

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ І КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

«Проектування оптичної лінії передачі між городами Суми-Полтава»

Завідувач кафедри

А.С. Опанасюк

Керівник кваліфікаційної роботи

А.І. Новгородцев

Виконав студент гр. ТК-81

Д.О. Клименко

Суми 2022 р.

# Сумський Державний Університет

Факультет ЕлІТ

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки  
Спеціальність 6.172 «Телекомунікації та радіотехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри Опанасюк А.С.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра  
студенту **Клименко Дмитру Олександровичу**

**1. Тема роботи:** «Проектування оптичної лінії передачі між городами Суми-Полтава»

затверджено наказом по кафедрі від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р. № \_\_\_\_\_

**2. Термін здачі студентом закінченої роботи** \_\_\_\_\_

**3. Вихідні дані до роботи:** 1.Максимальна довжина траси до 200 км. 2. Передача інформації на базі оптичного кабелю. 3. Технологія передачі SDH. 4. Кількість типів каналів передачі – 7. 5.Основний спосіб прокладки кабелю – у ґрунт.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)** 1. Вибір траси волоконно-оптичної лінії зв'язку. 2. Розрахунок кількості каналів між містами. 3. Розрахунок числової апертури, нормованої частоти і числа мод оптичного кабелю. 4. Розрахунок ослаблення сигналу в оптичному волокні. 5. Розрахунок дисперсії і пропускної здатності оптичного волокна.

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)**

Презентація із 7 слайдів.

Дата видачі завдання: 10.03.2022 р.

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_

Клименко Д.О.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Перелік етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітки
1	Огляд літератури за вибраним напрямком проектування	25.03.2022 р.	
2	Аналіз волоконно-оптичної системи передачі	10.04.2022 р.	
3	Характеристика траси оптичної лінії передачі та розрахунок кількості каналів зв'язку	25.04.2022 р.	
4	Технологічний процес прокладки оптичного кабелю	10.05.2022 р.	
5	Оформлення пояснювальної записки	17.05.2022 р.	
6	Оформлення презентації	24.05.2022 р.	
7	Отримання відгука керівника роботи та рецензії	1.06.2022 р.	
8	Представлення кваліфікаційної роботи до захисту	10.06.2022 р.	

Керівник кваліфікаційної роботи:

Новгородцев А.І.

Студент дипломник:

Клименко Д.О.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

## РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі бакалавра спроектована оптична лінія передачі між городами Суми-Полтава.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається із трьох розділів, містить 36 сторінок тексту та включає 6 ілюстрацій, 4 таблиці.

У першому розділі розглянуто ряд питань, присвячених волоконно-оптичній лінії зв'язку та її елементам.

Другий розділ присвячений проектуванню оптичної лінії передачі між містами Суми-Полтава. В ньому надається характеристика кінцевих пунктів та обирається маршрут прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку. А також розраховано кількість каналів між містами та на підставі цих даних обрано систему передачі та кабель. Потім розраховано числову апертуру, нормовану частоту, ослаблення сигналу, дисперсію та пропускну здатність оптичного волокна.

У третьому розділі описані технологічні процеси при побудові оптичної лінії передачі, а саме способи прокладки оптичних кабелів.

В кінці роботи зроблені висновки та приведений перелік літературних джерел. Робота містить 11 літературних джерел.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ.....	6
1.1 Елементи волоконно-оптичної лінії зв'язку .....	6
1.2.1 Оптоволоконний кабель.....	6
1.2.2 Муфта.....	7
1.2.3 Оптичний крос. ....	8
1.2.4 Мультиплексор / Демультиплексор.....	8
1.2.5 Регенератор та підсилювач. ....	9
1.3 Сучасні цифрові технології передачі інформації .....	9
1.4 Тривалий термін експлуатації .....	11
2 ПРОЕКТУВАННЯ ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ МІЖ ГОРОДАМИ СУМИ-ШОСТКА ..	13
2.1 Характеристика кінцевих пунктів.....	13
2.2 Вибір і характеристика траси волоконно-оптичної лінії передачі .....	14
2.3 Розрахунок кількості каналів між містами .....	18
2.4 Вибір системи передачі.....	20
2.5 Вибір і розрахунок параметрів оптичного кабелю.....	22
3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ПРИ ПОБУДОВІ ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ.....	27
3.1 Способи прокладки оптичних кабелів при побудові волоконно-оптичної лінії зв'язку....	27
ВИСНОВКИ.....	35
ЛІТЕРАТУРА.....	36

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розробив		Клименко Д.О.			Проектування оптичної лінії передачі між городами Суми- Полтава. Пояснювальна записка.	<b>Лім.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Перевірів		Новгородцев А.І.					3	40
Реценз.						СумДУ, гр. ТК-81		
Н.Контр.		Гапич						
Затверд.		Опанасюк А.С.						

## ВСТУП

Волоконно-оптична лінія зв'язку (ВОЛЗ) - це вид системи передачі, при якому інформація передається по оптичних діелектричних хвилеводів, відомих під назвою "оптичне волокно".

ВОЛЗ - це інформаційна мережа, сполучними елементами між вузлами якої є волоконно-оптичні лінії зв'язку. Технології ВОЛЗ, крім питань волоконної оптики, охоплюють також питання, що стосуються електронного передавального обладнання, його стандартизації, протоколів передачі, питання топології мережі та загальні питання побудови мереж.

Передача інформації з ВОЛЗ має низку переваг перед передачею по мідному кабелю. Швидке використання інформаційні мережі ВОЛЗ є наслідком переваг, які з особливостей поширення сигналу в оптичному волокні.

Широка смуга пропускання - обумовлена надзвичайно високою частотою, що несе 10<sup>14</sup>Гц. Мале згасання світлового сигналу у волокні. Промислове оптичне волокно, що випускається в даний час вітчизняними та зарубіжними виробниками, має загасання 0,2-0,3 дБ на довжині хвилі 1,55 мкм у розрахунку на один кілометр.

Низький рівень шумів у волоконно-оптичному кабелі дозволяє збільшити смугу пропускання шляхом передачі різної модуляції сигналів з малою надмірністю коду.

Висока схибленість. Оскільки волокно виготовлено з діелектричного матеріалу, воно несприйнятливим до електромагнітних перешкод з боку навколишніх мідних кабельних систем та електричного обладнання, здатного індукувати електромагнітне випромінювання (лінії електропередачі, електрорухові установки тощо).

					ЕлІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Невелика вага та обсяг. Волоконно-оптичні кабелі (ВОК) мають меншу вагу та об'єм у порівнянні з мідними кабелями у розрахунку на ту саму пропускну здатність.

Висока захищеність від несанкціонованого доступу. Оскільки ВОК практично не випромінює в радіодіапазоні, то інформацію, що передається по ньому, важко підслухати, не порушуючи прийому-передачі.

Гальванічна розв'язка елементів мережі. Ця перевага оптичного волокна полягає в його ізолюючій властивості.

Вибухо та пожежна безпека. Через відсутність іскроутворення оптичне волокно підвищує безпеку мережі на хімічних, нафтопереробних підприємствах при обслуговуванні технологічних процесів підвищеного ризику.

Економічність ВОК. Волокно виготовлене з кварцу, основу якого становить двоокис кремнію, широко поширеного, тому недорогого матеріалу, на відміну від міді.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ

## 1.1 Елементи волоконно-оптичної лінії зв'язку

Складається з пасивних та активних елементів.

Активні елементи:

- мультиплексор / демультиплексор;
- регенератор;
- підсилювач;
- модулятор;
- фотодіод.

Пасивні елементи:

- оптоволоконний кабель;
- муфта;
- оптичний крос.

**1.2.1 Оптоволоконний кабель.** Конструкція з одного або кількох ізольованих один від одного оптичних волокон (оптоволокну), укладених в оболонку. Крім власне оптичних волокон і ізоляції може містити екран, силові елементи та інші конструктивні елементи. Також це фізичний медіум, що складається з певної кількості оптичних волокон, оточених спільною захисною оболонкою, та використовується для передачі світлового потоку.

Структура оптоволоконного кабелю дуже проста і схожа на структуру коаксіального електричного кабелю (рис. 1). Тільки замість центрального мідного дроту тут використовується тонке (діаметром близько 1 - 10 мкм) скловолокно, а замість внутрішньої ізоляції - скляна або пластикова оболонка, що не дозволяє світлу виходити за межі скловолокна.

					ЕлІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



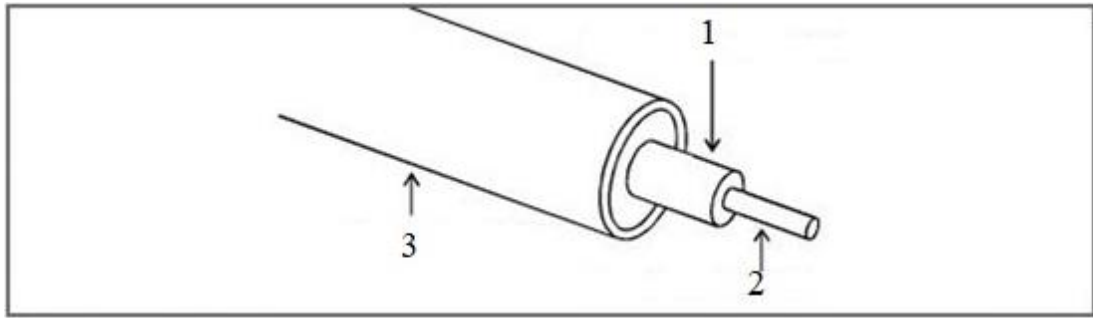


Рисунок 1 - Структура оптоволоконного кабелю: 1- скляна оболонка, 2- центральне волокно, 3 - зовнішня оболонка.

Розрізняють одномодове і багатомодове волокно. Одномодове волокно (SM) найпоширеніших розмірів, буває: 8/125 і 9/125 мкм (це означає: діаметр серцевини — 8 мкм, діаметр волокна — 125 мкм тощо). Багатомодове (MM) найпоширеніших розмірів, буває: 50/125 і 62/125 мкм. Одномодове волокно дешевше за багатомодове, дозволяє передавати оптичний імпульс на великі відстані, з меншим розходженням сигналу на виході, але в той же час прямопередавальне устаткування для нього значно дорожче. Існує також багатомодове волокно з градієнтним профілем у якого зменшені ці недоліки.

Переваги оптики добре відомі: це імунітет до шумів і перешкод, малий діаметр кабелів при величезній пропускну здатності, стійкість до взлому і перехоплення інформації, відсутність потреби в ретрансляторах і підсилювачах.

**1.2.2 Муфта.** Пристрій, для механічного та електричного (оптичного) сполучення електричних (оптичних) кабелів у кабельну лінію, а також, для забезпечення підведення кабелів до електроустаткування, споруд, ліній електропередачі та ліній зв'язку. Під кабельною муфтою розуміють комплект деталей і матеріалів, котрі забезпечують електричну (оптичну), конструктивну і механічну цілісність кабелю. Кабельні муфти за призначенням бувають:

- сполучні;

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- відгалужувальні;
- кінцеві (приєднувальні).

Конструкція і арматура кабельних муфт залежать від призначення, умов експлуатації (напруги, частоти, кліматичних умов і т.д.), типу та конструктивних особливостей кабелю.

Усі види кабельних муфт за умовами використання можна розділити на

- кабельні муфти ліній електропостачання, що у свою чергу призначені для силових та високовольтних ліній;
- муфти кабелів зв'язку:
  - з мідними жилами;
  - з оптичними волокнами.

Муфта ліній зв'язку являє собою захищений від дії навколишнього середовища герметичний корпус, призначений для організації мідних або оптоволоконних з'єднань в зовнішніх мережах для розміщення: у повітрі, в каналізації, та безпосередньо в ґрунті. Для приєднання у зовнішніх електроустановках кабелів із просоченою паперовою ізоляцією при переході кабельних ліній на повітряні лінії електропередач застосовуються щоглові муфти.

**1.2.3 Оптичний крос.** Пристрій для роз'ємного з'єднання віконного багатоволоконного оптичного кабелю та оптичних шнурів за допомогою спеціальних розеток. Оптичні кроси виготовляються двох видів: рекові (для встановлення в комутаційні шафи та телекомунікаційні стійки) та настінні.

**1.2.4 Мультиплексор / Демультиплексор.** Широкий клас пристроїв, призначених для об'єднання і поділу інформаційних каналів. Мультиплексори і демультиплексори можуть працювати як в тимчасовій, так і в частотній областях, можуть бути електричними і оптичними (для систем зі спектральним ущільненням).

					ЕлІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**1.2.5 Регенератор та підсилювач.** Оптичні сигнали при розповсюдженні по волокну послаблюються внаслідок втрат потужності в самому волокні, а також втрат у з'єднаннях будівельних довжин та кінцевих роз'ємних з'єднувачах у місцях підключення апаратури. Крім того, дисперсія складових сигналу призводить до спотворення сигналу загалом. Тому збільшення дальності зв'язку в ВОЛП вздовж лінійного тракту через певні відстані обумовленим загасанням і дисперсією в волокні, встановлюються ретрансляційні пристрої: лінійні регенератори і оптичні підсилювачі. Найпростіші оптико-електронні регенератори (повторювачі), щоб відновити оптичні сигнали на протяжній ВОЛЗ, зчитують їх з волокна, перетворюють на електричні сигнали, підсилюють і відновлюють їх тривалість, перетворюють посилені електричні сигнали знову на оптичні і передають далі по лінії зв'язку. Особливість регенератора у тому, що у його вхід надходить сигнал, у якому акумульовані всі види лінійних спотворень. Після перетворення оптичних сигналів в електричні та електронного посилення та електричного відновлення його часових параметрів (тривалості окремих цифрових сигналів) з виходу регенератора надходить у волокно практично ідеальна послідовність двійкових оптичних сигналів.

### 1.3 Сучасні цифрові технології передачі інформації

Розвиток телекомунікацій йде прискореними темпами. Отримали широкий розвиток сучасні цифрові технології передачі даних, до яких можна віднести ATM, Frame Relay, IP, ISDN, PDH, SDH і WDM. Причому такі технології, як ATM, ISDN, PDH, SDH і WDM можна віднести до технології глобальних мереж (ГМ), або до магістральних технологій передачі даних.

Технології ГМ засновані на комутації ланцюгів, вони використовують попереднє встановлення з'єднання. З іншого боку, вони відносяться до магістральних технологій, тобто технологіям, здатним передавати дані між

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

районами, містами, зонами / регіонами та державами, які використовують розвинену адресацію на основі стандарту ITU-T E.164.

Технологія IP - найпоширеніша реалізація ієрархічної схеми мережевої адресації. Використовуваний в мережі Інтернет, протокол відповідає за адресацію пакетів, але не відповідає за встановлення з'єднань, не є надійним і дозволяє реалізувати тільки негарантовану доставку даних. Термін «протокол без встановлення з'єднань» (англ. connectionless) означає, що протокол для взаємодії не потребує виділеного каналу, як це відбувається під час телефонної розмови і не існує процедури виклику перед початком передачі даних між мережевими вузлами. Протокол IP вибирає найефективніший шлях з числа доступних на основі рішень прийнятих протоколом маршрутизації. Відсутність надійності і негарантована доставка не означає, що система працює погано або ненадійно, а вказує лиш на те, що протокол IP не докладает ніяких зусиль, щоб перевірити чи був пакет доставлений за призначенням. Ці функції делеговані протоколам транспортного та вищих рівнів. Транспортний рівень також відповідає за збірку пакетів у повідомлення в потрібній послідовності.

Технологія Frame Relay - протокол канального рівня мережевої моделі OSI. Служба комутації пакетів Frame Relay в наш час широко поширена в усьому світі. Максимальна швидкість, яку допускає протоколом FR — 34.368 мегабіт/сек (канали E3)

Технологія ATM - мережева високопродуктивна технологія комутації та мультиплексування, заснована на передаванні даних у вигляді мікропакетів фіксованого розміру (53 байти), з яких 5 байтів використовується під заголовок. Цим відрізняється від Internet Protocol або Ethernet, які використовують пакети або кадри змінного розміру. ATM надає послуги канального рівня, використовуючи широкий діапазон засобів зв'язку на фізичному рівні.

Технологія PDH. Принцип побудови цифрових систем передачі даних, що використовують груповий мультиплексований ІКМ-сигнал, який складається з цифрових 30-канальних потоків (2,048 Мбіт/с), котрі потребують синхронізації швидкостей цифрових потоків на вході обладнання групоутворювання.

					ЕлІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) - принцип побудови цифрових систем передачі, що використовують мультиплексування цифрових потоків, але зі значно більшою базовою швидкістю передачі і синхронізацією усього каналоутворюючого і передавального устаткування від загального генератора, у порівнянні з PDH. За базовий рівень передачі прийнята швидкість 155,52 Мбіт/с чи синхронний транспортний модуль STM-1 (Synchronous Transport Module), що відповідає четвертій ступіні ієрархії PDH — ІКМ-1920. Уся корисна і службова інформація упаковується і передається в транспортному модулі STM. Усі сигнали в складі STM-модуля синхронізовані головною тактовою частотою. Сигнал STM-1 може переносити декілька нижчих за швидкостями корисних сигналів, що дозволяє застосовувати потоки PDH у транспортних модулях STM.

SONET (англ. Synchronous Optical NETworking) — це протокол для Північної Америки і Японії, а SDH — визначення для Європи. Різниця між SONET і SDH невелика.

#### 1.4 Тривалий термін експлуатації

Віддалене електроживлення. У деяких випадках потрібне віддалене електроживлення вузла інформаційної мережі. Оптичне волокно не здатне виконувати функцію силового кабелю. Однак, у цих випадках можна використовувати змішаний кабель, коли поряд з оптичними волокнами кабель оснащується мідним провідним елементом. Такий кабель широко використовується як у Україні, так і за її межами.

Дуже перспективне застосування оптичних систем у кабельному телебаченні, що забезпечує високу якість зображення та суттєво розширює можливості інформаційного обслуговування абонентів.

У Україні і інших країнах активно ведеться будівництво ВОЛЗ різного призначення: міських, зонних, магістральних. У 86 містах (Москва, Нижній Новгород, С.-Петербурґ, Новосибірськ, Тбілісі, Київ, Баку, Ташкент, Мінськ,

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кишинів та ін.) діють оптичні сполучні лінії між АТС із цифровими системами передачі ІКМ-120. Побудовано ряд зонових ліній внутрішньообласного призначення. Побудовано одномодову магістраль Санкт-Петербург-Мінськ протяжністю 1000 км на велику кількість каналів.

Узагальнення: волоконно-оптичний зв'язок є найнадійнішим і якісним видом зв'язку, що має дуже високу пропускну здатність. В економічному плані характеризується швидкою окупністю, незважаючи на дороге вимірювальне та монтажне обладнання. Вибір даної технології для забезпечення зв'язку між великими містами є найвигіднішим, серед інших.

Необхідність будівництва даної лінії передачі, насамперед, обумовлена статусом даних у роботі міст. Обидва міста є великими адміністративними центрами, з добре розвинутою економікою, які об'єднують у собі безліч видів промисловості. Споживачами послуг будуть десятки заводів та підприємств, переважно важких галузей виробництва, а також найбільші провайдери послуг зв'язку (Vodafone, Київстар, Life).

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

## 2 ПРОЕКТУВАННЯ ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ МІЖ ГОРОДАМИ СУМИ-ШОСТКА

### 2.1 Характеристика кінцевих пунктів

Кінцеві пункти проекрованої оптичної лінії передачі – місто Суми та місто Полтава.

Суми це місто обласного значення у північно-східній частині України, на Слобожанщині, адміністративний центр Сумської міської громади, Сумського району і Сумської області. Місто лежить на берегах річки Псел при впадінні до неї річки Сумки. Населення міста становить 264 тис. осіб, площа — 95,4 км<sup>2</sup>. Характерні сірі ґрунти, здебільшого поширенні темно-сірі опідзолені ґрунти та чорноземи.

Суми - вузол залізничних і автомобільних шляхів, активно функціонує як багатогалузевий промисловий вузол. Основні галузі: машинобудування і металообробка, хімічна і нафтохімічна промисловість; харчова промисловість; легка промисловість; виробництво будівельних матеріалів; конструкцій і деталей; чорна металургія; лісова і деревообробна промисловість.

Основна продукція, яка випускається: обладнання для нафтогазового комплексу, хімічної промисловості, насоси, прилади, засоби автоматизації, мас-спектрометри, електронні мікроскопи, мінеральні добрива, лакофарбова продукція, гумовотехнічні вироби, будівельні матеріали, меблі, швейні вироби, господарські товари, продовольчі товари народного споживання. Легка промисловість обласного центру представлена швейними, взуттєвими, суконні, камвольно-прядильних, порцеляновим виробництвами. Розвинена промисловість будівельних матеріалів.

Найбільші підприємства міста це ПАТ "СМВО", ПАТ "Сумхімпром", АТ "Насосенергомаш", ТОВ "Кусум-Фарм", ЗАТ "Технологія", ТОВ "Технологія

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Клоджерс", ТОВ "Керамея", ТОВ "Горобина". Їхня продукція znana не тільки в Україні, а й далеко за її межами.

Полтава місто обласного значення в Україні, адміністративний центр Полтавської області. Населення міста становить 284 тис. осіб, площа — 103 км<sup>2</sup>. Місто розташоване на Придніпровській низовині, по обох берегах річки Ворскла. Одна з приток річки — Коломак, впадає в неї в межах міста. В межах міста знаходяться кілька невеликих природних озер та безліч штучних ставків. Рельєф міста в більшості своїй рівномірний, на відстані 1,5 км від річки спостерігається різкий спуск (правий берег Ворскли, на якому розташоване місто, крутіший, висота пагорбів доходить до 80—100 м щодо рівня річки). Географічне розташування Полтави досить вигідне і з плином історії істотно вплинуло на розвиток міста. Місто знаходиться на важливих транспортних шляхах і забезпечує зв'язок між найбільшими містами України — Києвом, Харковом і Дніпром. У місті Полтаві фінансові послуги надає розгалужена мережа українських банків: Полтава-Банк, Ощадбанк, ПриватБанк, А-Банк, Райффайзен банк Аваль, ОТП Банк, Альфа-Банк, Укргазбанк, Мегабанк та інші. Місто традиційно входить до Північно-східного економічного району. Серед діючих підприємств: Автоагрегатний завод Завод «Електромотор»; Завод «Хіммаш»; Завод «Лтава»; Завод «Щедрий дар» та інші.

Необхідність будівництва волоконно-оптичної лінії передачі між городами Суми-Полтава пов'язана з тим, що значно розшириться спектр послуг, що надаються зв'язку, таких як: IP-телефонія, інтернет, цифрове телебачення. Також перераховані послуги будуть доступні для міст, що зв'язують дані пункти. Обидва міста є промисловими, тому зв'язок між ними необхідний, так як може покращитися економічний стан міст.

## 2.2 Вибір і характеристика траси волоконно-оптичної лінії передачі

Вибір траси кабельних ліній є одним з основних елементів проектування, тому що від правильного вибору траси залежить вартість спорудження кабельних ліній

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



та мереж, їх довговічність, а також надійність та безперебійність дії. Трасу підземних кабельних ліній вибирають виходячи з того, щоб довжина кабелю, що прокладається між заданими пунктами, була найменшою та забезпечувалися зручності виконання робіт з прокладання кабелю та подальшого його технічного обслуговування та експлуатації. На перегонах залізниць траса кабелю зазвичай проходить у смузі відведення.

Трасу кабелю по можливості вибирають на тій стороні залізничних колій, де розташована більшість лінійних та інших пунктів, в які влаштовуються відгалуження. Намічають трасу з таким розрахунком, щоб кількість переходів кабелю через різноманітні перешкоди (перетин залізничних та трамвайних колій, ярів, шосе тощо) було мінімальним. За необхідності перетину полотна залізниці для переходу слід вибирати місце з найменшою кількістю колій; прокладання кабелів під стрілочними перетинами та стиками не допускається.

При виборі траси слід уникати прокладати кабель у ґрунті з великим вмістом вапна, у сильно заболочених та топких місцях, у місцях скупчення лугів та кислот (поблизу хімічних та металургійних заводів, та стічних канав), а також у місцях зі шлаковими відвалами та засмічених будівельним сміттям з наявністю вапна і цементу, оскільки в цих умовах кабель сильно піддається ґрунтовій корозії.

У населених пунктах траса кабелю повинна по можливості проходити вулицями, що мають найменше завантаження іншими підземними спорудами (водопровід, каналізація, газопровід, силові кабелі тощо).

При виборі траси підводного кабелю на перетинах водних перешкод вибирають місця, де водна перешкода має найменшу ширину, рівне дно та пологі береги. Кабель не можна прокладати у місцях зимової стоянки суден на якорях, у районі стоянки плотів, у місцях водопою і купання худоби, і навіть там, де спостерігаються затори льоду чи річка змінює своє русло.

Проектowana лінія передачі від міста Суми до міста Полтава, її шлях складає 175 км по трасам Н12 та Т1707, на рис.2, показаний її маршрут. Траса проектованої

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВОЛЗ проходить уздовж автомобільної дороги: Суми – Тростянець – Охтирка – Котельва – Полтава. В таблицях 1 та 2 приведені характеристики проектованої траси ВОЛЗ.

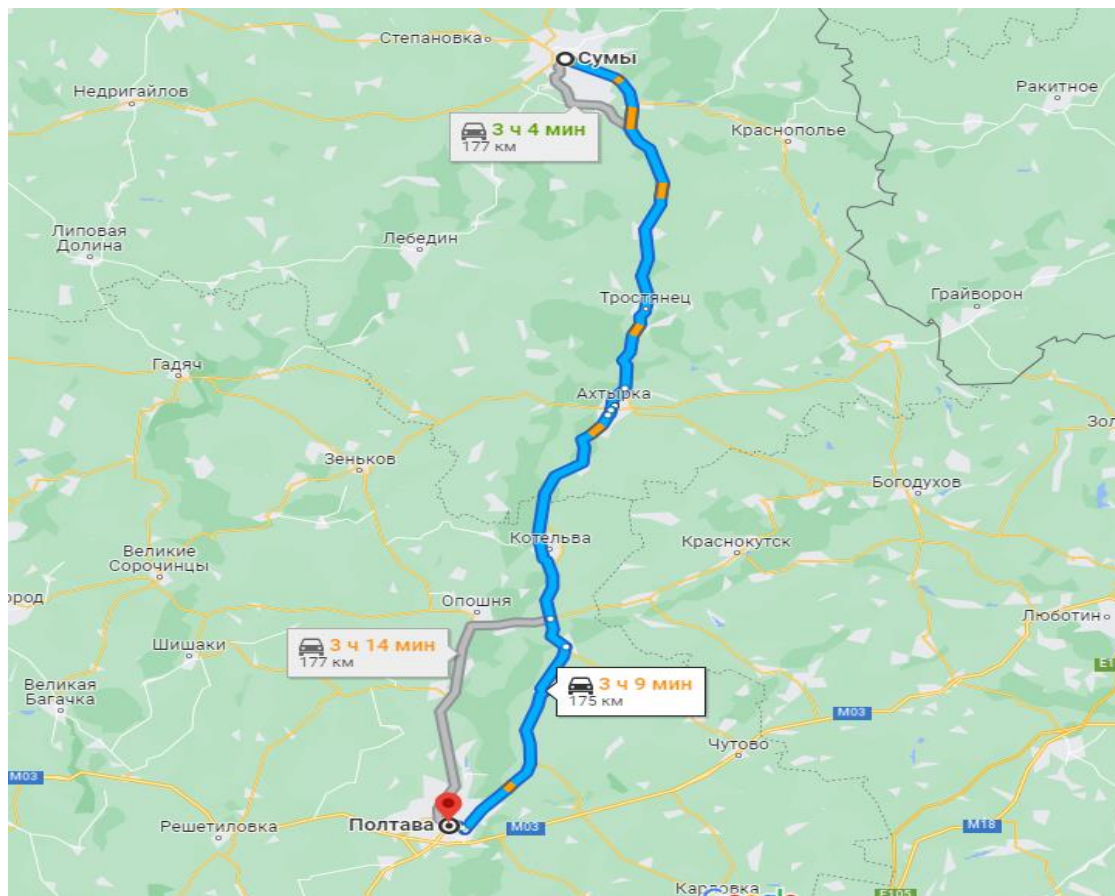


Рисунок 2 – Маршрут траси проектованої ВОЛЗ

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таблиця 1 – Характеристика проектованої траси ВОЛЗ з лівого боку

Показники	Значення				
	Всього	КП1- ОРП2	ОРП2- ОРП3	ОРП3- ОРП4	ОРП4- КП5
Протяжність траси, км	175	54	21	35	65
Переходи через дороги, перехід	119	30	15	25	49
автомобільні	134	37	17	28	52
залізничні	10	1	5	2	2
Переходи через річки, перехід	6	1	2	3	0

Таблиця 2 – Характеристика проектованої траси ВОЛЗ з правого боку

Показники	Значення				
	Всього	КП1- ОРП2	ОРП2- ОРП3	ОРП3- ОРП4	ОРП4- КП5
Протяжність траси, км	175	54	21	35	65
Переходи через дороги, перехід	134	37	14	28	55
автомобільні	146	43	16	30	57
залізничні	10	1	2	3	0
Переходи через річки, перехід	8	3	2	2	1

Згідно з даними таблиць, будівництво ВОЛЗ необхідно прокласти з лівого боку автомобільної дороги, так як вона має найменшу кількість перешкод.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

### 2.3 Розрахунок кількості каналів між містами

Кількість каналів, що зв'язують задані кінцеві пункти, в основному залежить від чисельності населення в цих пунктах і від ступеня зацікавленості окремих груп населення у взаємозв'язку.

Чисельність населення може бути визначена на підставі статистичних даних останнього перепису населення. Кількість населення в заданому пункті і його підлеглих околицях з урахуванням середнього приросту населення визначається за формулою :

$$N_t = N_0 \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right)^t,$$

де  $N_0$  - народонаселення в період перепису населення, чоловік;

$p$  - середній річний приріст населення в даній місцевості (-0,4%);

$t$  - період, який визначається як різниця між призначеним роком перспективного проектування і роком проведення перепису населення.

Період часу  $t$  визначається за формулою:

$$t = 5 + (t_m - t_0),$$

де  $t_m$  - рік складання проекту;

$t_0$  - рік до якого відносяться дані  $N_0$ .

$$t = 5 + (2022 - 2021) = 6$$

Для міста Суми:

$$N_t = 264753 \cdot \left(1 + \frac{-0,4}{100}\right)^6 = 258462 \text{ чоловік.}$$

Для міста Полтава:

$$N_t = 284\,942 \cdot \left(1 + \frac{-0,4}{100}\right)^6 = 278171 \text{ чоловік.}$$

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість телефонних каналів визначається за формулою:

$$n_{\text{тф}} = \alpha_1 f_1 \gamma \left( \frac{m_a m_b}{(m_a + m_b)} \right) \beta_1 ,$$

де  $\alpha_1$  і  $f_1$  - постійні коефіцієнти, відповідні фіксованій доступності і заданим втратам, зазвичай втрати задаються 5%, тоді:

–  $\alpha_1 = 1,03$ ;

–  $\beta_1 = 1,05$ ;

–  $f_1$  - коефіцієнт тяжіння ( $f_1 = 0,05$ );

–  $\gamma$  - питома навантаження, тобто середнє навантаження, створюване одним абонентом;  $\gamma = 0,05$  Ерл.;

–  $m_a$  і  $m_b$  - кількість абонентів, що обслуговуються тією чи іншою кінцевою автоматичною міжміською телефонною станцією (АМТС), визначається в залежності від чисельності населення, що проживає в зоні обслуговування.

Кількість абонентів в зоні АМТС можна визначити за формулою:

$$m = 0,7 \cdot N_t$$

Для міста Суми:

$$m_a = 0,7 \cdot 258462 = 180923 \text{ абонентів.}$$

Для міста Полтава:

$$m_b = 0,7 \cdot 278171 = 194719 \text{ абонентів.}$$

$$n_{\text{тф}} = 1,03 \cdot 0,05 \cdot 0,05 \left( \frac{180923 \cdot 194719}{180923 + 194719} \right) \cdot 1,05 = 253 \text{ телефонних каналів.}$$

Таким чином, можна розрахувати число каналів для телефонного зв'язку між заданими кінцевими пунктами, але крім телефонних каналів необхідно організувати канали, що дозволяють передавати інші види повідомлень. Загальна кількість каналів між двома міжміськими станціями заданих пунктів визначається за формулою:

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{\text{заг}} = n_{\text{тф}} + n_{\text{тг}} + n_{\text{пс}} + n_{\text{пд}} + n_{\text{тр}} + n_{\text{інт}} ,$$

де  $n_{\text{тф}}$  - телефонні канали;

$n_{\text{тг}}$  - телеграфні канали ( $n_{\text{тг}} = 0,3 \cdot n_{\text{тф}}$ );

$n_{\text{пс}}$  - канали проводового сповіщення ( $n_{\text{пс}} = 0,9 \cdot n_{\text{тф}}$ );

$n_{\text{пд}}$  - канали передачі даних ( $n_{\text{пд}} = 8 \cdot n_{\text{тф}}$ );

$n_{\text{тр}}$  - транзитні канали ( $n_{\text{тр}} = 0,1 \cdot n_{\text{тф}}$ );

$n_{\text{інт}}$  - канали мережі Internet ( $n_{\text{інт}} = 30 \cdot n_{\text{тф}}$ ).

$$n_{\text{заг}} = 253 + 75,9 + 227,7 + 2024 + 25,3 + 7590 = 10196 \text{ каналів.}$$

Також ще необхідно передбачити 1 телевізійний канал = 1600 телефонних каналів, тоді:

$$n_{\text{заг}} = 10196 + 1600 = 11796 \text{ каналів.}$$

Розрахуємо необхідну кількість потоків  $E_1$ :

$$N_{E_1} = \frac{n_{\text{заг}}}{30} = \frac{11796}{30} = 393 \text{ потоків.}$$

Далі потрібно визначити швидкість передачі даних  $B$ .

$$B = N_{E_1} \cdot 2,048 = 805,266 \text{ Мбіт/с.}$$

Таким чином, для передачі повідомлень між містами Суми-Полтава потрібно 11796 канали зі швидкістю 805,266 Мбіт/с. Тобто необхідний транспортний рівень STM-16 зі швидкістю 2488,32 Мбіт/с.

## 2.4 Вибір системи передачі

Для організації 11796 каналів між містами Суми – Полтава необхідно використати систему передачі 1655AMU, яка реалізовує технологію SDH, а також буде використаний транспортний рівень STM-16.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги:

- Захист матриці кросконектів. Основні плати включають матрицю, контролер та 4 порти SDH. Унікальна компактність у своєму класі – 8 систем у конструктиві 2,2 м на 300 мм.
- 63 порти E1 (варіанти 120 та 75 Ом) трибутарна плата 2xSTM-4 або 8xSTM-1 (SFP)
- 2x10/100 Base-T+ 4 x E1 (120 та 75 Ом)
- 2x10/100/1000 Base-T або 2 x GBE (SX та LX на основі SFP)+4 x E1 (120 та 75 Ом)
- 4x10/100 Base-T + 32 x E1 (120 та 75 Ом)
- Будь-яка інтерфейсна плата займає один інтерфейсний слот будь-якого варіанта полиці. Підтримуються плати 1643AM-AMS через адаптер.

SDH-мультиплексор 1655AMU повністю задовольняє потреби проєктованої оптичної лінії передачі між городами Суми-Полтава.



Рисунок 3 – Зовнішній вигляд мультиплексора 1655AMU

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

## 2.5 Вибір і розрахунок параметрів оптичного кабелю

У проектуванні лінії передачі необхідно використовувати оптичний кабель марки ОКБ-М8П-10-0,22-8. У таблиці 3 наведена характеристика оптичного кабелю, а на рис.4 його конструкція.

Таблиця 3 – Характеристика оптичного кабелю

Характеристика	Значення
Тип сердечника	Повивний
Тип оптичних волокон	Одномодовий
Кількість оптичних волокон	8
Матеріал силового елемента	Склопластиковий прут
Матеріал волого захисної оболонки	Поліетиленова оболонка
Тип захисного покриття	Сталева ламінована гофрована стрічка
Будівельна довжина, км	5
Допустиме тягове зусилля, кН	10 - 20



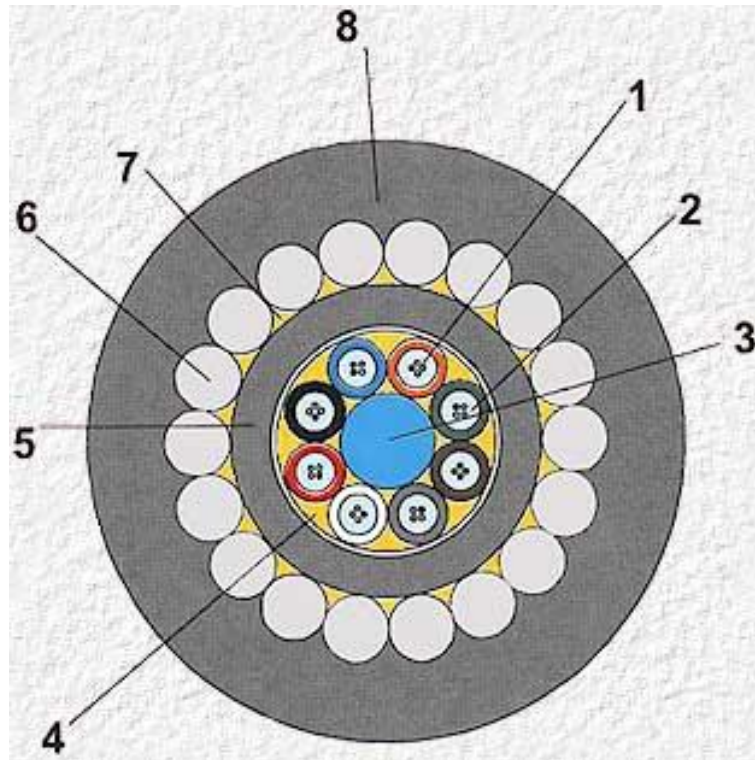


Рисунок 4 – Конструкція кабелю ОКБ-М8П-10-0,22-8: 1- оптичне волокно, 2- всередині модульний гідрофобний заповнювач, 3- центральний силовий елемент: склопластиковий прут, 4- між модульний гідрофобний заповнювач, 5- проміжна оболонка із поліетилену, 6- броня із сталевого оцинкованого дроту, 7- гідрофобний заповнювач, 8- захисна оболонка із поліетилену.

У маркуванні кабелю ОКБ-М8П-10-0,22-8 прийняті наступні позначення:

ОК - оптичний кабель з поліетиленовою оболонкою;

Б - броня зі сталевого дроту;

М - броня зі сталеві ламінованої гофрованої стрічки;

8 - кількість оптичних модулів;

П - тип центрального силового елемента (склопластиковий прут);

10 - тип оптичного волокна;

0,22 - граничне значення загасання на робочій довжині хвилі, дБ/км;

8 - кількість оптичних волокон.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

### Розрахунок числової апертури, нормованої частоти і числа мод.

Апертура - це кут між оптичною віссю і однієї із утворюючих світлового конуса, що потрапляє в торець волоконного світловода, при якому виконується умова повного внутрішнього відображення.

Числова апертура розраховується за формулою:

$$NA = \sin\theta_A = \sqrt{n_1^2 - n_2^2},$$

де  $n_1$  - показник заломлення серцевини;

$n_2$  - показник заломлення оболонки.

$$NA = \sqrt{1,465^2 - 1,462^2} = 0,09$$

Режим роботи оптичного волокна визначається нормованою частотою.

Нормована частота оптичного волокна розраховується за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot d_c}{\lambda} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2},$$

де  $\lambda = 1,33$  мкм - довжина хвилі;

$d_c$  - діаметр серцевини оптичного волокна, мкм.

$$V = \frac{3,14 \cdot 10}{1,33} \cdot 0,09 = 2,12$$

Так як розрахована частота знаходиться в межі  $0 < V < 2,405$ , то режим роботи волокна - одномодовий.

Кількість направляючих мод для одномодового волокна розраховується за формулою:

$$N = \frac{V^2}{2},$$

де  $V$  - нормована частота оптичного волокна.

$$N = \frac{2,12^2}{2} = 2,25 = 3.$$

					ЕлІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В результаті розрахунків вийшов одномодовий режим, отже, волокна одномодові.

### **Розрахунок ослаблення сигналу в оптичному волокні.**

Ослаблення сигналу в оптичному волокні обумовлено власними втратами і додатковими кабельними втратами  $\alpha_k$ , зумовленими неоднорідностями конструктивних параметрів, що виникають при деформації і вигині світловодів в процесі накладення покриттів і захисних оболонок при виготовленні кабелю.

Коефіцієнт загасання розраховується за формулою:

$$\alpha = \alpha_v + \alpha_k.$$

Величина  $\alpha_k$  в реальних умовах становить 0,1-0,3 дБ/км. Власні втрати  $\alpha_v$  складаються з трьох складових: ослаблення за рахунок поглинання  $\alpha_n$ ; ослаблення за рахунок наявності в матеріалі оптичного волокна сторонніх домішок  $\alpha_d$ ; ослаблення за рахунок втрат на розсіювання  $\alpha_p$ .

$$\alpha_v = \alpha_n + \alpha_d + \alpha_p.$$

Власні втрати в основному обумовлені розсіюванням світла на неоднорідностях серцевини і виражаються через коефіцієнт загасання за рахунок розсіювання.

Коефіцієнт загасання за рахунок розсіювання розраховується за формулою:

$$\alpha_p = 1,2 \cdot \frac{(n_1^2 - 1)}{\lambda^4},$$

де  $\lambda$  - довжина хвилі, мкм.

$$\alpha_p = 1,2 \cdot \frac{(1,465^2 - 1)}{1,33^4} = 0,44 \text{ дБ/км.}$$

Тоді коефіцієнт загасання визначається за формулою:

$$\alpha \approx \alpha_p + \alpha_k.$$

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha \approx 0,44 + 0,2 = 0,64 \text{ дБ/км.}$$

Чим більше коефіцієнт загасання, тим менше довжина регенераційної ділянки.

### **Розрахунок дисперсії і пропускної здатності оптичного волокна.**

Смуга частот  $\Delta F$ , що пропускається оптичним волокном, визначає обсяг інформації, який можна із заданою якістю передати по оптичному кабелю.

Теоретично через оптичне волокно можна організувати величезну кількість каналів на великі відстані, а практично  $\Delta F$  обмежена. Це обумовлено тим, що сигнал на інший кінець приходить спотвореним внаслідок розходження фаз його складових. Дане явище оцінюють величиною розширення  $\tau_u$  переданих імпульсів.

Розширення імпульсу, віднесене до 1 км, називають дисперсією. Для одномодового волокна дисперсія розраховується за формулою:

$$\tau_u = \Delta\lambda \cdot [M(\lambda) + X(\lambda)],$$

де  $\Delta\lambda = 2\text{нм}$  - ширина спектра випромінювання джерела;

$M(\lambda)$  – коефіцієнт питомої матеріальної дисперсії оптичного волокна для заданої довжини хвилі;

$X(\lambda)$  – коефіцієнт питомої хвильової дисперсії оптичного волокна для заданої довжини хвилі.

При  $\lambda = 1,33 \text{ мкм}$ ,  $M(\lambda) = -5 \text{ пс/(км}\cdot\text{нм)}$  та  $X(\lambda) = 8 \text{ пс/(км}\cdot\text{нм)}$ .

$$\tau_u = 2 \cdot (-5 \cdot 10^{-12} + 8 \cdot 10^{-12}) = 6 \cdot 10^{-12} \text{ пс/км.}$$

Тепер можна знайти пропускну здатність оптичного волокна за формулою:

$$\Delta F = \frac{1}{\tau_u} = \frac{1}{6 \cdot 10^{-12}} = 166666 \text{ МГц/км.}$$

Оскільки  $f < \Delta F$ , то система передачі по даному волокну працює добре.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

## **3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ПРИ ПОБУДОВІ ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ**

### **3.1 Способи прокладки оптичних кабелів при побудові волоконно-оптичної лінії зв'язку**

Існує кілька способів прокладки волоконно-оптичного кабелю, всі вони мають свої достоїнства і недоліки, відрізняються способами і умовами проведення робіт. При різних способах прокладки використовуються спеціальні типи оптичного кабелю. Основними способами є:

- прокладка кабелю в ґрунт ( «ручним» способом у траншею; безтраншейний, за допомогою ножових кабелеукладачів; в поліетиленових трубах прокладених в ґрунт);
- прокладка в кабельній каналізації (в каналі кабельної каналізації; по захисним трубам, прокладених в каналі кабельної каналізації);
- підвіс кабелю з силовим елементом на опорах (ліній електропередач; освітлення, міського транспорту, залізничного транспорту);
- прокладка всередині будівель і приміщень;
- прокладка через водні перешкоди.

Будівництво ВОЛЗ вважається дуже складним виробничим процесом. Зокрема, кожна прокладка оптичної лінії передачі в залежності від умов використання (в землі або на опорах) вимагає правильного і якісного вибору певного типу кабелю. Важливе значення має досвід поводження з оптичним кабелем і кваліфікація фахівця, без якої високоякісний монтаж і з'єднання системи будуть просто неможливі.

					ЕлІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк. 27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Прокладання ОК в ґрунт кабелеукладачем

Цей спосіб є основним завдяки високій продуктивності та ефективності. Він широко застосовується на трасах з різними рельєфами місцевості та різними ґрунтами. Для прокладання використовуються кабелеукладачі з активними та пасивними робочими органами. За допомогою ножового кабелеукладача у ґрунті прорізається вузька щілина, і кабель укладається на її дно на задану глибину залягання (0.9...1.2 м). При цьому на кабель діють механічне навантаження. Кабель по дорозі від барабана до виходу з кабеленаправляючої касети піддається впливу поздовжнього розтягування, поперечного стиснення і вигину, а разі застосування вібраційних кабелеукладачів - вібраційному впливу. Залежно від рельєфу місцевості та характеру ґрунтів, конструкції та технічного стану кабелеукладачів, а також режимів роботи механічні навантаження на кабель можуть змінюватись у широких межах.

В Україні для прокладання різних кабелів зв'язку поза населеними пунктами в ґрунтах відповідних категорій застосовуються вібраційні кабелеукладачі КНВ-1 та КНВ-2 виробництва Досвідченого механічного заводу Міжміськзв'язкубуду. У 1995 р. тут були розроблені та впроваджені у виробництво кабелеукладачі КВГ-1 та КВГ-2, які на відміну від КНВ, де вібратор приводиться в дію за допомогою механічного приводу, мають гідравлічний привід. Крім того, робочий навісний орган КВГ-2 може зміщуватися від осі руху базового механізму, що дуже важливо при роботах у обмежених умовах.

Кабелеукладачі КВГ за своїми технічними можливостями не поступаються зарубіжним аналогам і мають вібратор тривальний, двокамерний, одна з камер якого містить одноступінчастий понижувальний редуктор і приводні шестерні дебалансів, а інша - дебаланси, що забезпечують необхідне зусилля, що обурює. Робочий орган встановлюється безпосередньо на корпус вібратора, тому коливальна маса мінімальна, що підвищує амплітуду вібрації та, відповідно,

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

афект розробки ґрунту. Додатковою тяговою машиною є трактор Т-170МБГ, обладнаний тим же, що й кабелеукладачем, ходозменшувачем, або спеціально обладнаним бульдозером.

Для запобігання перевищенню допустимих навантажень на ОК при його прокладці необхідно забезпечити:

- примусове обертання барабана в момент початку руху кабелеукладача та синхронізовану його розмотування;
- обмеження бічних тисків на кабель за рахунок застосування різноманітних заходів і конструкцій, що знижують тертя;
- радіус вигину ОК, що допускається, від барабана до укладання на дно щілини на всій ділянці подачі кабелю через касету;
- виключення випадків засмічення касети кабелеукладального ножа та зупинок обертання барабана під час руху кабелеукладача.

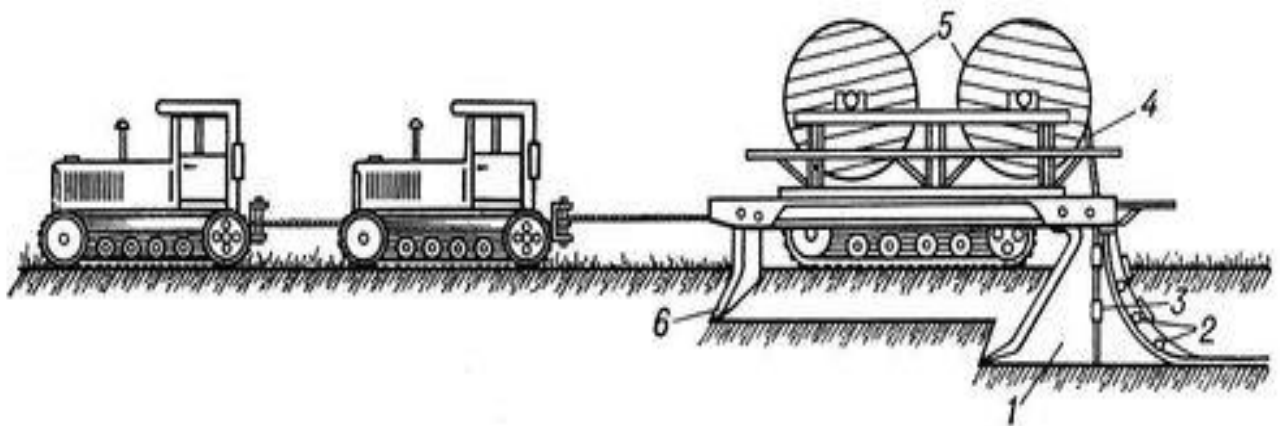


Рисунок 5 – Прокладка оптичного кабелю ножовим кабелеукладачем: 1- робочий ніж; 2- ролики для зменшення тертя кабелю всередині касети; 3- касета; 4- кабель; 5- барабани на яких намотані кабелі; 6- передній ніж.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

## Прокладка в захисній пластмасовій трубі із задувкою.

Спосіб прокладання ОК з використанням захисного трубопроводу дуже ефективний у тих випадках, коли на трасі є численні перешкоди, розташовані близько один від одного, утруднений доступ, а також у ґрунтах з твердими включеннями та в районах з підвищеним впливом зовнішніх електромагнітних полів (районах підвищеної грози, зближення з ЛЕП, з електрифікованими) залізницями і т. д.), де ОК з металевими елементами можуть пошкоджуватися в результаті дії струмів і напруг, що наводяться на цих елементах. Одним із способів захисту ОК є застосування захисного трубопроводу.

Захисна поліетиленова труба (ЗПТ) - сучасна альтернатива традиційній азбестоцементній трубі кабельної каналізації. ЗПТ може бути використана як для збільшення ємності традиційної кабельної каналізації з одночасним наданням їй нових характеристик (шляхом прокладання її в канали існуючої кабельної каналізації), так і для прокладання безпосередньо в ґрунт, фактично виконуючи функції міжміської кабельної каналізації.

ЗПТ являє собою трубу 25-63 мм (будівельна довжина в середньому 2 км) з поліетилену високої щільності з антифрикційним покриттям, що є на внутрішній поверхні, що забезпечує зниження коефіцієнта тертя приблизно вдвічі в порівнянні з поверхнею зі звичайних композицій поліетилену, нормований термін служби ЗПТ становить не менше ніж 50 років.

Прокладання ЗПТ здійснюється за звичайною технологією прокладання кабелів зв'язку (кабелеукладачами, траншею, зтягуванням в канали існуючої кабельної каналізації). Застосування ЗПТ при спорудженні волоконно-оптичних ліній передачі дозволяє, одноразово виконавши прокладку декількох каналів ЗПТ, потім її використовувати, проводячи подальшу прокладання оптичного кабелю в резервні канали ЗПТ або ж

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



роблячи при необхідності заміну оптичного кабелю без необхідності проведення земляних робіт.

Прокладання оптичного кабелю в ЗПТ, як правило, здійснюється методом пневмопрокладки з використанням спеціалізованого обладнання, що забезпечує можливість "задувки" в ЗПТ максимальних будівельних довжин оптичного кабелю (величиною 4...6 км), без необхідності їх розрізання та перемотування на ділянках перетину з підземними спорудами.

### **Підвіска ОК на ЛЕП або контактної мережі залізниці**

Вимоги до споруд та технології підвіски ОК на несучих тросах по стовпах та стійкових опорах на дахах будівель, а також до самонесучих кабелів не відрізняються від встановлених вимог для електричних кабелів зв'язку. Для повітряної підвіски використовують ОК, призначені для прокладання в землі, які прикріплюються до наявних повітряних ліній зв'язку тросом або ОК з самонесучим тросом.

При підвісці слід враховувати міцність ОК при розтягуванні, довжину прольоту, стрілу провисання, механічне навантаження (статичне та динамічне), коливання температури, конструкцію опори, спосіб натягу ОК, конструкцію кріплення до несучого троса (якщо трос не вбудований в кабель), захист від гризунів, заземлення, величину натягу ОК при прокладанні, спосіб вирівнювання стріли провисання, зміна натягу ОК.

Виходячи з вищесказаного та враховуючи обрану трасу (траса проходить вздовж автомагістралі), вибираємо метод прокладання кабелю у захисній пластмасовій трубі із задувкою. Для задувки кабелів ЗПТ використовуються повітряні компресори, пристрої подачі кабелю в труби і пристрої перемотування кабелів. У таблиці 4 зазначено перелік машин та механізмів для виконання цих технологічних операцій.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4. Машини та механізми для задувки будівельної довжини оптичного кабелю в три секції.

Наименование машин и механизмов	Технические характеристики	Фирма-изготовитель
1. Устройство "типа Cablejet" для пневмозадувки в ЗПТ оптического кабеля - 2 компл.	Скорость задувки максимальная - 60 м/мин Диаметр задуваемого кабеля - 9-18 мм	"Plumettaz S.A.", Швейцария
2. Устройство типа "Superjet" для пневмозадувки в ЗПТ оптического кабеля - 1 компл.	Скорость задувки макс. - 60 м/мин. Диаметр задуваемого кабеля - 14-32 мм.	"Plumettaz S.A.", Швейцария
3. Устройство типа " Superjet-Нудraulice" для гидравлической подачи в ЗПТ оптического кабеля (включается в комплект по дополнительным требованиям)	Скорость подачи кабеля 60 м/мин. Диаметр вводимого кабеля 8-32 мм	"Plumettaz S.A.", Швейцария
4. Компрессор (типа "XANS-175Dd") - 3 компл.	Мощность-5-12м <sup>3</sup> /мин с системой охлаждения воздуха	Фирма "Atlas Copco", США
5. Кабельный транспортер "Joko-LTS-2002T" с гидравликой - 2 компл.	Для кабельных барабанов до №22	Завод ОАО "Лентелефонстрой", Россия
6. Устройство для выкладки оптического кабеля типа "Фигаро" - 1 компл.	Для выкладки кабеля длиной от 1000 до 10000 м для кабелей диаметром от 20 до 6 мм	"Plumettaz S.A.", Швейцария
7. Разборный барабан - 1 компл.	Для перемотки кабеля длиной от 1000 до 6000 м	Завод ОАО "Лентелефонстрой", Россия

Визначимо (приблизно, за графіком для кабелю ОКЛБ-01) механічні зусилля при прокладанні ЗПТ кабелеукладачем типу КНВ у ґрунт, використовуючи наведену в довіднику графічну залежність величини натягу ОК на виході з касети кабелеукладача від швидкості прокладки кабелю. кабелю.

Вважаючи швидкість, що дорівнює 1 км/год, діаметр (номер) кабельного барабана № 18, отримуємо  $P \approx 3.2$  кН. Нижче в таблицях представлені технічні характеристики ЗПТ ЗАТ НВО «Будполімер», звідки бачимо, що розраховані механічні зусилля не перевищують допустимі норми:

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Типоразмеры и масса ЗПТ.

Типоразмеры ЗПТ, мм	Наружный диаметр ЗПТ, мм	Внутренний диаметр ЗПТ, мм	Толщина ЗПТ, мм	Масса, кг/м
25/21	25	21	2,0	0,15
32/26	32	26	3,0	0,28
32/27	32	27	2,5	0,23
40/33	40	33	3,5	0,41
40/34	40	34	3,0	0,35
50/41	50	41	4,5	0,65
50/42	50	42	4,0	0,58
63/53	63	53	5,0	0,92
63/55	63	55	4,0	0,75

Стандартные строительные длины ЗПТ.

Наружный диаметр ЗПТ, мм	Строительная длина, м	
	На барабанах	В бухтах
25	4000 + 2	4000 + 2
32	2700 + 2	3000 + 2
40	1750 + 2	2000 + 2
50	1000 + 2	1100 + 2
63	600 + 2	700 + 2

Допустимые механические воздействия на ЗПТ.

Типоразмеры ЗПТ, мм	Долговременная растягивающая нагрузка, кН	Допустимая кратковременная растягивающая нагрузка, кН	Допустимая устойчивость на смятие, кПа	Допустимое избыточное давление внутри ЗПТ, МПа
25/21	1,44	2,02	1500	2,0
32/26	2,73	3,82	1500	2,0
32/27	2,32	3,25	1300	2,0
40/33	4,01	5,61	1300	2,0
40/34	3,49	4,89	1100	2,0
50/41	6,43	9,00	2000	2,0
50/42	5,78	8,09	1500	2,0
63/53	9,11	12,75	1400	2,0
63/55	7,41	10,37	800	2,0

Рис.6 Спрощений розрахунок грозозахисту магістральних оптичних кабелів (ОКЛБ):

Визначимо категорію блискавкостійкості за питомим опором ґрунту: = 600 Ом \* м < 1000 Ом \* м отже, I-III категорія блискавкостійкості.

Виходячи з даних, представлених на сайті <http://www.simbexpert.ru/?snips/snip/44553/> («Посібник із захисту оптичних кабелів від ударів блискавок»), обраний при проектуванні кабель ОКЛБ-01 має IV категорію блискавкостійкості.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Визначимо ймовірну кількість пошкоджень ОК з металевими елементами в конструкції  $n$  за таблицею 6 Посібника при зазначеному в заданому питомому опорі ґрунту та за категорією блискавкостійкості:

$$n_1 = n * \left(\frac{q}{2}\right)$$

$$n_1 = 0.344 * \frac{3.6}{2} = 0.619$$

Порівняємо отриману величину  $n_1$  з нормою допустимого числа пошкоджень магістральних кабелів від ударів блискавки  $n_0 = 0.1$ :

$>500 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  у 1.2 рази

$n_1 < n_0$  то необхідності в забезпеченні додаткового грозозахисту немає.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра були представлені основні етапи проектування волоконно-оптичної лінії зв'язку між містами Суми та Полтава: розрахунок навантаження, вибір системи передачі, траси передачі, типу кабелю, методу прокладання, розрахунок параметрів кабелю, а також спрощений розрахунок грозозахисту для обраного кабелю. В ході проектування оптичної лінії передачі між містами Суми та Полтава було проведено аналіз волоконно-оптичної лінії зв'язку; був проведений розрахунок кількості каналів передачі між містами, який дорівнює 11796 каналів; розрахована необхідна швидкість передачі даних, яка складає 805,266 Мбіт/с.; був зроблений вибір системи передачі – 1655AMU та кабелю - ОКБ-М8П-10-0,22-8; в якості базової технології мережі була використана технологія SDH з транспортним рівнем STM-16; був зроблений вибір траси з найменшою кількістю перешкод.

В даний час ВОЛЗ активно використовуються і на локальних комп'ютерних мережах, в мережах кабельного телебачення. Таким чином, навички розрахунку ВОЛЗ є необхідними для якісного виконання сучасних проектів у галузі зв'язку.

					ЕлІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЛІТЕРАТУРА

1. И.И. Гроднев, А.Г. Мурадян, Р.М. Шарафутдинов и др. «Волоконно-оптические системы передачи и кабели: Справочник» - М.: Радио и связь, 1993. - 264 с.: ил.
2. В.А. Андреев, В.А. Бурдин, Б.В. Попов, А.И. Польшников; Под ред. Б.В. Попова «Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий связи» - М.: Радио и связь, 1995. - 200 с.: ил.
3. И.И. Гроднев, Н.Д. Курбатов «Линии связи: Учебник для вузов». - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Связь, 1980. - 440 с.: ил.
4. Волоконно-оптична лінія передачі: [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Волоконно-оптична\\_лінія\\_передачі](https://uk.wikipedia.org/wiki/Волоконно-оптична_лінія_передачі)
5. Карта автодоріг України: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://routes.in.ua/maps-ukraine/>
6. О.В. Бондаренко П.П. Будівництво та монтаж ВОСП // О.В. Бондаренко П.П. Воробієнко, В.В. Андреев, І.М. Панюта // Одеса, 2014. – 192 с.
7. Фокин В.Г. «Проектирование оптической сети доступа» / Учебное пособие, Новосибирск 2015, 319 с.
8. Інформаційний портал Сумської міської ради: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.smr.gov.ua/uk/>
9. Бэйли, Д. Волоконная оптика: теория и практика/ Д.Бэйли. Э.Райт. – М: Кудиц-Образ. 2016 – 320 с.
10. Посібник із захисту оптичних кабелів від ударів блискавок – Режим доступу : <http://www.simbexpert.ru/?snips/snip/44553/>
11. Інформація про Полтаву – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B0>

					ЕЛІТ 6.172.00.02.403 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36