступу до Інтернету, телефонії та відео на вимогу, іноді поєднаних із усіма трьома послугами) приватним домогосподарствам та невеликим офісам безпосередньо оптичним волокном.

Це технічна альтернатива домінуючій в даний час моделі «волокна до вузла» (FTTN), де волокно передає дані лише до якогось вузла, розташованого в центральному офісі або в придорожньому кабінеті, звідки здійснюється точний розподіл по різних будинках за допомогою мідних кабелів.

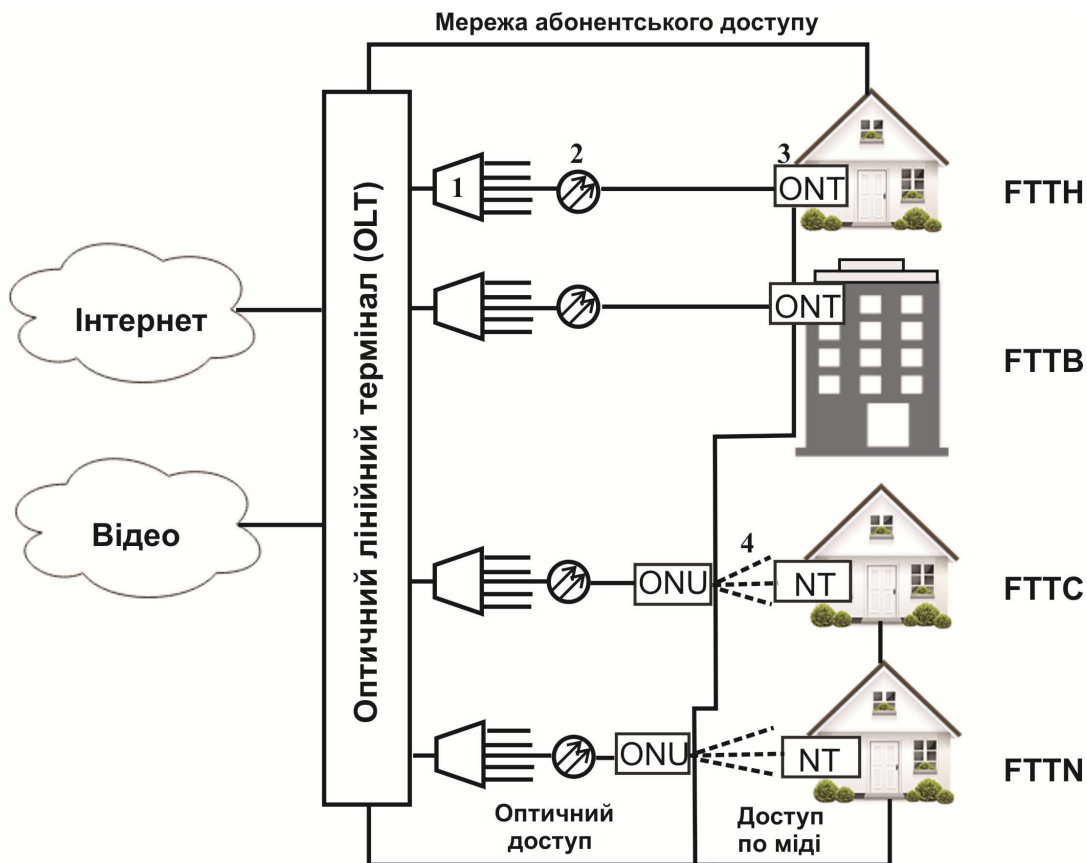
Такі архітектурні рішення, як FTTB (абр. Fiber to the Building – волокно до будівлі) та FTTP (абр. Fiber to the premises – волокно до приміщень) використовуються при побудові мереж PON. Вони є схожими (взаємозамінні) до архітектури FTTH. Мережева структура таких архітектурних рішень однакова. Деякою відмінністю між рішеннями FTTH і FTTB є те, що FTTH з'єднує оптичні волокна безпосередньо з декількома будівлями в межах одного володіння. За архітектурою FTTB оптичні волокна доводяться до будівлі, а далі підключення під'їздів, будинків та офісів (всередині) відбувається з використанням технології xDSL металевими кабелями.

Рішення FTTC (абр. Fiber to the Curb), або волокно до шафи, називається таким, оскільки замість того, щоб підключатись безпосередньо до будівлі, будинку або приміщення, волоконно-оптичний кабель підключається до шафи біля будинків або підприємств, а далі крученою парою, передає сигнал з комунікаційної шафи в будівлі кінцевих користувачів. Волокно до вузла FTTN (абр. Fiber to the Node) відноситься до установки, при якій оптичне волокно підключається до мережевої станції міста, району або вузла, а далі сигнал передається мідними провідними мережами з цієї точки.

Існує кілька інших версій FTTx, зокрема [5,6]:

Волокно до терміналу FTTF (абр. Fiber to the Terminal). Волоконно-оптичні кабелі підключаються безпосередньо до настільного обладнання в офісі.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 17 |



1 – розгалужувач; 2 – оптоволоконний кабель; 3 – оптичний лінійний термінал (ONU, Optical Network Unit); 4 – мережеве закінчення (NT, Network Terminal)

Рисунок 1.6 – Схема моделей підключення абонентів за архітектурним рішенням FTТх

Волокно в офіс FTTO (абр. Fiber To The Office). Подібно до FTТТ, волоконно-оптичний кабель підключається до міні-комутатора на столах користувачів в офісі. Зазвичай в офісі є кілька комутаторів, якими керують з одного центрального місця.

Волокно на вулицю FTTS (абр. Fiber to the Subscriber). FTTS – архітектурне рішення, де волоконний кабель протягується в комп’ютерну кімнату до терміналу або медіаконвертора неподалік стола. Волокно до точки розподілу FTТdp (абр. Fiber To The Distribution Point). FTТdp - це рішення, що знаходиться між FTТC та FTТN. Кінець волокна підключається до останньої можливої точки розподілу перед приміщеннями кінцевого користувача.

Є багато інших скорочень у категорії FTТх, але єдиною основною відмінністю між ними є точка, в якій закінчується волоконний кабель і починається металеві провідники з’єднання.

2. ПРОЄКТУВАННЯ ОПТИЧНОЇ ПАСИВНОЇ МЕРЕЖІ В ПРИВАТНОМУ СЕКТОРІ

2.1. Огляд технічного завдання за темою проєкту

Завданням дипломного проєктування є побудова оптичної пасивної мережі в приватному секторі – новому мікрорайоні «Сонячний» міста Хмельницького Хмельницької області.

Площа мікрорайону «Сонячний» складає 246659м² в якому необхідно підключити приватні будинки у кількості 66 домоволодінь до мережі PON зі 100 % проникненням. На рисунку 2.1. наведена територія мікрорайону «Сонячний» на карті Google Maps (гібрид).

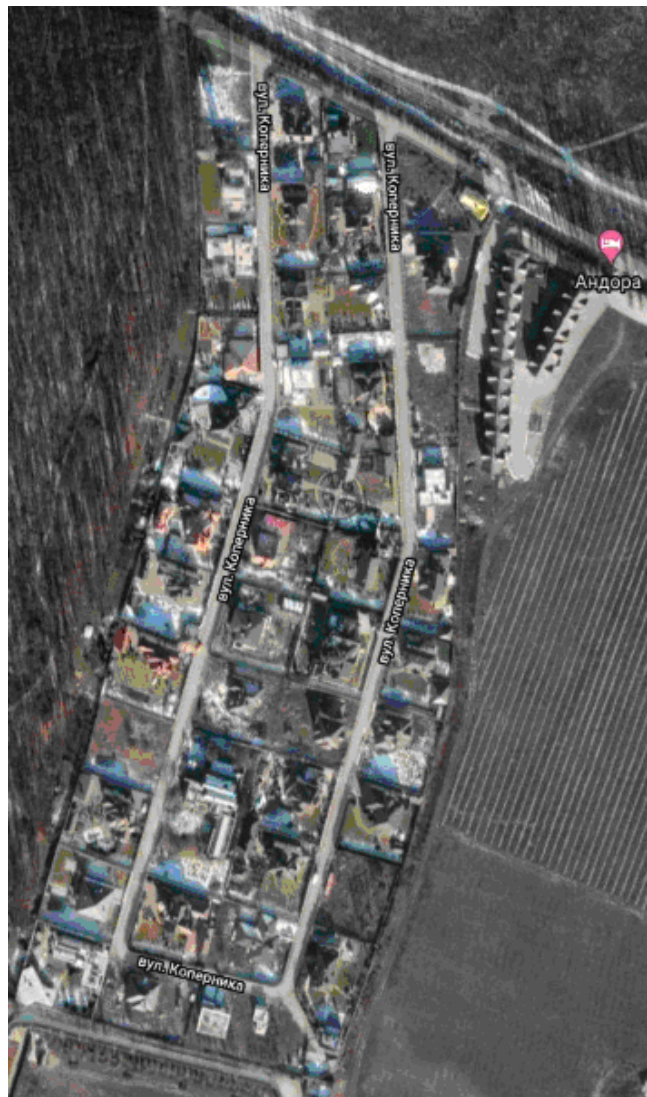


Рисунок 2.1 – Карта території мікрорайону «Сонячний» за даними Google Maps

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 19 |

Завданням дипломного проектування є забезпечення абонентів приватного сектору мікрорайону якісною послугою доступу до мережі Інтернет та інтерактивного телебачення (IPTV).

Мікрорайон знаходиться в стадії розбудови і конкуренції з іншими операторами на даній території покриття на сьогодні немає.

Потенційних абонентів – 264 чоловік при врахуванні коефіцієнта 4 чоловіки/будинок.

Мікрорайон продовжує забудовуватись зі сторони вулиці Староконстянтинівське шосе, тому необхідно передбачити запас оптоволоконного кабелю та обладнання мережі для підключення нових абонентів до мережі, що проектується.

2.2. Розробка структурної та функціональної схем мережі PON

Основними етапами проектування пасивних оптичних мереж FTTH є [9]:

1. Огляд технічної пропозиції та обґрунтування розробки нової мережі.
2. Складання ескізного проекту, структурної і функціональної схем та опис принципів роботи мережі, її параметрів і розмірів.
3. Складання технічного проекту, в якому вказуються технічні рішення і вихідні дані для розробки робочої документації.

Підставою для проектування мережі PON є економічна доцільність і необхідність в діяльності оператора зв'язку.

Даними для проектування є [9]: схема організації зв'язку, технічні характеристики на обладнання мережі, кабелі та їх характеристики, пропускна здатність мережі і т.п.

Характеристиками мережі є надійність, пропускна здатність, керованість, гнучкість, можливість нарощування, конкурентоспроможність (капітальні витрати і окупність). Важливою умовою проектування є наявність технічних умов на будівництво та реконструкцію споруд зв'язку [9].

При проектуванні мережі також враховуються: кількість населення мікрорайону та розподіл абонентів; перспективність забудови житлового

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 20 |

кварталу на період не менше 3 років; оптимальність прив'язки до існуючих мережеских вузлів та волоконно – повітряних трас; наявна кількість резервних волокон в магістральному і розподільчому волоконно-оптичному кабелі (ВОК).

Вихідними даними для проектування пасивної оптичної мережі є [9]:

1) адресний список житлових будинків для проникнення оптичної мережі абонентського доступу та узгодження її розгортання з власниками приватних будинків мікрорайону.

2) відсоток охоплення абонентів абонентською мережею доступу в житлових будинках мікрорайону.

3) розрахункові дані по оптичному бюджету загасання.

4) вибір схеми підключення розгалужувачів - сплітерів (однорівнева або каскадна), загального коефіцієнта розгалуження, вибір конкретних типів розгалужувачів та місць їх встановлення.

5) вибір та обґрунтування конкретних виробників (постачальників) активного та пасивного обладнання і компонентів мережі.

До основних елементів і компонентів оптичної мережі відносяться [1,5,6]:

- оптичні кабелі магістральної, розподільчої та абонентської ділянки телекомунікаційної мережі;

- оптичний лінійний термінал (OLT);

- оптичний абонентський термінал (ONT);

- волоконно-оптичний кабель;

- оптичні з'єднувачі;

- оптичні розгалужувачі (сплітери);

- оптичні муфти для мережі;

- оптичний крос (ODF);

- оптичні розподільчі шафи (ОРШ);

- оптичні абонентські розетки (ОРА);

.Для проектування телекомунікаційної абонентської мережі PON обираються одномодові волокна усіх кабелів за Рекомендацією G.652D. Одномодове волокно за даною рекомендацією підтримує велику пропускну здатність для мережі доступу в діапазоні від 1270 до 1 610 нм з інтервалом 20 нм і технологію CWDM

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 21 |












(грубе спектральний мультиплексування), використовувану в оптичній пасивній мережі.

Структурна та функціональні схеми телекомунікаційної абонентської мережі розроблені в ході проєктування наведені в графічній частині кваліфікаційного проєкту на кресленнях (аркуші формату А2): КПТР.2017016.01.04 Е1 та КПТР. 2017016.01.04 Е2, відповідно.

2.3. Опис етапів проєктування мережі

Проєктування пасивної оптичної мережі будемо здійснювати за допомогою спеціального програмного забезпечення «Конфігуратора сільських мереж GPON» компанії «ВОЛЗ – Експерт», яке доступно безкоштовно для користувачів після реєстрації на сайті [10].

Головне меню панелі керування конфігуратора сільських мереж GPON «ВОЛЗ – Експерт» містить наступні елементи (таблиця 2.1) [10].

| Тип елемента (позначка) | Опис елемента (призначення) |
|---|--------------------------------|
|  | Виділення |
|  | Вибір території покриття |
|  | Точка входу |
|  | Опора |
|  | Колодязь кабельної каналізації |
|  | Абонент |
|  | Траса прокладання кабелю |
|  | Кластер |
|  | Суперкластер |
|  | Муфта |
|  | Кабелі та троси |

Першим етапом проєктування є знаходження об'єкту та нанесення на веб-карті території покриття мікрорайону «Сонячний».

Територія покриття - це та частина населеного пункту, в якій знаходяться або можуть знаходитися абоненти, яких необхідно забезпечити послугою інтернет, а також всі елементи інфраструктури, необхідні для їх підключення. Для цього:

– знаходимо населений пункт (район індивідуального житлового будівництва) на карті (можна скористатися вбудованим пошуком веб-карти);

– визначаємо територію покриття. Вибираємо інструмент «Територія покриття» -> «Вручну». Далі клацанням лівої кнопки миші наносимо початкову точку і «обходимо» курсором потрібну область на карті. За кожним натисканням лівої кнопки «миші» з'являється нова вершина. Повернення в початкову точку і клацання по ній завершують «Територію покриття».

Після виділення території покриття та нанесення позначок абонентів наносяться позначки об'єктів інфраструктури, а саме необхідні опори (рисунок 2.2). Отоволоконний кабель зазвичай кріпиться на вже існуючі опори ліній електропередач, що значно заощаджує кошти при розгортанні нових мереж PON.



Рисунок 2.2 – Нанесення позначок об'єктів інфраструктури (опор)

Як правило, мітки опор повинні наноситися одночасно з нанесенням відповідних їм трас, тому наступним кроком буде нанесення трас «по повітрю» (метод підвіска на опорах). Траси – це існуючі (або можливі) маршрути прокладання кабелів.

Можливе як нанесення одиночних опор, так і множинна (автоматизована) їх розстановка по прямій лінії («уздовж вулиці») з рівними інтервалами. Інтервал розстановки задається в спеціальному діалоговому вікні.

При автоматизованій розстановці мітки опор відбувається автоматичне з'єднання лініями трас відповідного типу.

Далі необхідно відмітити точку входу. Точка входу встановлюється тільки на вузлі на якому закріплена прохідна муфта або муфта магістрального оператора. Для цього, користувач повинен:

- вибрати вузол (наприклад, опору), на якому буде розташовуватися муфта в яку входять волокна «провайдера» (протягуються від OLT);
- встановити на вузол муфту прохідну або муфту провайдера (інструмент «Муфта» → «Прохідна» або «Муфта» → «Провайдера»);
- відзначити точку входу (інструмент «Точка входу»).

Наступним кроком проектування є побудова кластерів.

Кластер – це зона підключень одного абонентського розподільчого пристрою (муфти). Кластер будується автоматично («Кластер» → «Автоматично»). За наведенням курсору і клацанням «миші» відзначаємо першого абонента нового кластера. Для цього, у діалоговому вікні, необхідно обрати необхідну кількість абонентів одного кластера, або ввести нове значення з фіксованого ряду і натиснути «Створити». Програма автоматично і в необхідній кількості включає в новий кластер всіх абонентів, найближчих до лінії траси і першого (відміченого) абонента. Кількість абонентів в кластері має бути максимально близька до доступних ємностей абонентської муфти. Так як, було обрано муфту з розгалужувачем 1x8 то і кількість абонентів кластера повинна бути не більше 8 абонентів (приватних будинків). У кластер також включаються всі опори і лінії повітряних комунікацій, необхідні для підключення абонентів.

За допомогою кнопки меню: «вибір кластера» у вкладці «Об'єкт» – «Розрахувати всі кластери» (автоматичний розрахунок) встановлюються необхідна кількість кінцевих муфт, до яких має підключатися не більше 8 (для нашого випадку) абонентів одного кластера (рисунок 2.3).

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

Кластер також можна окреслити і в ручному режимі за допомогою лівої кнопки «миші».

При автоматичному розрахунку відбувається перебір всіх можливих місць установки абонентської муфти (на опори в рамках кластера), а також:

– вибір в межах кластера опори для установки абонентської муфти, яка встановлюється таким чином, щоб необхідна довжина абонентського дроп-кабелю була мінімальною;

– установка на обрану опору абонентської (тупикової) муфти (рисунок 2.4);

– прокладка абонентських дроп-кабелів і розрахунок їх довжин.

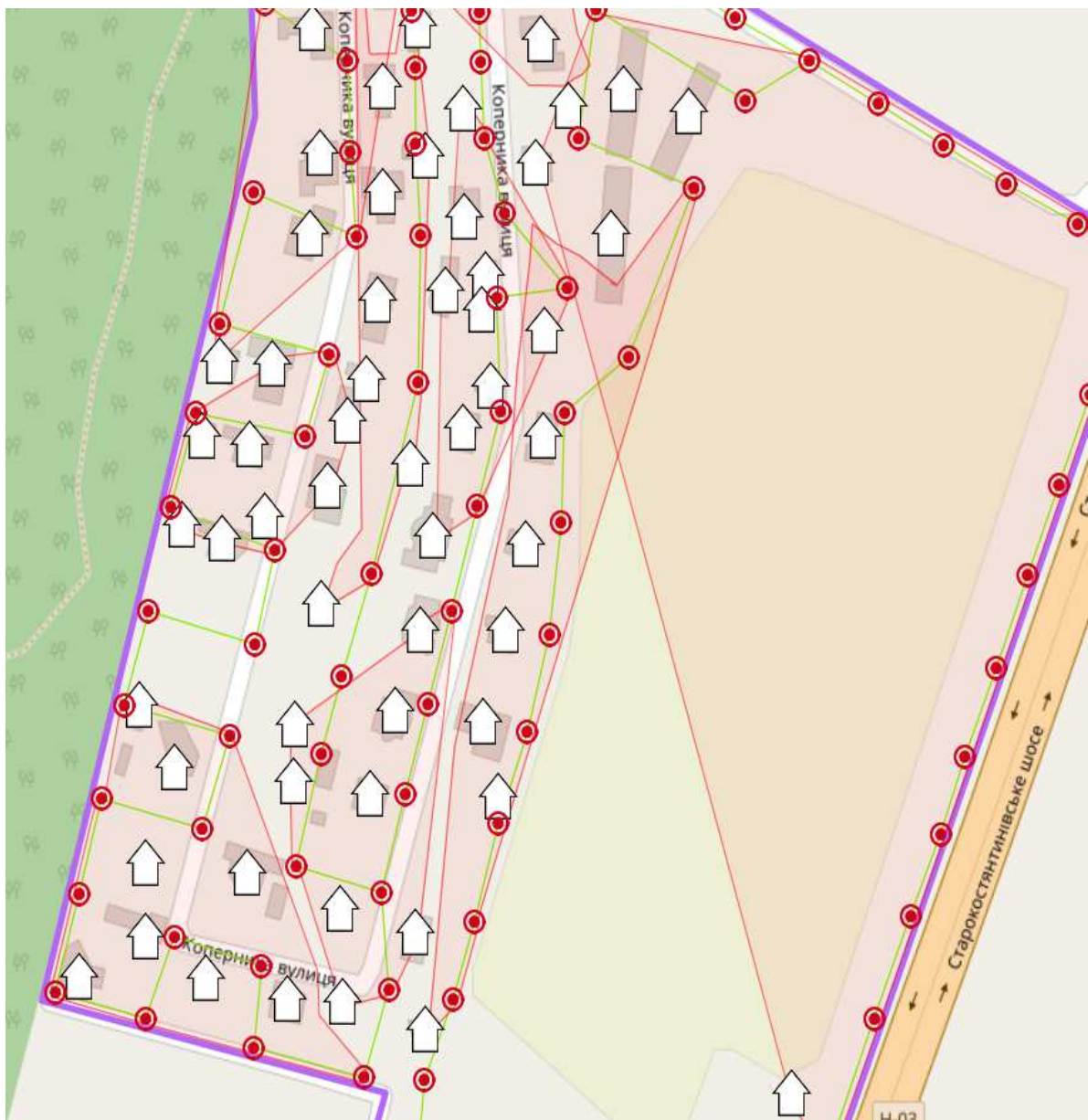


Рисунок 2.3 – Схема об'єднання абонентів мережі в кластери

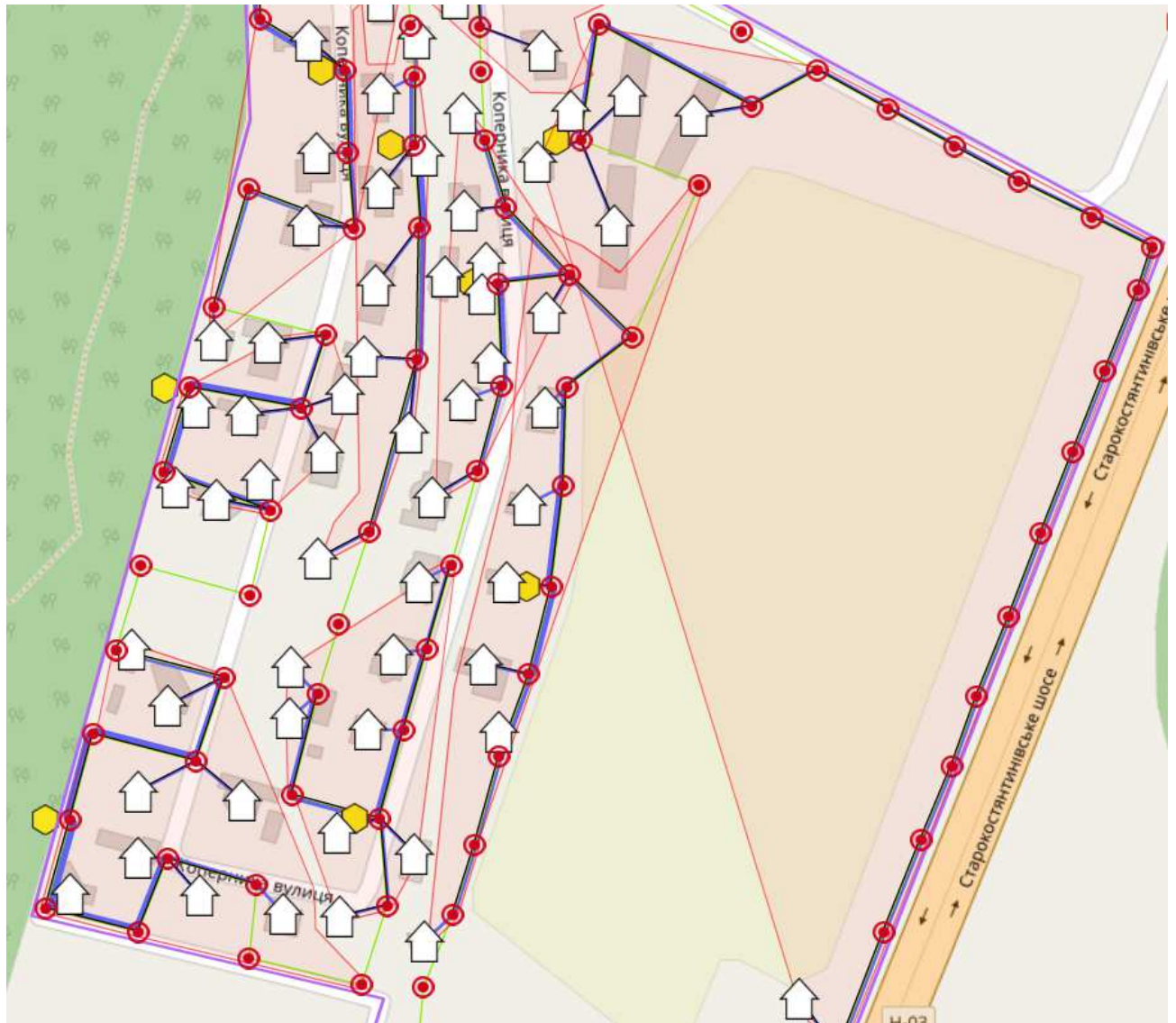


Рисунок 2.4 – Схема розташування тупикових муфт в кластерах

Після етапу розрахунку та розташування абонентських (тупикових) муфт і підключення абонентів проводиться етап об'єднання кластерів в суперкластери.

Суперкластер – це зона підключень одного розподільного пристрою другого каскаду. Для побудови суперкластера можна використовувати автоматизований алгоритм: інструмент «суперкластери» → «Автоматично», визначенням курсором першого кластера нового суперкластера.

У діалоговому вікні можливий вибір ємності розподільного пристрою 1-го каскаду за замовчуванням (в залежності від ємності абонентської муфти в кластері може міститися більше одного розгалужувача 2-го каскаду), або ввести нове значення з фіксованого ряду і натиснути кнопку «Створити».

Програма автоматично розраховує кількість суперкластерів, включаючи усі кластери, що розташовані найближче по лініях трас до першого (відміченого користувачем) кластера.

Кількість розгалужувачів 1-го каскаду в суперкластері має бути максимально близька до ємності розподільного пристрою (муфти) 2-го каскаду (у нашому випадку не більше 8 розгалужувачів). У суперкластер також включаються всі вузли (опори) і лінії комунікацій, необхідні для прокладки розподільних кабелів до абонентських муфт (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Схема об'єднання кластерів в суперкластери

Додатковою можливістю є встановлення розподільного пристрою першого каскаду вручну: інструмент «Муфта» - «Першого каскаду» - вибір вузла в межах

суперкластера. В обох випадках необхідно вибрати тип розподільчого пристрою (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Схема встановлення розподільчого пристрою першого каскаду та підключення кластерів

Для кількості абонентів кількістю 256 будинків необхідно вибрати розподільчий пристрій муфту, яка дозволяє обслуговувати від 64 до 256 абонентів суперкластера в залежності від структури мережі (тобто коефіцієнтів розподілу по каскадах) і яка встановлюється на опорах, а також шафу, яка дозволяє обслуговувати від 256 і більше абонентів суперкластера в залежності від обраної структури мережі і яка встановлюється тільки на опорах.

Для одного суперкластера достатньо встановити тільки один розподільчий пристрій першого каскаду. Кожен кластер повинен належати тільки одному суперкластеру. Опори (вузли), траси комунікацій можуть одночасно належати різним суперкластерам.

Після визначення місць установки всіх муфт першого каскаду прокладаються магістральні кабелі. В програмі «ВОЛС- Експерт» [10] це можна зробити 2-ма способами: автоматично і вручну.

У разі автоматичного розрахунку необхідно обрати інструмент: «Вибір території покриття» - вкладка «Об'єкт» - меню - «Розрахувати територію покриття». Прокладені магістральні кабелі повинні з'єднати операторську (прохідну) муфту з розподільчими муфтами.

При автоматизованій прокладці магістральних кабелів в точках розгалуження автоматично додаються розгалужувальні муфти.

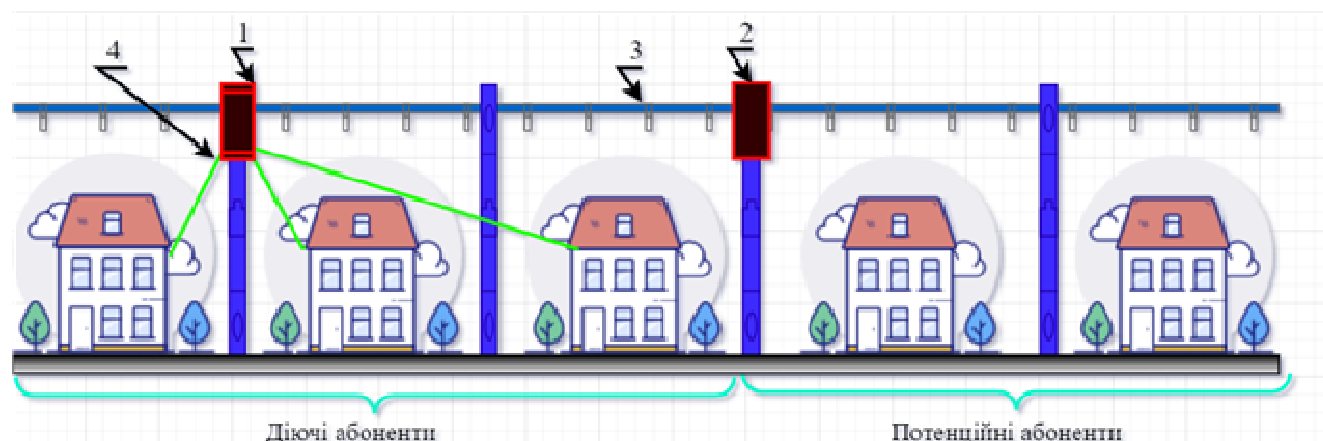


Рисунок 2.6 – Схема прокладання магістрального кабелю

Магістральні кабелі також можна прокласти вручну в напрямку від розподільчого пристрою першого каскаду до прохідної муфти оператора мережі: інструмент «Кабелі та троси» - «Магістральний кабель», послідовно відзначивши лівою кнопкою «миші» вузли від місця установки муфти першого каскаду до місця установки прохідної муфти включно.

На етапі будівництва на опорах монтується кронштейни з запасом оптоволоконного кабелю (ОК) для нових оптичних муфт. У міру появи нових абонентів, запасний кабель розгортається для підключення та встановлення нових оптичних муфт. Нові абоненти не «прив'язані» до раніше встановлених муфт, тобто немає необхідності підвішувати довгі ділянки розподільчих кабелів. В проектуваному варіанті мережі довжини дроп-кабелів не перевищують 50-75 метрів.

На рисунку 2.7 наведена типова схема прокладання розподільчого кабелю та абонентського дроп-кабелю, необхідного для підключення нових абонентів.



- 1 - абонентська муфта; 2- кронштейн; 3- розподільчий кабель;
4- абонентський (дроп) кабель

Рисунок 2.7 - Схема прокладання розподільчого та абонентського кабелю та підключення абонентів

В мережах GPON, яка була обрана для проектування, для передачі інформації використовується технологія WDM (абр. Wave length Division Multiplexing) За цією технологією сигнали до абонента і від абонента передаються на різних довжинах хвиль (1490-нм і 1310 нм відповідно).

2.4 Розрахунок параметрів обладнання та компонентів оптичної пасивної мережі

2.4.1. Розрахунок навантажень по ожеледі та вітру магістральної ділянки мережі

При проектуванні магістральних повітряних ліній зв'язку необхідно враховувати навантаження по вітру та ожеледі, а саме сукупність ваги ожеледних відкладень і нормального тиску вітру при відкладаннях ожеледі на елементах лінії зв'язку [10].

Ожеледно-вітрові навантаження (ОЖВН) є епізодичними, для кожної складової яких (відкладення ожеледі та вітрові навантаження) в ДБН В.1.2-2:2006 встановлено граничні розрахункові значення, які розраховуються як [11]:

1. Граничне розрахункове значення ваги ожеледних відкладень визначається за формулою:

$$G_m = G_e \gamma_{fw}, \quad (2.1)$$

де γ_{fw} - коефіцієнт надійності за граничним значенням ваги ожеледних відкладень; G_e - характеристичне значення ваги ожеледних відкладень.

2. Для проводів та тросів кругового перерізу діаметром до 70 мм характеристичне значення лінійного розподіленого по довжині ожеледного навантаження (Н/м) розраховується як [11]:

$$G_e = \pi b k \mu_1 (d + b k \mu_1) \rho g 10^{-3}, \quad (2.2)$$

де b - товщина стінки ожеледі, мм; k - коефіцієнт, який враховує зміну товщини стінки ожеледі за висотою h ; d - діаметр проводу або тросу, мм; μ_1 - коефіцієнт, що враховує зміну товщини стінки ожеледі залежно від діаметра елементів кругового перерізу d ; ρ - щільність льоду ($0,9 \text{ г/см}^3$); g - прискорення вільного падіння, м/с^2 .

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 31 |

Оберемо за таблиці 10.1 ДБН В.1.2-2:2006 параметри ожеледного навантаження для м. Хмельницького, який за картою районування території України за характеристичними значеннями товщини стінки ожеледі (рисунок 2.8) відноситься до 3-го району. Обрані дані зведемо до таблиці 2.1.

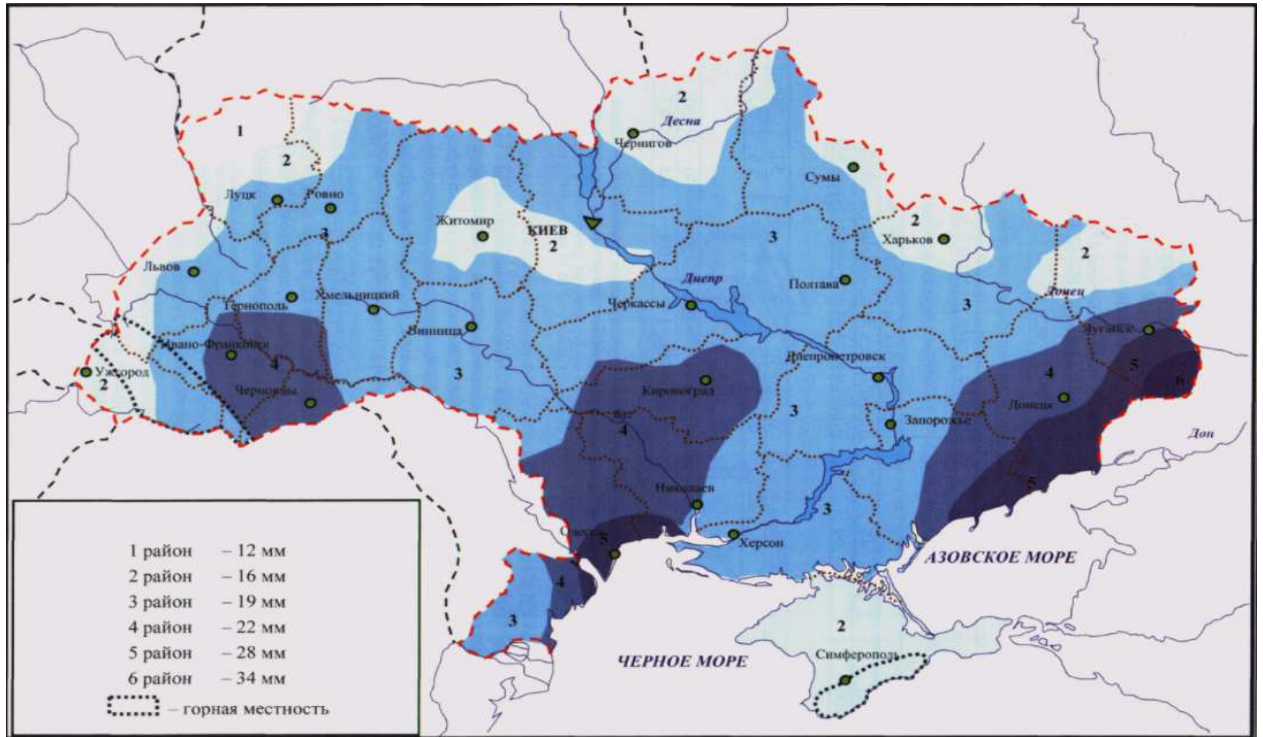


Рисунок 2.8 –Карта районування території України за характеристичними значеннями товщини стінки ожеледі [12]

Таблиця 2.1 – Параметри ожеледного навантаження для м. Хмельницького

| Висота над поверхнею землі h , м | Товщина стінки ожеледі b , мм | |
|------------------------------------|---------------------------------|--|
| | 1 - 3 ожеледні райони | |
| 200 | 35 | |
| 300 | 45 | |
| 400 | 60 | |

Параметри коефіцієнту, що враховує зміну товщини стінки ожеледі за висотою h та від діаметра елементів кругового перерізу d обираються за таблицями 2.2 та 2.3 (ДБН В.1.2-2:2006), відповідно.

Таблиця 2.2 – Параметри коефіцієнту, що враховує зміну товщини стінки ожеледі по висоті h [11]

| | | | | | | | |
|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Висота над поверхнею землі h , м | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 70 | 100 |
| Коефіцієнт k | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 |

Таблиця 2.3 – Параметри коефіцієнту, що враховує зміну товщини стінки ожеледі залежно від діаметра елементів кругового перерізу d [11]

| | | | | | | |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Діаметр проводу, троса d , мм | 5 | 12 | 20 | 30 | 50 | 70 |
| Коефіцієнт μ_1 | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 |

3. Для визначення граничного значення поверхневого ожеледного навантаження (Па) на площині елементів скористаємося формулою [11]:

$$G_e = bk\mu_2\rho g, \quad (2.3)$$

де μ_2 - відношення площі поверхні проводу, що піддається обледенінню, до повної площі його поверхні (зазвичай приймається рівним 0,6).

4. Характеристичне значення товщини стінки ожеледі b (мм) на круговому перерізі кабелю діаметром 10 мм ($h= 10$ м) над поверхнею землі, визначається в залежності від третього ожеледного району по карті (рисунок 2.8).

5. Граничне розрахункове значення нормального тиску вітру на покритих ожеледдю кабелях можна визначити за наступною формулою [11]:

$$W_q = W_0\gamma_{fm}, \quad (2.4)$$

де γ_{fm} - коефіцієнт надійності за граничним значенням нормального тиску вітру на покритті ожеледдю магістрального кабелю.

6. Характеристичне значення нормального тиску вітру на покритих ожеледдю кабелях приймається на висоті 10 м над поверхнею землі та в залежності від вітрового району по карті районування (рисунок 2.9).

7. Коефіцієнти надійності за граничним значенням ваги ожеледних відкладень γ_{fm} та за граничним значенням нормального тиску вітру на покритих ожеледдю

кабелях γ_{fw} визначається за таблицями 10.4 та 10.5 в ДБН В.1.2-2:2006, відповідно.

8. Температуру повітря при ожеледі на території м. Хмельницького приймають для споруд висотою до 100 м - мінус 5°C, більше 100 м - мінус 10°C.



Рисунок 2.9 – Карта районування території України за характеристичними значеннями вітрового тиску при ожеледі [13]

Для розрахунків ОЖВН оберемо для магістрального кабелю з 4 волокнами клас напруги лінії – 0,4-20 кВ та максимальне навантаження розтягу 6кН.

У якості кліматичних характеристик оберемо район по вітру та ожеледі – 3-й (рисунок 2.9, м. Хмельницький) та відкритий тип місцевості. Максимальну довжину прольоту між опорами в кабельній лінії приймемо за 140 м.

На рисунку 2.11 наведений макет магістральної траси з загальною кількістю прольотів – 26 опор вздовж магістральної траси по вул. Старокостянтинівське шосе. Інші необхідні дані зведено до таблиці 2.4.

2.4.2. Розрахунок навантажень на опори

Для розрахунку тяжінь і стріл провисання необхідно розрахувати розтягуюче навантаження H , що діє на кабель, яке обчислюється як [14]:

$$H = \frac{WL^2}{8S}, \quad (2.5)$$

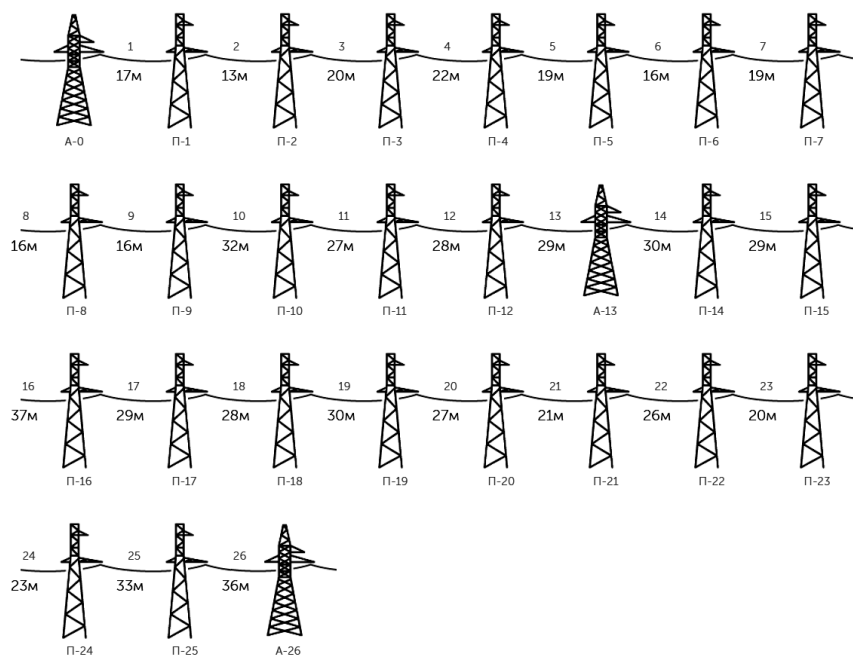


Рисунок 2.11 - Макет магістральної траси

де W - лінійна вага кабелю, Н / м;

L - відстань між опорами, м;

S - стріла провисання, м - визначається як максимальна величина, на яку провисає кабель від горизонтальної лінії між точками підвісу кабелю (рисунок 2.12).

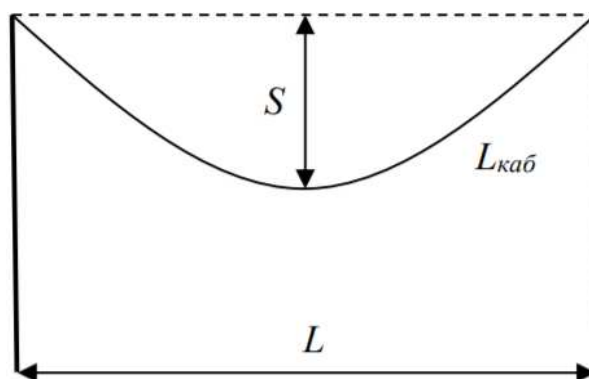


Рисунок 2.12 – Розрахунок розтягуючого навантаження, що діє на кабель

Початкове навантаження на кабель розраховується як [14]:

$$H_{нач} = \frac{WL^2}{8S_{нач}}. \quad (2.6)$$

Таблиця 2.4 – Параметри опор та довжина прольотів між ними

| Номер опори | Тип кріплення кабелю (А - натяжне анкерне, П - проміжне підтримуюче) | Висота підвісу кабелю, м | Проліт між опорами | Довжина прольоту, м |
|-------------|--|--------------------------|--------------------|---------------------|
| 0 | А | 5 | 0-1 | 17 |
| 1 | П | 5 | 1-2 | 13 |
| 2 | П | 5 | 2-3 | 20 |
| 3 | П | 5 | 3-4 | 22 |
| 4 | П | 5 | 4-5 | 19 |
| 5 | П | 5 | 5-6 | 16 |
| 6 | П | 5 | 6-7 | 19 |
| 7 | П | 5 | 7-8 | 15 |
| 8 | П | 5 | 8-9 | 16 |
| 9 | П | 5 | 9-10 | 32 |
| 10 | П | 5 | 10-11 | 27 |
| 11 | П | 5 | 11-12 | 28 |
| 12 | П | 5 | 12-13 | 29 |
| 13 | А | 5 | 13-14 | 30 |
| 14 | П | 5 | 14-15 | 29 |
| 15 | П | 5 | 15-16 | 37 |
| 16 | П | 5 | 16-17 | 39 |
| 17 | П | 5 | 17-18 | 28 |
| 18 | П | 5 | 18-19 | 30 |
| 19 | П | 5 | 19-20 | 27 |
| 20 | П | 5 | 20-21 | 21 |
| ... | ... | ... | ... | |
| 26 | А | 5 | | |

Для розрахунку перепаду висот між опорами слід керуватися рисунком 2.13.

При цьому, відстань L_1 називається малим еквівалентним прольотом, а відстань L_2 - великим еквівалентним прольотом.

Відстані L_1 і L_2 (рисунок 2.13) розраховуються наступним чином [14]:

$$L_1 = L - \frac{2hH_{нач}}{WL}, \quad (2.7)$$

$$L_2 = L + \frac{2hH_{нач}}{WL}. \quad (2.8)$$

Стріли провисання S_1 і S_2 (рисунок 2.13):

$$S_1 = \frac{WL_1^2}{8H}; \quad (2.9)$$

$$S_2 = \frac{WL_2^2}{8H}. \quad (2.10)$$

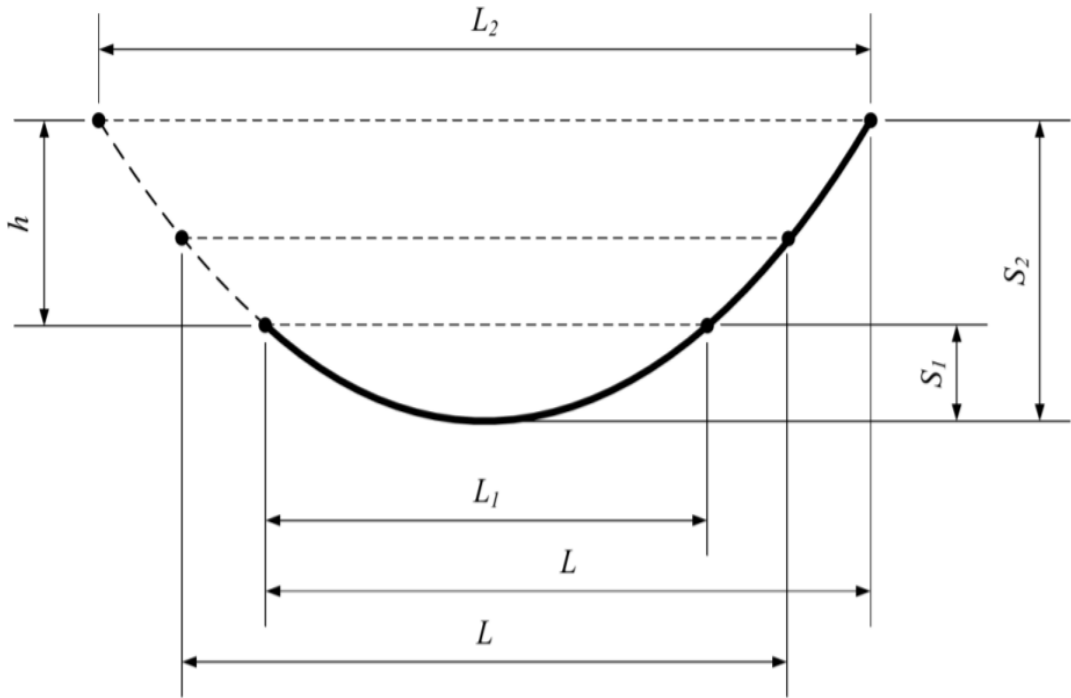


Рисунок 2.13 – Розрахунок перепаду висот між опорами

де h - перепад висот між точками підвісу кабелю, м.

У разі підвісу кабелю на одному рівні $L_1 = L_2 = L$ і $S_1 = S_2 = S$.

Довжина підвішеного кабелю:

$$L_{\text{каб}} = L + \frac{4}{3} \left(\frac{S_1^2}{L_1} + \frac{S_2^2}{L_2} \right). \quad (2.11)$$

Довжина кабелю в ненавантаженому стані:

$$L_{H0} = \frac{L_{\text{каб}}}{1 + \left(\frac{H}{E_{\text{каб}} S_{\text{каб}}} \right)}. \quad (2.12)$$

Довжина кабелю в ненавантаженому стані з урахуванням температури:

$$L_{\text{нк}} = L_{H0} \left[1 + TK_{LP}(T - T_{cp}) \right], \quad (2.13)$$

де T - температура кабелю в умовах експлуатації; T_{cp} - середня температура експлуатації.

Вага кабелю при впливі максимальної ожеледі:

$$W_z = W + \rho_l g \pi i K_d C (d + C), \quad (2.14)$$

де ρ_l - об'ємна маса ожеледі (зазвичай $0,9 \cdot 10^{-3}$), кг/см³;

C - товщина стінки ожеледі, мм;

d - діаметр кабелю, мм;

K_i і K_d - коефіцієнти що враховують зміну товщини стінки ожеледі по висоті i в залежності від діаметра проводу.

Вітрове навантаження на кабель при ожеледі [11,13]:

$$W_e = a_w K_l K_w C_x W (d_{каб} + 2K_i K_d C) \cdot 10^{-3}, \quad (2.15)$$

де a_w - коефіцієнт, що враховує нерівномірність вітрового тиску на прольоті.

Якщо у вихідних даних відома швидкість вітру v_0 , то вітровий тиск (Па) визначається наступним чином:

$$W = \frac{v^2}{1,6}. \quad (2.16)$$

Максимальне навантаження, що діє на кабель:

Спільна дія вертикального ожеледного навантаження і горизонтальної вітрової визначається як максимальне навантаження за наступною формулою:

$$W_{max} = \sqrt{W_z^2 + W_e^2}. \quad (2.17)$$

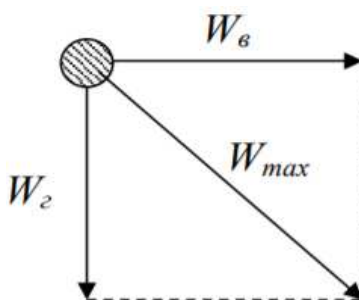


Рисунок 2.14 – Розрахунок максимального навантаження, що діє на кабель

Розрахунок максимальної стріли провисання зводиться до наступного:

Визначивши максимальне навантаження, можна дізнатися довжину кабелю в навантаженому стані:

$$L_{max} = L_{нк} \left[1 + \left(\frac{W_{max} L^2}{8S_{max} E_{каб} S_{каб}} \right) \right]. \quad (2.18)$$

Або іншим способом довжину кабелю можна розрахувати як:

$$L_{max} = L + \frac{4}{3} \left(\frac{S_1^2}{L_1} + \frac{S_2^2}{L_2} \right), \quad (2.19)$$

де $S_1 = \frac{SL_1^2}{L^2}$; $S_2 = \frac{SL_2^2}{L^2}$ (рисунок 2.13).

Тоді:

$$L_1^3 + L_2^3 = L^3 \left(2 + \frac{3h^2}{8S^2} \right)$$

$$L_{max} = L + \left(\frac{8S_{max}^2}{3L} \right) + \left(\frac{h^2}{2L} \right)$$

$$L + \left(\frac{8S_{max}^2}{3L} \right) + \left(\frac{h^2}{2L} \right) - L_{нк} - \frac{L_{нк} W_{max} L^2}{8S_{max} E_{каб} S_{каб}} = 0$$

Після перетворення, отримаємо кубічне рівняння такого вигляду:

$$S_{max}^3 + S_{max} \left(\frac{3L}{8} \right) \left(L + \frac{h^2}{2L} - L_{нк} \right) - \left(\frac{3L}{8} \right) \left(\frac{L_{нк} W_{max} L^2}{8E_{каб} S_{каб}} \right) = 0, \quad (2.20)$$

$$S_{max}^3 + aS_{max} + b = 0,$$

де:

$$a = \frac{3 \left(L^2 + \frac{h^2}{2} - LL_{нк} \right)}{8}; \quad b = \frac{-3W_{max} L^3 L_{нк}}{64E_{каб} S_{каб}}.$$

Якщо

$$\left(\frac{a}{3} \right)^3 + \left(\frac{-b}{2} \right)^2 \geq 0,$$

тоді значення максимальної стріли провисання при найбільш складних погодних умовах розраховується як:

$$S_{max} = \sqrt[3]{\left(\frac{-b}{2} \right) + \sqrt{\left(\frac{a}{3} \right)^3 + \left(\frac{-b}{2} \right)^2}} + \sqrt[3]{\left(\frac{-b}{2} \right) - \sqrt{\left(\frac{a}{3} \right)^3 + \left(\frac{-b}{2} \right)^2}}.$$

Якщо

$$\left(\frac{a}{3}\right)^3 + \left(\frac{-b}{2}\right)^2 < 0,$$

тоді значення максимальної стріли провисання при найбільш складних погодних умовах розраховується як:

$$S_{\max} = 2\sqrt{\frac{-a}{3}} \cos \left\{ \left(\frac{1}{3}\right) \cos^{-1} \left[\frac{\left(\frac{-b}{2}\right)}{\left(\frac{-a}{3}\right)^{3/2}} \right] \right\}$$

При цьому, максимально-розтягуюче навантаження, діюче на кабель при найгірших умовах, можна знайти як:

$$H_{\max} = \frac{W_{\max} L^2}{8S_{\max}}$$

Еквівалентні прольоти і стріли провисання між опорами та заданими висотами знаходяться як:

$$L_{1\max} = L - \frac{2hH_{\max}}{W_{\max}L}, \quad (2.21)$$

$$L_{2\max} = L + \frac{2hH_{\max}}{W_{\max}L}, \quad (2.22)$$

$$S_{1\max} = \frac{W_{\max}L_1^2}{8H_{\max}}, \quad (2.23)$$

$$S_{2\max} = \frac{W_{\max}L_2^2}{8H_{\max}}. \quad (2.23)$$

Далі розрахунок ведеться, підставляючи відповідну довжину кабелю в ненавантаженому стані ($L_{н.монТ}$), модуль пружності кабелю $E_{каб}$ і вагу кабелю W і визначається стріла провисання при відповідній температурі монтажу ($S_{мон}$) і навантаження ($H_{мон}$) за формулою:

Розрахунок монтажної таблиці ведеться аналогічно розрахунку максимального навантаження і стріл [14]. При цьому, визначається довжина кабелю в ненавантаженому стані при різній температурі за формулою:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

де $T_{мон}$ - температура кабелю в умовах експлуатації; $T_{сер}$ - середня температура експлуатації.

Ця довжина використовується при розрахунку коефіцієнтів для визначення монтажної стріли провисання, для ваги використовується вага кабелю в нормальних умовах:

$$a = \frac{3 \left(L^2 + \frac{h^2}{2} - LL_{МОНнк} \right)}{8} \text{ та}$$

$$b = \frac{-3W_{каб} L^3 L_{МОНнк}}{64E_{каб} S_{каб}}.$$

За розрахованими коефіцієнтами обчислюється $S_{мон}$ і $H_{мон}$.

Для того, щоб розрахувати кінцеву стрілу провисання і навантаження при нормальних умовах необхідно визначити довжину кабелю при впливі максимального навантаження:

$$L_{каб.к.} = L + \frac{4}{3} \left(\frac{S_{1max}^2}{L_{1max}} + \frac{S_{2max}^2}{L_{2max}} \right). \quad (2.25)$$

Далі ця довжина приводиться до довжини кабелю в ненавантаженому стані за кінцевим модулем пружності:

$$L_{кк} = L_{к0} = \frac{L_{каб.к.}}{1 + \left(\frac{H_{max}}{E_{кон.} S_{каб}} \right)}. \quad (2.26)$$

Потім знаходимо кінцеву стрілу провисання $S_{н.кон}$ і навантаження $H_{н.кон}$.

Для розрахунку стріли провисання $S_{н.вит.}$ і навантаження $H_{н.вит.}$ при нормальних умовах після реалізації витяжки необхідно підставляти в коефіцієнт b замість початкового модуля пружності, модуль пружності після витяжки $E_{вит.}$. Вага приймається рівною вазі кабелю.

Розрахунок стріл провисання і навантажень при мінімальній і максимальній температурі експлуатації після реалізації витяжки розраховується як:

$$L_{минТ} = L_{но} \left[1 + ТКЛР(T_{мин} - T_{сер}) \right]; \quad (2.27)$$

$$L_{нmaxT} = L_{но} \left[1 + ТКЛР(T_{max} - T_{cp}) \right]. \quad (2.28)$$

Далі в розрахунок підставляється відповідна довжина кабелю в ненавантаженому стані ($L_{нminT}$, $L_{нmaxT}$), модуль пружності витяжки $E_{вит}$ і вага кабелю W і визначається стріла провисання при відповідній температурі ($S_{нminT}$, $S_{нmaxT}$) і навантаження ($H_{нminT}$, $H_{нmaxT}$).

Стріли провисання і навантаження при максимальних умовах (ожеледь + вітер) після реалізації витяжки розраховується як [14]:

$$L_{каб.вит} = L + \frac{4}{3} \left(\frac{S_{1н.вит}^2}{L_{1н.вит}} + \frac{S_{2н.вит}^2}{L_{2н.вит}} \right). \quad (2.29)$$

Далі визначається довжина кабелю в ненавантаженому стані (за кінцевим модулем пружності):

$$L_{каб.вит0} = \frac{L_{каб.вит}}{1 + \left(\frac{H_{н.вит.}}{E_{кон} S_{каб}} \right)}. \quad (2.30)$$

З урахуванням температури формула (2.30) приймає вигляд:

$$L_{к.каб.вит} = L_{каб.вит} \left[1 + ТКЛР(T - T_{сер}) \right]. \quad (2.31)$$

Далі в розрахунок підставляємо відповідну довжину кабелю після витяжки ($L_{к.каб.вит}$), кінцевий модуль пружності $E_{кон}$, максимальне навантаження W_{max} і визначається стріла провисання при максимальних навантаженнях після витяжки ($S_{maxвит}$) і навантаження ($H_{maxвит}$).

Для того, щоб визначити максимальну вертикальну стрілу провисання $S_{max.вер.}$ і навантаження $H_{max.вер.}$ при впливі максимальної ожеледі необхідно підставити $L_{к.каб.вит.}$ і $E_{кон}$. Вага приймається рівною вазі кабелю під впливом ожеледі $W_{г.}$

Стріли провисання і навантаження при впливі максимальної сили вітру, що діють на кабель можна розрахувати за формулою [11,14]:

$$W_{вmax} = a_w K_l K_w C_x W_0 d_{каб} \cdot 10^{-3}, \quad (2.32)$$

де W_0 максимально-вітровий тиск і діаметр кабелю $d_{каб}$ без впливу ожеледі.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 42 |

Якщо максимально-вітрове навантаження при впливі ожеледі W_B більше максимально-вітрового навантаження без ожеледі W_{bmax} :

$$W_e > W_{e_{max}},$$

то тоді для даного режиму береться вітрове навантаження при ожеледі:

$$W_{e_{max}} = W_e.$$

Для визначення максимальної горизонтальної стріли провисання $S_{max,гор.}$ і навантаження $H_{max,гор.}$, необхідно підставити $L_{к.каб.вит}$ і $E_{кон.}$. Вага приймається рівним вазі кабелю під впливом максимального вітру W_{bmax} .

Зробимо розрахунок для магістрального кабелю марки FinMark UTxxx-SM-16 ADSS, характеристики, що необхідні для розрахунків зведені до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Характеристики кабелю FinMark UTxxx-SM-16 ADSS [15]

| | |
|--|-------|
| Максимально-допустиме розтягуюче навантаження кабелю, кН | 6 |
| Монтажне розтягуючи навантаження, кН | 1,5 |
| Маса кабелю, кг / км | 114,6 |
| Зовнішній діаметр кабелю, мм | 12 |
| Площа поперечного перерізу кабелю, мм ² | 113,6 |
| Модуль пружності початковий, кН / мм ² | 4,4 |
| Модуль пружності кінцевий, кН / мм ² | 4,75 |
| Модуль пружності після витяжки, кН / мм ² | 3,08 |
| Мінімально допустимий радіус вигину кабелю (15 x Dкаб), мм | 180 |
| Температурний коефіцієнт лінійного розширення, $\times 10^{-6}$, 1/°C | 20,97 |
| Мінімальна температура експлуатації, °C | -60 |
| Максимальна температура експлуатації, °C | +70 |
| Мінімально допустима температура монтажу, °C | -30 |
| Максимально допустимий потенціал електричного поля, кВ | 12 |

До таблиці 2.5 зведемо необхідні параметри кліматичних умов для міста Хмельницького для розрахунку.

Таблиця 2.5 – Кліматичні умови для м. Хмельницького

| Параметри | Величина |
|--|----------|
| Кліматична зона за вітром | 3 |
| Кліматична зона по ожеледі | 3 |
| Максимальна швидкість вітру, м / с | 32 |
| Максимально вітровий тиск, Па | 650 |
| Товщина стінки льоду на кабелі, мм | 20 |
| Середня експлуатаційна температура, °С | 2 |
| Тип місцевості | А |

Початкові умови для магістральної (анкерної ділянки) мережі також зведемо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Початкові умови для анкерної ділянки мережі

| Анкерна ділянка | Номери опор, що обмежують анкерну ділянку | Довжина анкерної ділянки, м | Початкове (монтажне) навантаження, Н |
|-----------------|---|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 0-13 | 274 | 449 |
| 2 | 13-26 | 369 | 519 |

Розраховані за наведеними вище формулами отримані параметри монтажного навантаження і стріл провисання для кабелю FinMark UTxxx-SM-16 ADSS при температурі навколишнього повітря наведені в таблиці А.1 додатку А.

Отримані розрахункові дані стріл провисання зведено до таблиці А.2 додатку А.

2.5. Розрахунок оптичного бюджету мережі GPON

Оптичний бюджет відіграє одну з найважливіших ролей в проектах по будівництву мереж GPON, тому розглянемо прикладну задачу підрахунку

бюджету при будівництві нашої мережі. Поряд з плануванням проходження трас магістральних і розподільчих кабелів необхідно точно уявляти, чи буде можливо підключити всіх потенційних абонентів, які проживають в будинку або в населеному пункті, де плануємо будувати нашу мережу [1,6].

У порядку прикладу застосування цього розрахунку розглянемо схему організації мережі PON - з коефіцієнтом розподілу $K = 64$, виконане двома каскадами: 1×8 і 1×8 .

На рисунку 2.15 показана схема розташування муфт, в яких магістральне ОВ ділиться сплітером з коефіцієнтом 1: 8 (перший каскад); муфти-кроси - оптичні муфти, в яких ОВ розподільчих кабелів діляться сплітером також з коефіцієнтом 1:8 (другий каскад); показані також зварні та роз'ємні з'єднання на оптоволокну.

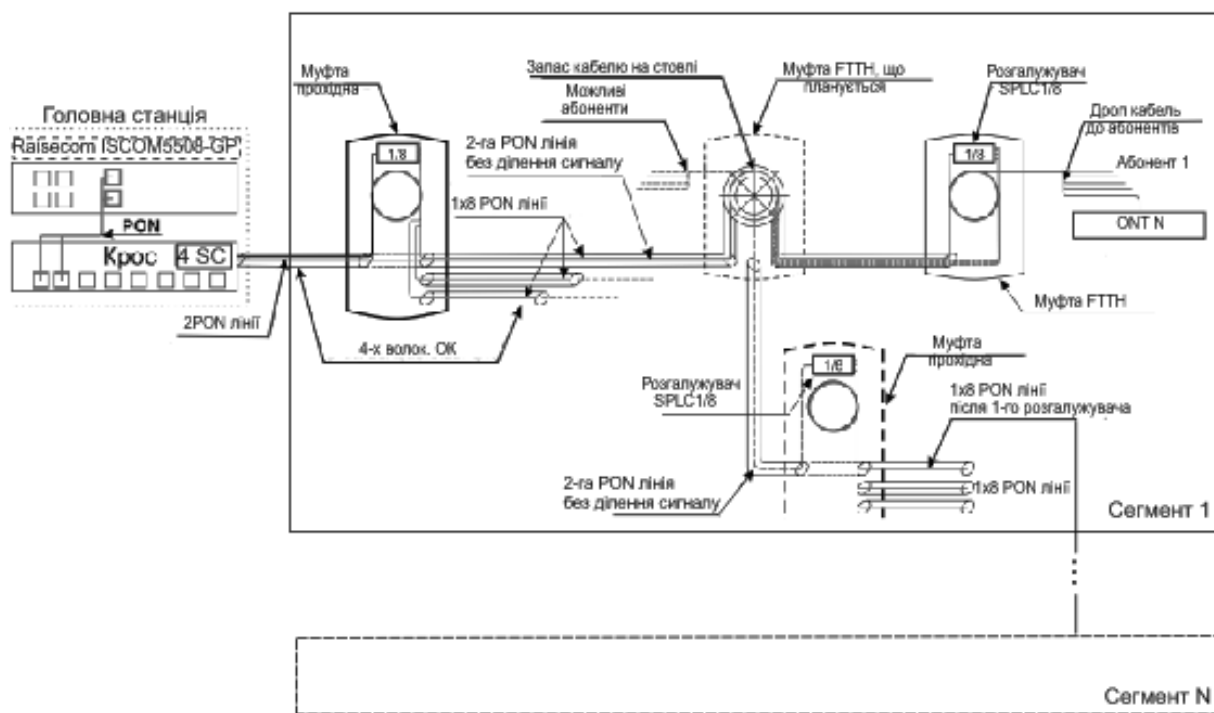


Рисунок 2.15 – Схема розташування обладнання мережі PON мікрорайону

Необхідно врахувати всі чинники втрат, розташованих в даному випадку на шляху від станції до абонента. В силу того, що абонентів багато (в цій мережі - до 64-х) і всі вони знаходяться приблизно на однаковій відстані від станції, займатися докладним розрахунком для кожного абонента було б важко. Розрахунок робиться один, але всі параметри вибираються як найсприятливіші: довжина ОВ до самого

віддаленого абонента, гранично допустимі втрати на сварках і роз'язтях, довжина хвилі $\lambda = 1310$ нм і так далі [1].

У проєктованій мережі обирається сумарна довжина ОВ, що дорівнює 10 км.

Втрати в ОВ в такому випадку складуть:

$$A_{1310} \approx 0,32 \frac{\text{дБ}}{\text{км}} \cdot 10 \text{ км} = 3,2 \text{ дБ.}$$

Втрати в з'єднаннях підрахуємо, використовуючи для наочності схему на рисунку 2.16. Втрати на сварках взяті набагато більшої величини. Це враховує можливість того, що при монтажі таких мереж можуть використовуватися зварювальні апарати для локальних ліній або механічні з'єднувачі типу «fibrlok».



Рисунок 2.16 – Лінійна схема OLT – ONT із зазначенням втрат (дБ) на з'єднаннях

В результаті отримуємо:

$$A_{\text{вз}} + A_{\text{рз}} \approx 0,45 + 0,15 + 0,15 + 0,45 + 0,45 + 0,15 + 0,15 + 0,45 + 0,45 + 0,45 = 3,3 \text{ дБ.}$$

Втрати на сплітері являються табличним значенням. В таблиці 2.7 вказані значення втрат (мінімальні / максимальні) для кожного типу сплітера.

Таблиця 2.7 – Типові втрати на планарних сплітерах [14]

| PLC 1 x 2 | PLC 1 x 4 | PLC 1 x 8 | PLC 1 x 16 | PLC 1 x 32 | PLC 1 x 64 |
|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 3,7 / 4,3 дБ | 7,2 / 7,8 дБ | 10,2 / 11,0 дБ | 13,2 / 14,1 дБ | 16,6 / 17,1 дБ | 19,8 / 20,3 дБ |

Спочатку оберемо найгірший варіант втрат. Для двох сплітерів з коефіцієнтом розгалуження (1×8) маємо:

$$A_{\text{спліт}} \approx 2 \cdot 11,0 \text{ дБ} = 22 \text{ дБ.}$$

Разом для лінії довжиною 10 км, на довжині хвилі $\lambda = 1310$ нм і з урахуванням всіх елементів лінії отримуємо сумарні втрати:

$$A_{\text{заг}} = 3,2 \text{ дБ} + 3,3 \text{ дБ} + 22 \text{ дБ} = 28,5 \text{ дБ}.$$

Отримавши значення загальних втрат або, іншими словами, підрахувавши оптичний бюджет лінії, переконуємося, що в цій мережі можна використовувати активне обладнання, що має запас по потужності $A_{\text{доп}} = 28,5$ дБ. Такий бюджет має обладнання класу В + (відповідно до стандарту G.984.1). Отже, використовуючи в даній мережі GPON обладнання для приймача/передавача класу В+, можна гарантовано забезпечити її працездатність [10].

Схема розташування розгалужувачів (1x8), розміщених на одній з вулиць (вул. Коперника) мікрорайону «Сонячний» наведена на рисунку 2.17.

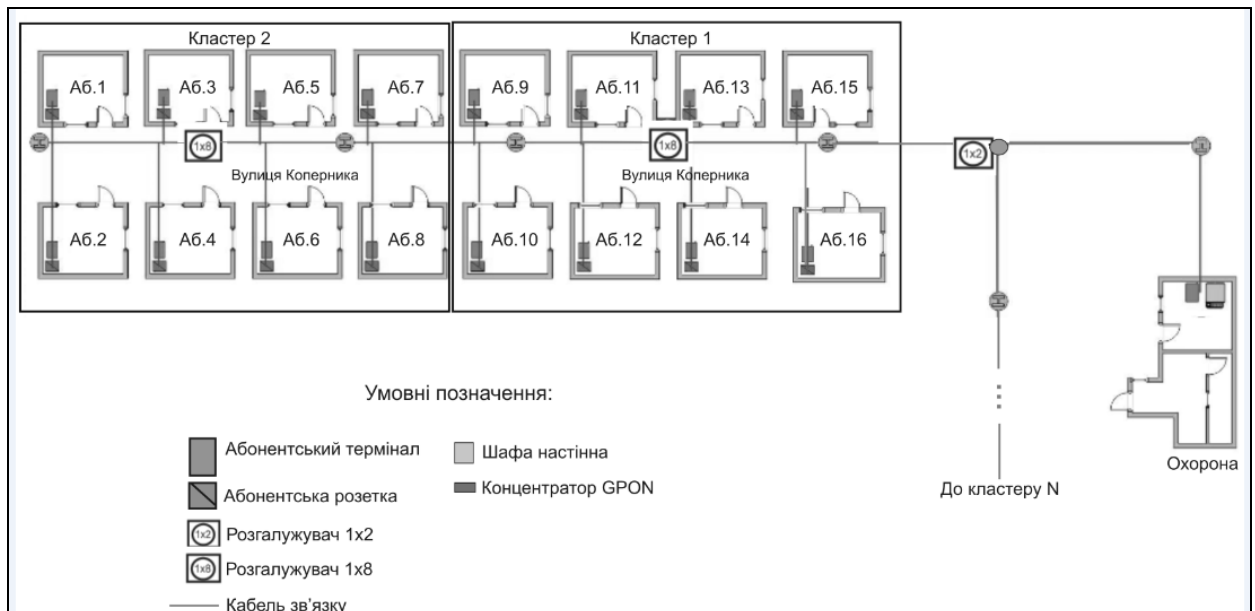


Рисунок 2.17 – Схема одного сегменту мережі GPON

3. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ТА КОМПОНЕНТІВ ПАСИВНОЇ МЕРЕЖІ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ

3.1. Вибір типу магістрального кабелю

У якості магістрального кабелю (для магістральної ділянки мережі) оберемо оптичний кабель FinMark UTxxx-SM-16 [15], який повністю задовольняє вимогам за усіма характеристиками щодо якісної роботи мережі та відповідають необхідним отриманих в ході розрахунків у розділі 2.

Зовнішній вигляд та внутрішня будова кабелю наведені на рисунку 3.1,а,б, відповідно [15].

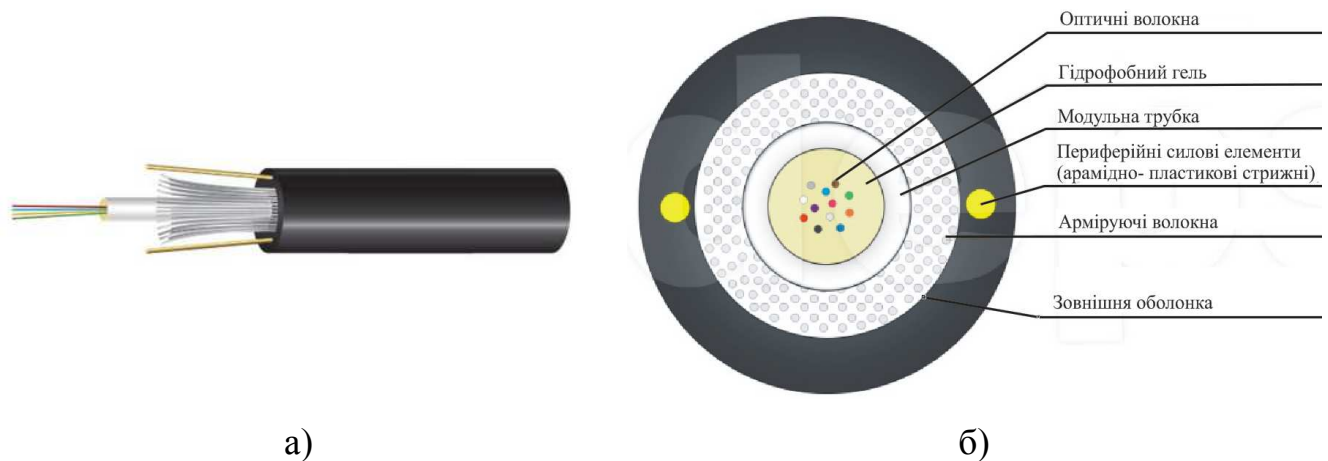


Рисунок 3.1 - Зовнішній вигляд та внутрішня будова ОК FinMark UTxxx-SM-16

Оптоволоконний кабель FinMark UTxxx-SM-15 [15] повністю підходить за характеристиками для побудови магістральної ділянки мережі мікрорайону і за призначенням його можна підвішувати на існуючих опорах ліній зв'язку, завдяки діелектричній конструкції його можна підвішувати на опорах ліній електропередачі (наведений потенціал електричного поля в точках підвісу не більше 12 кВ).

Основними особливостями ОК FinMark UTxxx-SM-1 [15] є його висока міцність при можливих механічних навантаженнях та пошкодженнях за рахунок наявності оболонки з поліетилену високої щільності. Кабель витримує критичні розтягуючі зусилля, завдяки вбудованим в оболонку арамідних стрижнів, має

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 48 |

великий запас волокон та дозволяє витримувати без пошкоджень критичні розтягуючі зусилля за екстремальної температури, вітрового навантаження або ожеледі [15].

Завдяки відсутності наведень на силових елементах у даній марці кабелю, його можна використовувати у якості підвісного на опорах високовольтних мереж;

Мала вага кабелю та його гнучкість надає йому великі переваги для використання в якості магістрального кабелю [15-].

Як видно з рисунку 3.1. кабель містить центральний оптичний модуль з розташованими в центрі 24 оптичними волокнами, містить шар зміцнюючих скловолокон, а його оболонка виготовлена з поліетилену високої щільності.

Конструкція кабелю є повністю діелектричною та виключає будь-які електромагнітні впливи на кабель, завдяки чому, не має необхідності вирішувати питання заземлення і електробезпеки в процесі його монтажу і експлуатації у якості підвісного на мережах електропередач [15]. У кабелі використовується оптичне волокно, яке відповідає вимогам ITU-T G.652.D.

Основні характеристики волоконно-оптичного кабелю наведені в таблиці 3.1 [15].

Таблиця 3.1 - Основні характеристики волоконно-оптичного кабелю

| | |
|---|------------------------|
| Допустиме розтягуюче навантаження | 6,0 кН |
| Кількість оптичних волокон у кабелі | 1-12 |
| Діаметр кабелю, мм | 5.0 |
| Вага кабелю, кг/км | 21 |
| Радіус вигину, постійний/динамічний мм | 10/20 діаметрів кабелю |
| Допустиме роздавлююче зусилля Н/100мм | 1000 |
| Діапазон температур експлуатації та монтажу | -30 °С - +60 °С |
| Максимальний індивідуальний коефіцієнт згасання, дБ/км: - 1310nm/1550nm | 0,36/0,22 |
| Коефіцієнт хроматичної дисперсії, пс/(НМ*КМ): - 1310 нм/1550 нм | 3,5/18 |

3.2. Вибір компонентів розподільчої ділянки мережі

На розподільчій ділянці мережі PON використовується розподільчий кабель. Для прокладання розподільчого кабелю мережі мікрорайону оберемо

розподільчий ОК FinMark FTTHxxx-SM-18/Flex [16]. Зовнішній вигляд кабелю наведений на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2- Зовнішній вигляд кабелю марки FinMark FTTHxxx-SM-18 [16]

Кабель FinMark FTTHxxx-SM-18 [16] знаходить своє використання саме для розгортання мереж PON FTTH та має 4 волокна (рекомендація G.652D). Кабель призначений для прокладання всередині будівель, а також рекомендований до використання у якості підвісного між будинками та стовпами. Його дуже легко кріпити до різних поверхонь, він є простим і зручним при обробці та монтажі на опорах.

Завдяки наявності зовнішньої оболонки, яка виготовлена з безгалогенного низькодимного матеріалу – LSZH (англ. Low Smoke ZeroHalogen) він є захищений від горіння. Сталеві дроти у якості силових елементів надають стійкості кабелю до поздовжнього натягу. Сталевий провід у якості несного елемента, що призначений для підвісу кабелю має діаметр 1,2 мм [16].

За максимальним навантаженням при розтягуванні та при стисканні, що дорівнюють 700 Н та 2200 Н/100 мм, відповідно, за малою вагою та гнучкістю кабель повністю задовольняє усім вимогам щодо його використання у якості розподільчого у проектованій мережі PON [16].

Після того, як підібраний оптичний кабель, підберемо тупикову та прохідну муфту під цей кабель, враховуючі його характеристики описані вище.

Оберемо малогабаритну зварювальну оптичну муфту Crosver FOOSC-S [17], що використовується для введення/виведення оптичного кабелю з підвищеною міцністю, тупикового типу. Муфта призначена для зрощування та розгалуження ОК при повітряному прокладанні на стовпи та дозволяє здійснювати введення до 4

кабелів. В муфту можна установити до 2 сплайс-касет типу S206, кожна з яких має номінальну ємність 6 і максимальну - 12 сварок. Герметизація введення здійснюється термоусадкою [17].

Зовнішній вигляд тупикової муфти Crosver FOCS-S у зібраному та розібраному станах наведена на рисунку 3.3 [17].



Рисунок 3.3 - Муфта Crosver FOCS-S [17] у зібраному (а) та розібраному станах(б)

Муфта (рисунок 3.3) є двопортовою, з габаритними розмірами 330×145×115 мм та дозволяє максимальну кількість зварювань ОК до 24 зварок.

У якості прохідної муфти оберемо муфту Crosver FOCS-A прохідного типу [18], яка призначена для зрощування та розгалуження оптичного кабелю при його інсталяції по повітряних лініях.

Сплайс касети та елементи фіксації оптичного кабелю розміщуються в корпусі Crosver FOCS-A з високоміцного пластика, половини корпусу якого герметично з'єднуються між собою і прокладені гумою, а в місцях введення кабелю передбачена спеціальна стрічка для герметизації. Муфта такого типу здатна витримувати експлуатаційні температури в діапазоні температур від - 40 °С до +60 °С. Матеріали усіх компонентів даної муфти є корозійно-стійкими до зовнішніх впливів [18].

Муфта Crosver FOCS-A є шестипортовою, з габаритними розмірами 400×185×90 мм, містить та дозволяє максимальну кількість зварювань ОК до 48 [18].

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 51 |

3.3. Вибір лінійної арматури

До лінійної арматури мережі відносяться усі елементи кріплення основного обладнання, кабелів та інших складових для розгортання мережі на місцевості (рисунок 3.4) [18].



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рисунок 3.4 – Лінійна арматура: затискач натяжний Crosver ASM-7 [18] (а); кронштейн для опор Crosver CS10 (б); бандажна стрічка Crosver BTS (в); підтримуючий затискач Crosver SSD (г); гак для опор без отворів ГС12 (д); натяжний затискач Crosver ASF (е)

Натяжний затискач Crosver ASM-7 (рисунок 3.4, а) призначений для кріплення і утримання в натягнутому стані розподільчих кабелів. Натяжний затиск складається з високоміцного корпусу, двох клинів для затиску кабелю та який оздоблений зубами і хомутом зі сталевого нержавіючого троса [18].

Кронштейн CS10 (рисунок 3.4, б) служить для підвішування натяжного затискача з метою утримання кабелю. При цьому, кронштейн закріплюється на опорі за допомогою двох болтів або бандажною стрічкою та витримує руйнівне навантаження - не менше 1000 кг.

Бандажна стрічка (рисунок 3.4, в) призначена для фіксації елементів (фіксується скріпою ВС-1) кріплення на опорах та виготовлена з нержавіючої сталі марки 201. Один рулон стрічки містить 50 метрів.

Підтримуючий затискач Crosver SSD (рисунок 3.4, г) призначений для підвісу самонесучого оптичного кабелю з діаметром несучого елемента в оболонці 4- 7 мм.

Гак для опор GC12 (рисунок 3.4, д) служить для підвіски підтримуючих і натяжних затискачів на опорах, які не мають отворів для кріплення. Даний елемент кріпиться двома бандажними стрічками, що мають максимальну ширину 20 мм. Гак розрахований і витримує максимальне навантаження до 3 кН, що підходить для більшості випадків монтажу кабелів на опори.

Натяжний зажим Crosver ASF (рисунок 3.4, е) призначений для побудови повітряних ліній з використанням волоконно-оптичного кабелю з плоскою перетином. Його конструкція зроблена таким чином, що «кабель» рівномірно і щільно затискається по всій довжині затискача. Вставки з фіксуючими виступами перешкоджають прослизанню кабелю навіть при великих поздовжніх навантаженнях.

3.4. Вибір компонентів абонентської ділянки мережі

Розподільчий оптичний бокс Crosver FOB-03-12 призначений для використання в ВОК з глибоким проникненням оптики для застосувань в мережах FTTH.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 53 |

Крос-бокс, або крос –вузол (рисунок 3.5) може використовуватися для ввідно-розподільчих пристроїв, телекомунікаційних кросів та дозволяє розподілити до 16 оптичних волокон за умови введення трьох лінійних оптичних кабелів і до 8 абонентських відводів [19].

Корпус крос-боксу (рисунок 3.5,а) виготовлений з міцного пластику, всередині якого розташовані елементи фіксації кабелю і оптичних з'єднувачів. Корпус стабілізовано не підлягає впливу ультрафіолетового випромінювання і температурних коливань, що дозволяє експлуатувати його на відкритому просторі. Конструкція кріплень боксу дозволяє розміщувати його як на стовпах, так і на стінах будинків.



Рисунок 3.5 - Розподільчий оптичний бокс Crosver FOB-03-12: зовнішній вигляд (а); вид всередині (б) [19]

В середині боксу розташована відкидна монтажна панель (рисунок 3.5,б). На даній панелі розміщується кронштейн для установки до 8-ми оптичних адаптерів типу SC. На іншій стороні панелі знаходяться місця для фіксації захисних гільз та розміщення оптичних PLC дільників. Конструкція володіє відмінними функціональними та ергономічними якостями та має малі габарити самого боксу [19].

У якості настінної оптичної розетки в будинку, оберемо розетку Crosver FOR-02 [19] що дозволяє зрощувати до 2-х оптичних волокон, конструкція допускає установку у відповідні посадочні місця 2-х адаптерів.

Також є можливість закріплення оптичного кабелю кабельним затискачем, що запобігає його висмикуванню. Розетка призначена для вмикання патчкордових оптичних кабелів або кабелів типу FTTH в будинку користувачів [19].

Зовнішній вигляд розетки наведений на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 - Оптична розетка Crosver FOR-02 [19]

3.5. Вибір та обґрунтування оптичних кросів лінійної ділянки мережі

Оптичний крос (ОКр) - пристрій, призначений для обтиску волокон оптичного кабелю розняттями, комутації цих розняттів з активним обладнанням за допомогою пасивного, упорядкованого розміщення в своєму корпусі зварних з'єднань волокон з оптичними шнурами та для зберігання запасів оптичних волокон [20].

ОКр можуть бути різних конструкцій, форм, розмірів. Ці параметри визначаються, як правило, ємністю кабелю, маркою кабелю, місцем розміщення кросу і так далі.

Незважаючи на різноманітність моделей, можна перерахувати кілька характерних конструктивних елементів, які ми зможемо зустріти майже в будь-якої моделі ОКр.

На рисунку 3.6 наведена конструкція оптичного кросу (тип для стояка) та показані його основні елементи.

Опис основних елементів конструкції оптичного кросу:

1. Корпус – являє собою забарвлену металеву коробку, що забезпечує розміщення всередині касет із зварними з'єднаннями та запасів волокон з оптичними шнурами, так званих пігтейлів (pig-tail). Пігтейлами називаються

оптичні шнури, що мають на одному з кінців конектор, встановлений в заводських умовах. Іншим кінцем пігтейли приварюються до волокон оптичного кабелю [21].

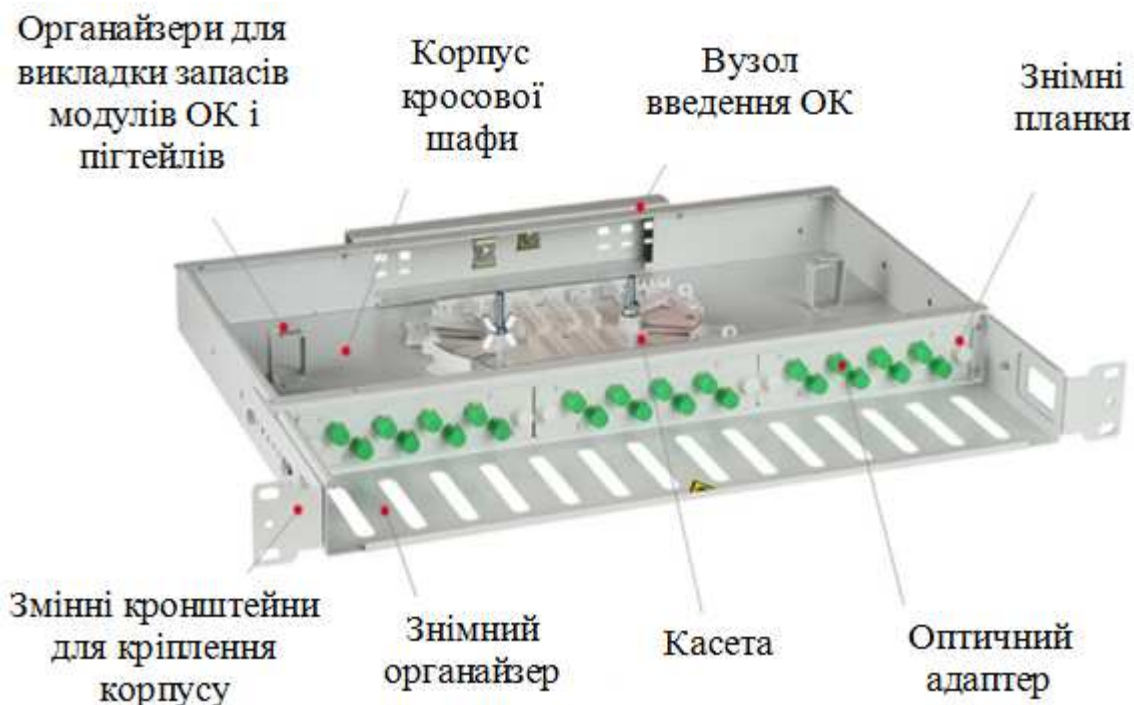


Рисунок 3.4 - конструкція оптичного кросу (тип для стояка) та показані його основні елементи [21]

2. Вузол вводу ОК або отвір з кріпильними прорізами, або окремий знімний вузол, що забезпечує надійне закріплення оптичного кабелю на корпусі ОКр.

3. Планки з адаптерами – металеві або пластикові пластини, які мають посадкові отвори для установки в них різних типів оптичних адаптерів - для кожного типу використовуються свої типи планок. Адаптери, як правило, використовуються таких типів, як FC, SC, LC, ST. Можуть бути різного виконання і мати різні способи кріплення на корпусі. Зазвичай планки з адаптерами розташовуються на кросі таким чином, щоб до них забезпечувався максимально зручний доступ при підключенні патч-кордів.

4. Касета (сплайс-касета) – це пластикова конструкція, в якій розміщуються зварні з'єднання і незахищені ОВ.

5. Знімний органайзер – це пристосування для зручного розміщення підведених до ОКр патч-кордів.

6. Кронштейни для кріплення корпусу – для кріплення самого ОКр на несучій конструкції (усередині телекомунікаційної шафи).

7. Органайзери для викладки – різні пристосування для зручного розміщення в кросі оптичних модулів і пігтейлів, можуть бути виконані у вигляді скоб, гачків та затискачів [21].

Як вже було сказано, оптичні кроси можуть бути абсолютно різних видів (рисунок 3.7, рисунок 3.8).

Наприклад, їх розрізняють за типом місця розміщення - настінні і на стояку оптичні кроси. Перші призначені для установки на поверхні стіни, другі - для установки в стандартні 19-дюймові телекомунікаційні стояки. Зазвичай цю різницю ми зможемо відразу ж зрозуміти з назви моделі, а саме: ШКОН (шафа кросова оптична настінна) і ШКОС (шафа кросова оптична для стійки).



Рисунок 3.7 – Шафа-крос типу ШКОН [21]



Рисунок 16 – Шафа-крос типу ШКОС-М-1U [21]

За таким параметром як максимальна ємність можна розділити ОКр на дві

групи - це вже згадані кроси ШКОН або ШКОС (мають ємність до 144 оптичних портів типу LC) і так звані кроси високої щільності, які являють собою складні великогабаритні конструкції, що дозволяють встановити до тисячі і більше оптичних портів.

Усе підібране в ході проектування обладнання, компоненти та елементи, які необхідні при розгортанні мережі GPON мікрорайону зведемо у таблицю 3.2 – специфікація проекту.

Таблиця 3.2 – Специфікація обладнання та компонентів мережі GPON

| Поз. | Найменування | Виробник | Од. вимір. | Кіл-ть | Ціна за од., грн |
|---------------------------------|---|--------------|---------------|--------|---------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Магістральна частина | | | | | |
| Кабельно-провідникова продукція | | | | | |
| 1 | Оптичний кабель FinMark UTxxx-SM- 16 ADSS | FinMark | км | 0,727 | 19,04 |
| Кросове обладнання | | | | | |
| 2 | Муфта кінцева Crosver FOSS-S | ТМ «Crosver» | шт | 1 | 493 |
| Лінійна арматура | | | | | |
| 3 | Ланка проміжна подвійна 2ПР-7-1 | «Вольтен» | шт | 7 | 26,50 |
| 4 | Ланка проміжна вивернута ПРВ-7-1 | «Вольтен» | шт | 7 | 62,20 |
| 5 | Талреп гак-кільце M12 DIN1480 | ЛОАД-ТЕХ» | шт | 7 | 21,75 |
| 6 | Затискач натяжний Crosver ASM-7 | ТМ «Crosver» | шт | 19 | 107 |
| 7 | Затискач натяжний Crosver ASF-SSP | ТМ «Crosver» | шт | 11 | 13 |

Продовження таблиці 3.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------------|---|---------------|----|-------|-------|
| 8 | Гак для опор Crosver SP-8 | ТМ «Crosver» | шт | 30 | 20 |
| 9 | Бандажна стрічка Crosver BTS-20x07-50м | ТМ «Crosver» | шт | 1 | 1084 |
| Розподільна частина | | | | | |
| Кабельно-провідникова продукція | | | | | |
| 10 | Оптичний кабель розподільчий FinMark FTTHxxx-SM-18/Flex | FinMark | км | 1,759 | 19,04 |
| 11 | Оптичний кабель розподільчий FinMark FTTHxxx-SM-28/Flex | FinMark | км | 0,622 | 19,32 |
| Кросове обладнання | | | | | |
| 12 | Муфта прохідна Crosver FOOSC-A | ТМ «Crosver» | шт | 12 | 900 |
| 13 | Кронштейн для опор Crosver CS-10 | ТМ «Crosver» | шт | 12 | 128 |
| 14 | Муфта кінцева Crosver FOOSC-S | ТМ «Crosver» | шт | 3 | 493 |
| 15 | Кронштейн для опор Crosver CS-10 | ТМ «Crosver» | шт | 3 | 128 |
| Лінійна арматура | | | | | |
| 16 | Ланка проміжна подвійна 2ПР-7-1 | ТОВ «Вольтен» | шт | 23 | 26,50 |
| 17 | Ланка проміжна вивернута ПРВ-7-1 | ТОВ «Вольтен» | шт | 23 | 62,20 |

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|-----|------|----------|--------|------|

КІПТР. 2017016.01.04 ПЗ

Арк.

59

Кінець таблиці 3.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------------------|---|-----------------------|----|----|-------|
| 18 | Талреп гак-кільце M12 DIN1480 | ПАТ «Одескабель» | шт | 23 | 21,75 |
| 19 | Кронштейн для опор Crosver CS-10 | ТМ «Crosver» | шт | 90 | 128 |
| 20 | Затискач натяжний Crosver ASM-7 | ТМ «Crosver» | шт | 46 | 107 |
| 21 | Затискач натяжний Crosver ASF-SSP | ТМ «Crosver» | шт | 19 | 13 |
| 22 | Гак для опор Crosver SP-8 | ТМ «Crosver» | шт | 65 | 20 |
| 23 | Бандажна стрічка Crosver BTS-20x07- 50м | ТМ «Crosver» | шт | 2 | 1084 |
| Абонентська частина | | | | | |
| 24 | Оптична розетка Crosver FOR-02 | ТМ «Crosver» | шт | 66 | 19 |
| 25 | Абонентський термінал ONU GPON ZTE F601 | ZTE | шт | 66 | 342 |
| 26 | Безпроводовий маршрутизатор Netis WF2419E | ТМ «Netis Systems» | шт | 66 | 349 |
| Оптичне лінійне обладнання OLT | | | | | |
| 27 | Комутатор Raisecom ISCOM5508-GP | ТМ «Raisecom» | шт | 1 | 35408 |
| 29 | Оптичний крос ODF Line 1U 19" LC12 | ТОВ «Укрком Лайн» | шт | 1 | 1493 |

3.6. Оброблення стандартного підвісного оптичного кабелю

Процес обробки стандартного підвісного оптичного кабелю відбувається наступним чином [22]:

1. За допомогою рулетки відмірюють необхідну довжину оброблення волоконно-оптичного кабелю, ставиться відповідна позначка.

2. Зовнішня оболонка з полімерного матеріалу надрізається (спочатку поперек по мітці, потім вздовж ОК) лезом стрипера Kabifix FK28 або іншим схожим інструментом і далі знімається. Важливе зауваження: відрегульований стрипер під товщину оболонки необхідно спочатку перевірити на кінці ОК (10-15 см), тобто переконатися, що ніж не пошкоджує інші елементи конструкції оптичного кабелю.

3. Зміцнюючий елемент у вигляді арамідної нитки, відрізається за допомогою ножиць для різання зміцнюючих ниток.

4. Проміжна оболонка аналогічно надрізається і знімається стрипером Kabifix FK28. Перед початком робіт стрипер необхідно налаштувати під нову товщину оболонки.

5. Після зняття проміжної оболонки, зі скручування оптичних модулів знімається кілька обмотувальних ниток (їх потрібно підчепити і обрізати).

6. Далі пучок оптичних модулів розкручується, центральний силовий елемент (ЦСЕ) відкушується на необхідну довжину, вся решта конструкції протирається дрантям, змоченою рідиною D-Gel.

В процесі робіт з оптичним кабелем, видаляючи кожен шар (зовнішній, внутрішній, проміжний, зміцнюючі і силові елементи і так далі), - центральний силовий елемент (ЦСЕ) не повинен заламуватись.

7. Оптичний модуль знімається з пучка оптичних волокон стрипером-прищипкою. Стрипером необхідно зробити поперечний надріз модуля в потрібному місці, потім акуратно його надломити і витягнути за його кінчик.

8. Після зняття модуля, пучок оптичних волокон протирається сухою безворсовою серветкою для видалення надлишків гідрофобія, потім серветка змочується ізопропіловим спиртом і пучок ОВ протирається ще раз спиртом.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 61 |

Висновки

Під час виконання кваліфікаційного проекту була спроектована телекомунікаційна мережа абонентського доступу в мікрорайоні «Сонячний» м. Хмельницького.

Спроекована у відповідності до технічного завдання мережа базується на ширококугловій технології побудови пасивних оптичних мереж GPON. Зявдяки використанню даної технології вдалося забезпечити абонентів нового мікрорайону «Сонячний» високошвидкісними послугами доступу в інтернет та інтерактивного телебачення (IPTV).

Особливістю використання технології GPON є можливість використання архітектурного рішення FTTH, за яким оптоволоконний кабель протягується безпосередньо в будинок абонентів приватного сектора, що дозволило збільшити швидкість передачі даних до 1000 Мбіт/с та отримати абонентам високоякісну послугу доступу до гігабітного інтернету).

В якості активних пристроїв GPON використовуються два типи мережевого обладнання: OLT, яке є центральним пристроєм на стороні оператора та ONT – абонентський пристрій, який встановлюється на стороні клієнта (абонента).

Технологія GPON базується на принципі множинного доступу з поділом за часом (TDMA), тому на один PON порт OLT одночасно можна підключити до 128 пристроїв ONT. Абоненти мікрорайону були підключені одночасно на 2 порти центрального OLT (по 64 абоненти на кожен порт).

Використання устаткування GPON OLT Raisecom ISCOM5508-GP містить 4xGPON SFP порти для можливості підключення до 256 абонентських пристроїв мережі, при цьому забезпечується швидкість передачі даних до 2,5 Гбіт / с.

За рахунок правильно підбраного обладнання, використання оптоволоконного кабелю і пасивних елементів, а саме енергонезалежних розгалужувачів, вдалося значно скоротити витрати на розгортання мережі та підвищити відмовостійкість мережі в цілому.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 62 |

Список використаних джерел

1. Бортник, Г. Г. Системи доступу : підручник / Г. Г. Бортник, В. М. Кичак, О. В. Стальченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 298 с.
2. G.902: Framework Recommendation on functional access networks (AN) - Architecture and functions, access types, management and service node aspects, 1995 р.
3. І.В. Горбатий. Телекомунікаційні системи та мережі. Навчальний посібник / Горбатий І.В., Бондарев А.П. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 336 с.
4. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник / Укладачі : Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. – Тернопіль, 2017 – 384 с
5. Воробієнко П.П. [та ін.]. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Підручник [для вищих навчальних закладів] / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К. : САММІТ- Книга, 2010.– 708 с.: іл.
6. Телекомунікаційні системи та мережі. Абонентський доступ і технології локальних мереж [Електронний ресурс] / В. В. Поповський та ін. Т. 2. Харків: СМІТ. Друге видання, доповнене. 2018. Режим доступу: <http://www.znanius.com/3882.html?&L=0>.
7. ITU-T G.984.1: Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics, 2008.
8. WDM-PON– Назва з екрану - [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://www.adva.com/en/products/technology/wdm-pon>
9. Байкенов А.С., Абишева Т.А. Проектирование и техническая эксплуатация телекоммуникационных систем: Учебное пособие – Алматы: АУЭС, 2016. – 64 с.
10. Конфігуратор сільських мереж GPON. – [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://vols.expert/ftth/> .
11. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування.
12. Пашинський, В. А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції для території України / В. А. Пашинський. – К. : УкрНДІПСК, 1999. – 185 с.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КПТР. 2017016.01.04 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 63 |

13. Кінаш, Р. І. Вітрове навантаження і вітроенергетичні ресурси в Україні / Р. І. Кінаш, О. М. Бурнаєв. – Львів : Видво наук.техн. літ., 1998. –1152 с. – (Монографія).
14. Расчет нагрузок на опоры. – [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://vols.expert/configurator/calculate-loads-on-bearings/>
15. Оптический кабель FinMark UTxxx-SM-16 ADSS. Назва з екрану- [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://deps.ua/katalog/opticheskiy-cabel/finmark-utxxx-sm-16-adss.html>
16. Оптичний кабель розподільчий FinMark FTTHxxx-SM-18/Flex. Назва з екрану- [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://deps.ua/ua/katalog/optical-cable/finmark-ftthxxx-sm-18.html>
17. Тупікова муфта Crosver FOOSC-S. – [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://deps.ua/ua/katalog/fiber-optic-splice-closures/crosver-fosc-s.html>
18. Прохідна муфта Crosver FOOSC-A. – [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://deps.ua/ua/katalog/fiber-optic-splice-closures/crosver-fosc-a.html>
19. Схема побудови PON мережі. – [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://deps.ua/ua/knowegable-base/samples-of-the-technical-solutions/ua-pon-network-construction-scheme.html>
20. Особенности оптических кросс боксов + гайд по укладке кабеля в распределительный бокс– [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://e-server.com.ua/sovety/osobennosti-opticheskikh-kross-boksov-gajd-po-ukladke-kabelja-v-raspredelitelnyj-boks>.
21. Монтаж оптического кросса. – [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим достуа: <https://vols.expert/useful-information/montazh-opticheskogo-krossa/>
22. Оброблення оптичного кабелю. – [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://vols.expert/useful-information/razdelka-opticheskogo-kabelya/>

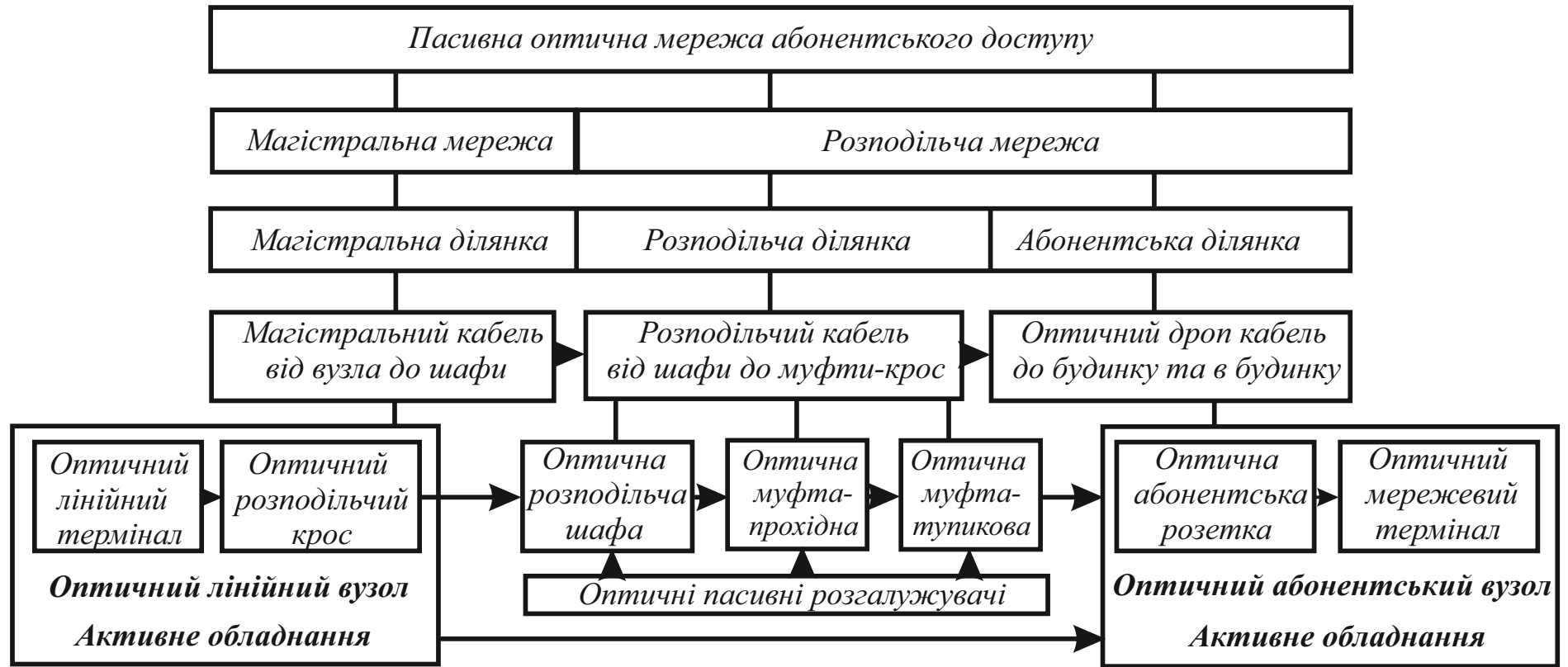
Додаток А

Таблиця А.1 - параметри монтажного навантаження і стріл провисання для кабелю FinMark UTxxx-SM-16 ADSS при температурі навколишнього повітря

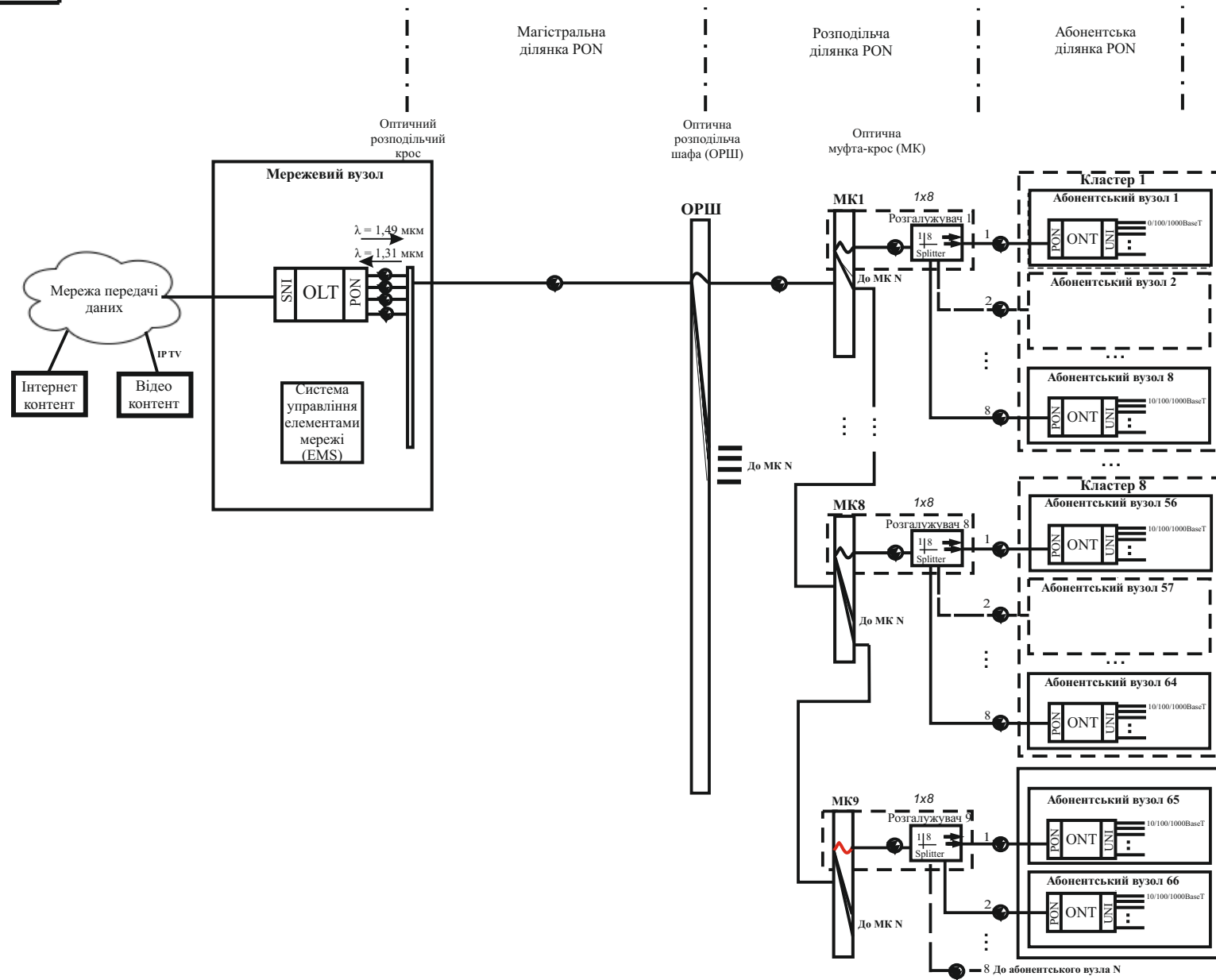
| Анкерна ділянка | | Розрахунковий проліт | | Монтажні навантаження і стріли провисання кабелю при температурі навколишнього повітря | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|----------------------------------|---------------------|--|--------|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| Номери опор, що обмежують анкерний ділянку | Довжина анкерного ділянки, м | Номери опор, що обмежують проліт | Довжина прольоту, м | -30 °C | -20 °C | -10 °C | 0 °C | 10 °C | 20 °C | 30 °C | 40 °C | 50 °C | 60 °C | 70 °C | |
| 0-13 | 274 | | | Монтажні навантаження, Н | | | | | | | | | | | |
| | | | | 770 | 668 | 567 | 468 | 400 | 348 | 307 | 274 | 248 | 227 | 210 | |
| | | | | Монтажні стріли провисання, м | | | | | | | | | | | |
| | | 0-1 | 17 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,17 | 0,20 | 0,24 | 0,27 | 0,31 | |
| | | 1-2 | 13 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,11 | 0,14 | 0,17 | 0,20 | 0,22 | |
| | | 2-3 | 20 | 0,07 | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,22 | 0,26 | 0,30 | 0,34 | 0,37 | |
| | | 3-4 | 22 | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,21 | 0,25 | 0,30 | 0,34 | 0,38 | 0,42 | |
| | | 4-5 | 19 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,35 | |
| | | 5-6 | 16 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,22 | 0,25 | 0,29 | |
| | | 6-7 | 19 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,35 | |
| | | 7-8 | 16 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,22 | 0,25 | 0,29 | |
| | | 8-9 | 16 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,22 | 0,25 | 0,29 | |
| | | 9-10 | 32 | 0,20 | 0,23 | 0,27 | 0,31 | 0,36 | 0,41 | 0,47 | 0,52 | 0,58 | 0,63 | 0,68 | |
| | | 10-11 | 27 | 0,14 | 0,16 | 0,19 | 0,22 | 0,26 | 0,31 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | |
| | | 11-12 | 28 | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,33 | 0,38 | 0,43 | 0,48 | 0,53 | 0,57 | |
| | | 12-13 | 29 | 0,16 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | |
| 13-26 | 369 | | | Монтажні навантаження, Н | | | | | | | | | | | |
| | | | | 831 | 731 | 632 | 537 | 467 | 410 | 364 | 326 | 295 | 270 | 250 | |
| | | | | Монтажні стріли провисання, м | | | | | | | | | | | |
| | | 13-14 | 30 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,37 | 0,42 | 0,48 | 0,53 | 0,58 | |
| | | 14-15 | 29 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,26 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,51 | 0,56 | |
| | | 15-16 | 37 | 0,25 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | 0,41 | 0,47 | 0,53 | 0,59 | 0,65 | 0,71 | 0,77 | |
| | | 16-17 | 29 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,26 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,51 | 0,56 | |
| | | 17-18 | 28 | 0,14 | 0,15 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,33 | 0,38 | 0,43 | 0,48 | 0,53 | |
| | | 18-19 | 30 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,37 | 0,42 | 0,48 | 0,53 | 0,58 | |
| | | 19-20 | 27 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,19 | 0,22 | 0,26 | 0,31 | 0,36 | 0,41 | 0,46 | 0,51 | |
| | | 20-21 | 21 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,17 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,33 | 0,37 | |
| | | 21-22 | 26 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,18 | 0,21 | 0,25 | 0,29 | 0,34 | 0,39 | 0,43 | 0,48 | |
| | | 22-23 | 20 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,13 | 0,15 | 0,19 | 0,22 | 0,27 | 0,31 | 0,34 | |
| | | 23-24 | 23 | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,37 | 0,41 | |
| | | 24-25 | 33 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,29 | 0,33 | 0,38 | 0,44 | 0,49 | 0,55 | 0,60 | 0,66 | |
| | | 25-26 | 36 | 0,23 | 0,26 | 0,30 | 0,34 | 0,39 | 0,45 | 0,50 | 0,56 | 0,62 | 0,68 | 0,74 | |

Таблиця А2 – Розрахунок стріл провисання

| Анкерна ділянка | | Розрахунковий проліт | | Максимальне розтягуюче навантаження (Ожеледь+вітер), м | Стріла провисання максимальна щодо поточної опори (Ожеледь + вітер), м | Стріла провисання після реалізації витяжки (без вітру та ожеледиці при середній експлуатаційній температурі), м | Стріла провисання горизонтальна максимальна (вітер), м | Стріла провисання вертикальна максимальна (ожеледь), м |
|---|-----------------------------|----------------------------------|---------------------|--|--|---|--|--|
| Номери опор, що обмежують анкерну ділянку | Довжина анкерної ділянки, м | Номери опор, що обмежують проліт | Довжина прольоту, м | | | | | |
| 0-13 | 274 | 0-1 | 17 | 1 672 | 0,51 | 0,12 | 0,42 | 0,47 |
| | | 1-2 | 13 | 1 439 | 0,34 | 0,07 | 0,28 | 0,32 |
| | | 2-3 | 20 | 1 835 | 0,64 | 0,16 | 0,53 | 0,59 |
| | | 3-4 | 22 | 1 939 | 0,73 | 0,20 | 0,61 | 0,67 |
| | | 4-5 | 19 | 1 782 | 0,59 | 0,15 | 0,49 | 0,54 |
| | | 5-6 | 16 | 1 616 | 0,47 | 0,11 | 0,38 | 0,43 |
| | | 6-7 | 19 | 1 782 | 0,59 | 0,15 | 0,49 | 0,54 |
| | | 7-8 | 16 | 1 616 | 0,47 | 0,11 | 0,38 | 0,43 |
| | | 8-9 | 16 | 1 616 | 0,47 | 0,11 | 0,38 | 0,43 |
| | | 9-10 | 32 | 2 412 | 1,25 | 0,40 | 1,04 | 1,14 |
| | | 10-11 | 27 | 2 184 | 0,98 | 0,29 | 0,82 | 0,90 |
| | | 11-12 | 28 | 2 231 | 1,03 | 0,31 | 0,86 | 0,94 |
| 13-26 | 369 | 12-13 | 29 | 2 277 | 1,08 | 0,33 | 0,91 | 0,99 |
| | | 13-14 | 30 | 2 361 | 1,12 | 0,31 | 0,93 | 1,02 |
| | | 14-15 | 29 | 2 315 | 1,07 | 0,29 | 0,88 | 0,98 |
| | | 15-16 | 37 | 2 669 | 1,51 | 0,46 | 1,26 | 1,38 |
| | | 16-17 | 29 | 2 315 | 1,07 | 0,29 | 0,88 | 0,98 |
| | | 17-18 | 28 | 2 268 | 1,01 | 0,28 | 0,84 | 0,93 |
| | | 18-19 | 30 | 2 361 | 1,12 | 0,31 | 0,93 | 1,02 |
| | | 19-20 | 27 | 2 221 | 0,96 | 0,26 | 0,80 | 0,88 |
| | | 20-21 | 21 | 1 922 | 0,67 | 0,16 | 0,55 | 0,62 |
| | | 21-22 | 26 | 2 173 | 0,91 | 0,24 | 0,75 | 0,84 |
| | | 22-23 | 20 | 1 869 | 0,63 | 0,15 | 0,51 | 0,58 |
| | | 23-24 | 23 | 2 025 | 0,77 | 0,19 | 0,63 | 0,70 |
| 24-25 | 33 | 2 496 | 1,28 | 0,37 | 1,07 | 1,17 | | |
| 25-26 | 36 | 2 626 | 1,45 | 0,44 | 1,21 | 1,33 | | |



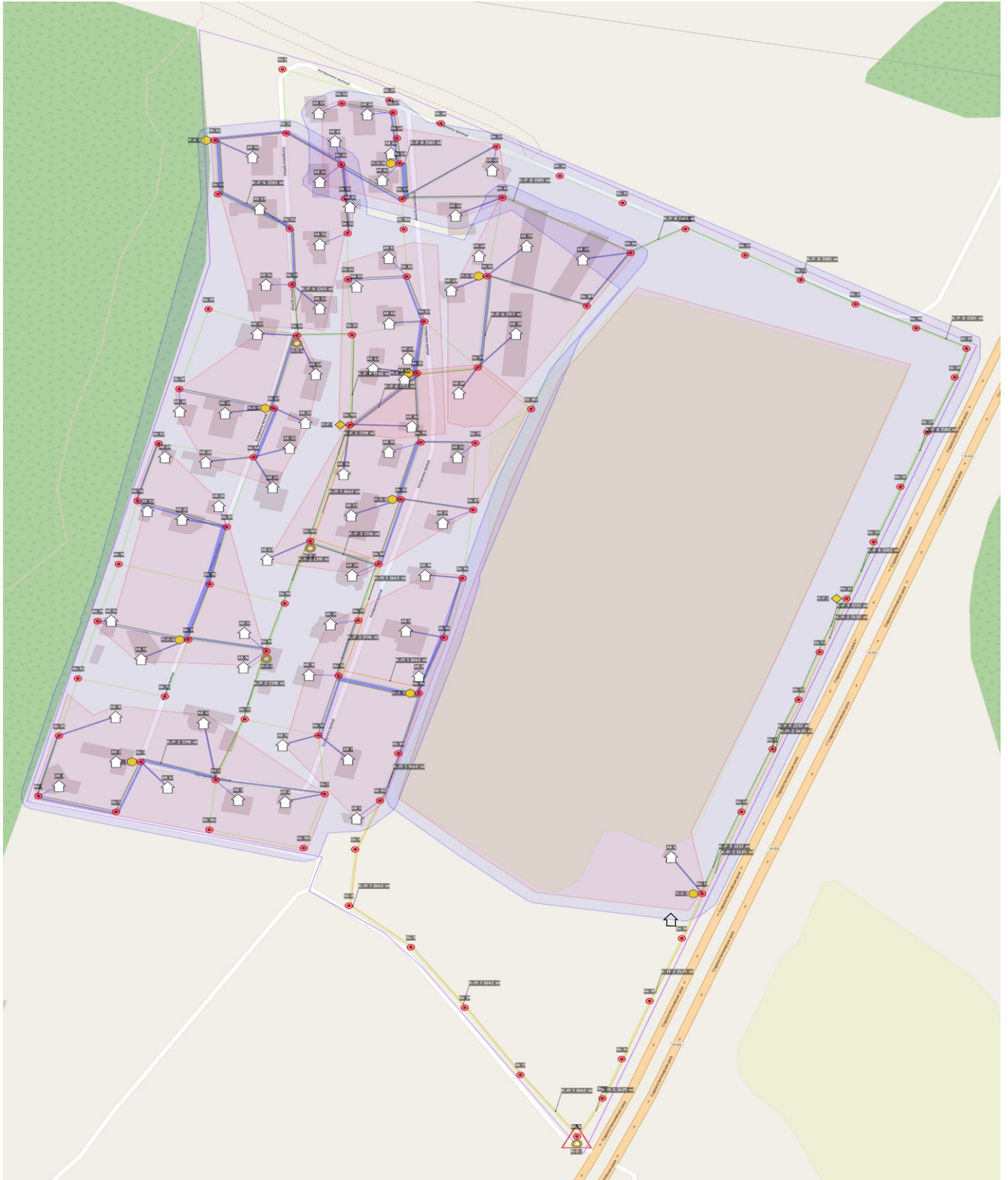
| | | | | | | |
|----------|---------------|----------|-------|-----------------------|--|-----------|
| | | | | КПТР.2017016.01.04 Е1 | | |
| Зм. | Арк. | № док-м. | Підп. | Дата | Телекомунікаційна мережа абонентського доступу | |
| Розроб. | Рижук Я.Р. | | | | Літ. | Маса |
| Перев. | Таранчук А.А. | | | | Н | Масшт. |
| Т.контр. | | | | | Арквш 1 | Арквшів 1 |
| Н.контр. | Стецюк В.І. | | | | ХНУ, ТР-17-1 | |
| Затв. | Підченко С.К. | | | | | |



| | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|-------|------|--|-----------|--------|
| | | | | | KTPP.2017016.01.04 E2 | | |
| | | | | | Телекомунікаційна мережа абонентського доступу Схема електрична функціональна | | |
| | | | | | Літ. | Маса | Масшт. |
| | | | | | Н | | |
| | | | | | Аркуш 1 | Аркушів 1 | |
| | | | | | ХНУ, ТР-17-1 | | |
| Зм. | Арх. | № док. | Підп. | Дата | | | |
| Розроб. | Рижук Я.Р. | | | | | | |
| Перев. | Таранчук А.А. | | | | | | |
| Т.контр. | | | | | | | |
| Н.контр. | Стецюк В.І. | | | | | | |
| Затв. | Піащенко С.К. | | | | | | |

ПЛАКАТ1

Пасивна оптична мережа GPON в приватному секторі мікрорайона «Сонячний»



Умовні позначення:



Абонентський будинок



Точка входу



Опора

Магістральний кабель

Розподільчий кабель

Абонентський дроп кабель



Муфта першого каскаду



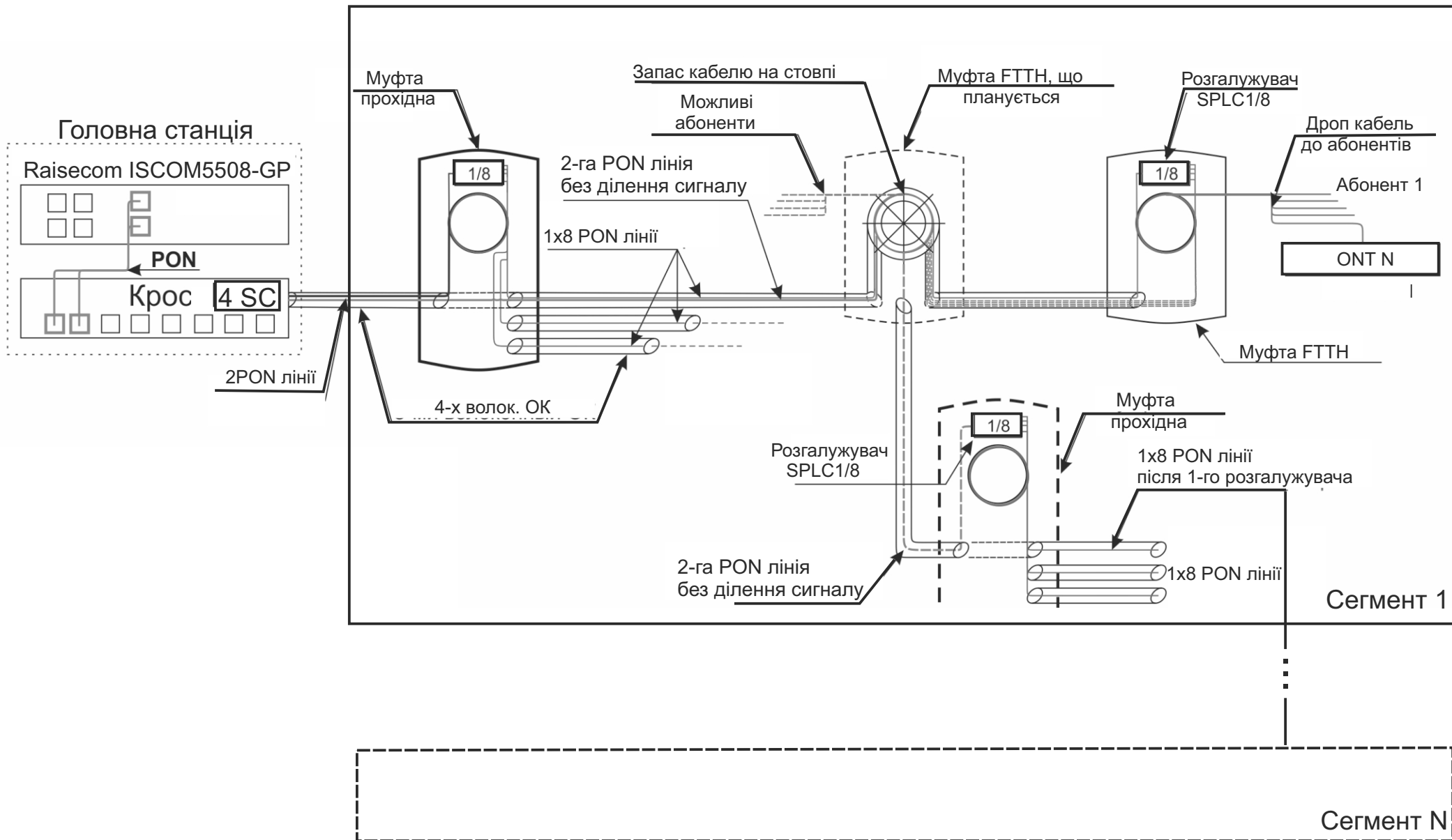
Муфта другого каскаду



Муфта прохідна

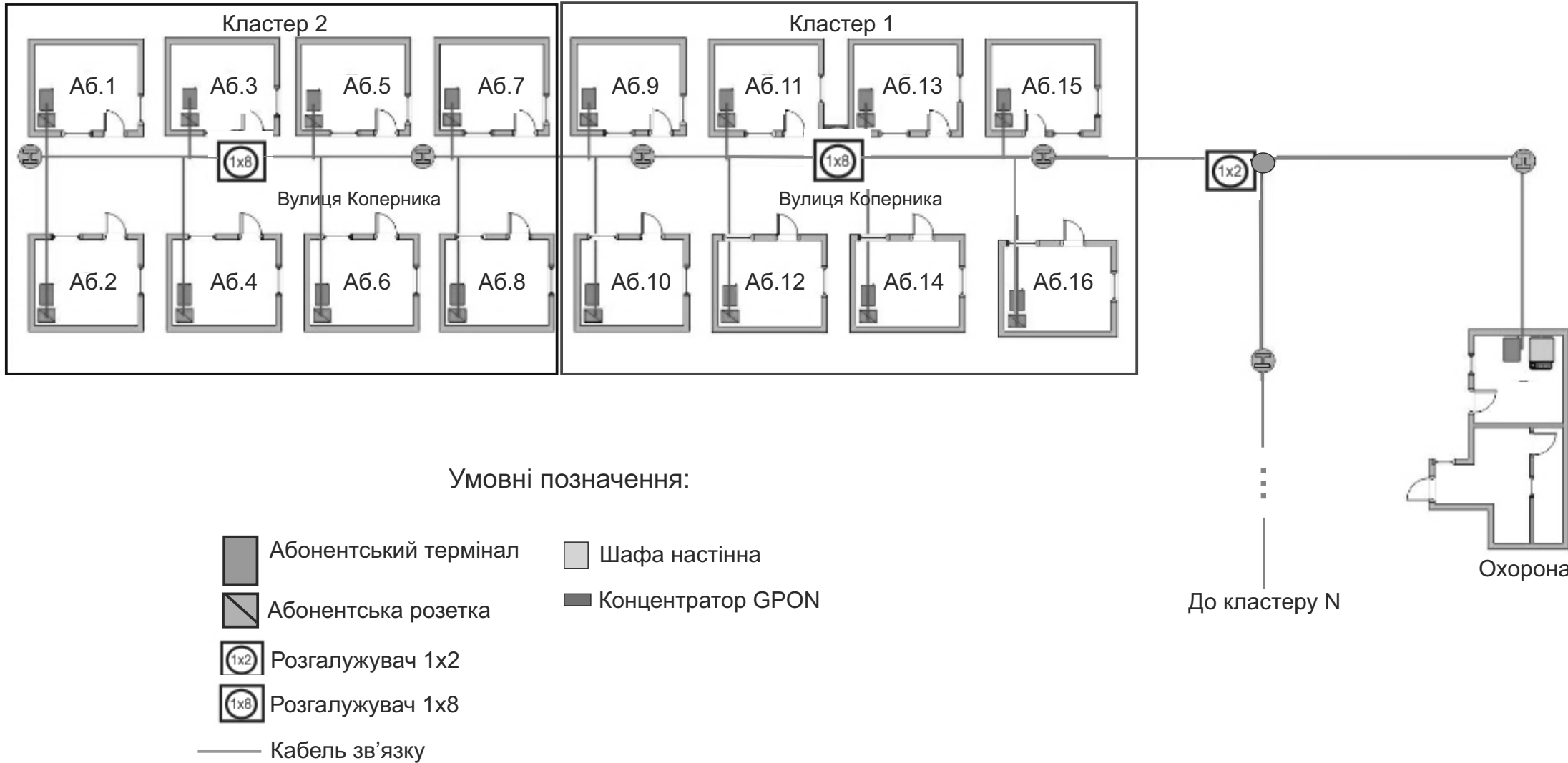
Плакат 2

Обладнання мережі GPON



Плакат 3

Схема сегменту мережі GPON



Завідувачу кафедри телекомунікацій
медійних та інтелектуальних технологій
д.т.н, доценту Підченко С.К.
здобувача вищої освіти
Рижук Ярини Романівни,
ФПКТС, 4 курс, ТР-17-1

ЗАЯВА

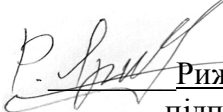
З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомена. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщена та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

17.06.2021

дата


Рижук Я.Р.
підпис

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 0.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 14%

| | | | | |
|---|----------|---------|-------------------------------------|---------|
| ID: 94604 Название: Телекомунікаційна мережа абонентського доступу Добавлено в БД: 2021-06-17 Авторы: Рижук Ярина Романівна Руководители: Таранчук Алла Анатоліївна Консультанты: Оponentы: | Документ | | Суммарное совпадение по Базе Данных | |
| | Символы | Лексемы | Символы | Лексемы |
| | 64604 | 538 | 194 (0%) | 3 (1%) |

Источник плагиата

| ID | Описание | Наличие плагиата в документе | |
|----|----------|------------------------------|---------|
| | | Символы | Лексемы |
| | | | |

Ім'я користувача:
Kafedra TMIT KhNU

Дата перевірки:
17.06.2021 18:51:30 EEST

Дата звіту:
17.06.2021 18:55:11 EEST

ID перевірки:
1008322931

Тип перевірки:
Doc vs Internet

ID користувача:
100005657

Назва документа: Рижук_TP17-1

Кількість сторінок: 61 Кількість слів: 11353 Кількість символів: 81215 Розмір файлу: 4.11 MB ID файлу: 1008394745

600 слів позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

4.04% Схожість

Найбільша схожість: 1.52% з інтернет-джерелом (<http://www.poolsgallery.com.ua/files/snip/rbn-V.1.2-3-2006.pdf>)

4.04% Джерела з Інтернету 81

Сторінка 61

Пошук збігів з Бібліотекою не проводиться

0.27% Цитат

Цитати 3

Сторінка 64

Посилання 1

Сторінка 64

0% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

0% Вилучення з Інтернету 28

Сторінка 65

Немає вилучених бібліотечних джерел

Модифікації

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

Замінені символи 130

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційний проект студентки групи ТР-17-1
Рижук Ярини Романівни
"Телекомунікаційна мережа абонентського доступу"

На сьогодні попит на послуги з доступу до високошвидкісного інтернету все більше зростає. Для задоволення такого попиту, постачальники послуг (оператори) розглядають широкосмгові оптоволоконні з'єднання, як найкращу технологію і рішення для підключення нових абонентів. Підключення кожного користувача індивідуальним волокном значно покращує якість зв'язку та надає можливості розширення смуги пропускання.

І тому, тема кваліфікаційного проекту (КП), яка саме присвячена питанням проектування телекомунікаційної мережі абонентського доступу в новому мікрорайоні «Сонячний» м. Хмельницького з використанням оптики та пасивного обладнання є актуальною.

Обсяг кваліфікаційного проекту: пояснювальна записка складається з 3 розділів, кожний з яких повністю відповідає суті поставлених задач; кількість листів креслень 2 аркуші формату А2 та 3 плакати формату А4; кількість сторінок пояснювальної записки 66 сторінок; один додаток.

Короткий зміст КП та прийнятих рішень: зроблений огляд існуючих рішень побудови оптичних мереж доступу; наведені архітектурні особливості побудови оптичних пасивних мереж та зроблений їх порівняльний аналіз; розроблені структурна та функціональні схеми мережі PON; проведений розрахунок параметрів обладнання та компонентів оптичної пасивної мережі; проведений та обґрунтований вибір обладнання мережі.

Кваліфікаційний проект повністю відповідає технічному завданню на проектування.

Спроектована мережа базується на широкосмговій технології побудови пасивних оптичних мереж GPON та архітектурного рішення FTTH, що дозволило збільшити швидкість передачі даних до 1000 Мбіт/с та вдалося забезпечити абонентів нового мікрорайону «Сонячний» якісним, високошвидкісним доступом до мережі інтернет та інтерактивного телебачення (IPTV).

В ході проектування розроблені структурна та функціональна схеми спроектованої мережі; зроблені розрахунки ожеледно- вітрових навантажень магістральної ділянки мережі, стріл провисання; проведений розрахунок оптичного бюджету мережі GPON; обґрунтований вибір обладнання та компонентів спроектованої мережі. За рахунок правильно підбраного обладнання, використання оптоволоконного кабелю і пасивних елементів вдалося значно скоротити витрати на розгортання мережі та підвистити відмовостійкість мережі в цілому.

Пояснювальна записка та графічний матеріал повністю відповідають вимогам щодо оформлення кваліфікаційних проектів та правилам оформлення ЕСКД.

В цілому кваліфікаційний проект Рижук Ярини Романівни на тему "Телекомунікаційна мережа абонентського доступу" відповідає вимогам до кваліфікаційних проектів бакалаврів і заслуговує на оцінку "добре", а її авторка – на присвоєння кваліфікаційного рівня бакалавр з телекомунікацій та радіотехніки.

Рецензент
д. т. н., професор каф. ТР



Бойко Ю.М.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ Телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій (ТМІТ)

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ПРОЄКТУ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Телекомунікаційна мережа абонентського доступу

Автор: Рижук Ярина Романівна

Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка

Науковий керівник: Таранчук Алла Анатоліївна

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

| № | Висновок | Позначка про відповідність |
|---|---|----------------------------|
| 1 | Запозичення, виявлені в проєкті, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту. | Відповідає |
| 2 | Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи | |
| 3 | Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягненні. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат. | |
| 4 | Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту. | |
| 5 | Інше: | |

Підтвердження: Збіги (4,04%), що виявлені в роботі не є плагіатом.

Часткові збіги відповідають частовживаним словосполученням.

Критичних запозичень немає. Кваліфікаційний проєкт допускається до захисту.

17.06.2021 р.

Керівник проєкту

к.т.н., доц.



Таранчук А.А.

Зав. каф. ТМІТ

д-р.т.н., доц.



Підченко С.К.