

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-Шостка»

Завідувач кафедри

Опанасюк А.С.

Керівник кваліфікаційної роботи

Новгородцев А.І.

Виконав студент гр. ТК-61

Івченко Д.О.

Суми 2020 р.

Сумський Державний Університет

Факультет ЕЛІТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри Опанасюк А.С.

«___» _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра
студенту **Івченко Денису Олександровичу**

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

затверджено наказом по кафедрі від «__» _____ 2020 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. 6. Розрахунок довжини ділянки регенерації.

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

Презентація із 10 слайдів.

Дата видачі завдання: 10.03.2020 р.

Завдання прийняв до виконання: _____ Івченко Д.О.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Перелік етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітки
1	Огляд літератури за вибраним напрямком проектування	25.03.2020 р.	
2	Аналіз волоконно-оптичної системи передачі	10.04.2020 р.	
3	Характеристика траси оптичної лінії передачі та розрахунок кількості каналів зв'язку	25.04.2020 р.	
4	Технологічний процес прокладки оптичного кабелю	10.05.2020 р.	
5	Оформлення пояснювальної записки	17.05.2020 р.	
6	Оформлення презентації	24.05.2020 р.	
7	Отримання відгука керівника роботи та рецензії	1.06.2020 р.	
8	Представлення кваліфікаційної роботи до захисту	10.06.2020 р.	

Керівник кваліфікаційної роботи:

Новгородцев А.І.

Студент дипломник:

Івченко Д.О.

«___» _____ 2020 р.

РЕФЕРАТ

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

Кваліфікаційна робота бакалавра складається із трьох розділів, містить 40 сторінок тексту та включає 7 ілюстрацій, 3 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-Шостка. 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 монтаж та способи прокладки оптичних кабелів.

В кінці роботи зроблені висновки та приведений перелік літературних джерел. Робота містить 9 літературних джерел.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ.....	6
1.1 Волоконно-оптичні лінії зв'язку.....	6
1.2 Елементи волоконно-оптичної лінії зв'язку.....	7
1.2.1 Оптичний кабель.....	7
1.2.2 Оптична муфта.....	9
1.2.3 Оптичний крос.....	10
1.2.4 Мультиплексор / Демультіплексор.....	11
1.2.5 Регенератор.....	11
1.2.6 Підсилювач.....	12
1.3 Сучасні цифрові технології передачі інформації.....	12
2 ПРОЕКТУВАННЯ ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ МІЖ ГОРОДАМИ СУМИ-ШОСТКА.....	15
2.1 Характеристика кінцевих пунктів.....	15
2.2 Вибір і характеристика траси волоконно-оптичної лінії передачі.....	16
2.3 Розрахунок кількості каналів між містами.....	19
2.4 Вибір системи передачі.....	22
2.5 Вибір і розрахунок параметрів оптичного кабелю.....	23
2.6 Розрахунок довжини ділянки регенерації.....	28
3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ПРИ ПОБУДОВІ ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ.....	30
3.1 Способи прокладки оптичних кабелів при побудові волоконно-оптичної лінії зв'язку.....	30
3.2 Монтаж оптичних кабелів.....	37
ВИСНОВКИ.....	39
ЛІТЕРАТУРА.....	40

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування оптичної лінії передачі між городами Суми- Шостка. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Івченко Д.О.						3	40
Перевішив	Новгородцев А.І.							
Реценз.								
Н.Контр.	Гатич							
Затверд.	Опанасюк А.С.					СумДУ, гр. ТК-61		

ВСТУП

Останнім часом одним з найбільш перспективних і розвиваючих напрямків побудови мереж зв'язку в світі є волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ). В області систем передачі інформації з великою інформаційною ємністю і високою надійністю роботи ВОЛЗ не мають конкурентів. Це пояснюється тим, що вони значно перевершують дротяні за такими показниками, як пропускна здатність, довжина регенераційної ділянки, а також перешкодозахищеність.

Динаміка сучасного економічного і соціального розвитку міст в значній мірі визначається у всіх країнах розвитком інфраструктури, найважливішим елементом якої є зв'язок. Досвід показує, що зв'язок (телекомунікації) відіграє значну роль не тільки як засіб обміну інформацією, а й як потужний каталізатор науково-технічного прогресу, підвищення добробуту і процвітання держави.

В останні роки світ телекомунікацій і передачі даних стикається з динамічно зростаючим попитом на частотні ресурси. Ця тенденція в основному пов'язана зі збільшенням числа користувачів Internet і також зі зростаючою взаємодією міжнародних операторів і збільшенням обсягів переданої інформації.

Смуга пропускання в розрахунку на одного користувача стрімко збільшується. Тому постачальники зв'язку при побудові сучасних інформаційних мереж використовують волоконно-оптичні кабельні системи найбільш часто. Це стосується як побудови протяжних телекомунікаційних магістралей, так і локальних обчислювальних мереж.

Оптичне волокно в даний час вважається найдосконалішим фізичним середовищем для передачі інформації, а також самим перспективним середовищем для передачі великих потоків інформації на значні відстані. Сьогодні волоконна оптика застосовується практично у всіх завданнях, пов'язаних з передачею інформації. Зараз обсяги інсталяцій ВОЛЗ значно зросли. У міжрегіональному масштабі слід виділити будівництво волоконно-оптичних мереж синхронної цифрової ієрархії (SDH). В даний час по всьому світу постачальники послуг зв'язку

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прокладають протягом року десятки тисяч кілометрів волоконно-оптичних кабелів під землею, по дну океанів, річок, в тунелях.

Метою кваліфікаційної роботи є проектування лінії зв'язку між городами Суми-Шостка на основі волоконно-оптичних кабелів. У зв'язку з чим особливу увагу приділено будівництву ВОЛЗ. Здійснення проекту дозволить вивести на новий якісний рівень інформаційне обслуговування підприємств і окремих громадян цих міст.

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						5
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 АНАЛІЗ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ

1.1 Волоконно-оптичні лінії зв'язку

Волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ) - лінії оптичного зв'язку, в яких передача інформації здійснюється за допомогою волоконно-оптичних елементів. ВОЛЗ складаються з передавальних і приймальних оптичних модулів, волоконно-оптичних кабелів і волоконно-оптичних з'єднувачів. Оптичне волокно - найдосконаліше середовище для передачі великих потоків інформації на великі відстані.

Воно виготовлене з кварцу, основу якого складає двоокис кремнію, - широко розповсюдженого і недорогого матеріалу, на відміну від міді, використовуваної в звичайних проводах. Оптичне волокно дуже компактне і легке, його діаметр всього близько 100 мкм. Волоконні світловоди представляють собою волоконно-оптичні джгути, захищені непрозорою оболонкою і мають торці з полірованою поверхнею. Скло є діелектриком, тому при будівництві волоконно-оптичних систем зв'язку окремі оптичні волокна не потребують ізоляції один від одного. Довговічність оптичного волокна - до 25 років.

При створенні волоконно-оптичних ліній зв'язку необхідні високонадійні електронні елементи, які перетворюють електричні сигнали в світло і світло в електричні сигнали, а також оптичні з'єднувачі з малими оптичними втратами. Тому для монтажу таких ліній потрібно дороге обладнання.

Однак переваги від застосування волоконно-оптичних ліній зв'язку настільки великі, що, незважаючи на перераховані недоліки оптичних волокон, ці лінії зв'язку все ширше використовуються для передачі інформації. Швидкість передачі даних може бути збільшена за рахунок передачі інформації відразу в двох напрямках, тому що світлові хвилі можуть поширюватися в одному оптичному волокні незалежно один від одного. Це дає можливість подвоїти пропускну здатність оптичного каналу зв'язку. Волоконно-оптичні лінії зв'язку стійкі до

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електромагнітних перешкод, а передана по світловодам інформація захищена від несанкціонованого доступу. До таких ліній зв'язку неможливо підключитися без порушення цілісності лінії.

1.2 Елементи волоконно-оптичної лінії зв'язку

Складається з пасивних та активних елементів.

Активні компоненти:

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

Пасивні елементи:

- оптичний кабель;
- оптична муфта;
- оптичний крос.

1.2.1 Оптичний кабель. Оптоволоконний (він же волоконно-оптичний) кабель - це принципово інший тип кабелю в порівнянні з іншими типами електричних або мідних кабелів. Інформація по ньому передається не електричним сигналом, а світловим. Головний його елемент - це прозоре скловолокно, по якому світло проходить на величезні відстані (до десятків кілометрів) з незначним ослабленням.

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

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

замість внутрішньої ізоляції - скляна або пластикова оболонка, що не дозволяє світлу виходити за межі скловолокна.

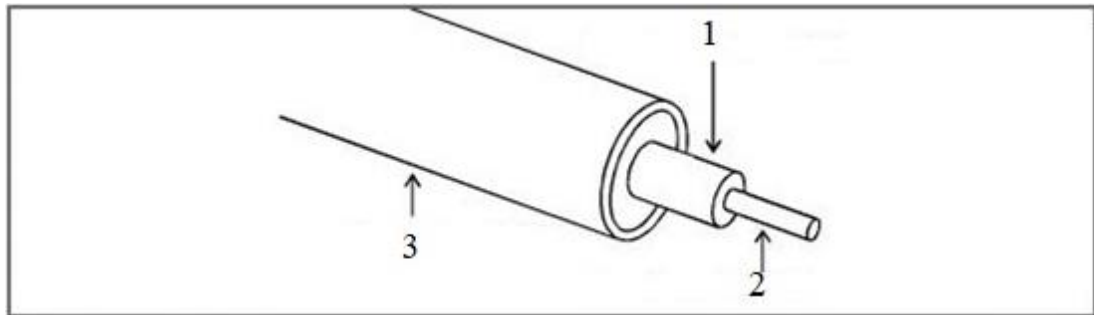


Рисунок 1 - Структура оптоволоконного кабелю: 1- скляна оболонка, 2- центральне волокно, 3 - зовнішня оболонка.

Оптоволоконний кабель має виняткові характеристики по перешкодозахищеності і секретності переданої інформації. Ніякі зовнішні електромагнітні перешкоди в принципі не здатні спотворити світловий сигнал, а сам сигнал не породжує зовнішніх електромагнітних випромінювань. Підключитися до цього типу кабелю для несанкціонованого прослуховування мережі практично неможливо, так як при цьому порушується цілісність кабелю.

Вартість оптоволоконного кабелю постійно знижується і зараз приблизно дорівнює вартості тонкого коаксіального кабелю. Типова величина загасання сигналу в оптоволоконних кабелях на частотах, використовуваних в локальних мережах, становить від 5 до 20 дБ/км, що приблизно відповідає показникам електричних кабелів на низьких частотах. Але в разі оптоволоконного кабелю при зростанні частоти переданого сигналу загасання збільшується дуже незначно, і на більших частотах (особливо понад 200 МГц) його переваги перед електричним кабелем незаперечні, у нього просто немає конкурентів.

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.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Існують два різних типи оптоволоконного кабелю:

- багатомодовий, дешевший, але менш якісний;
- одномодовий кабель, дорожчий, але має кращі характеристики в

порівнянні з першим.

Тип кабелю визначають кількість режимів поширення або «шляхів», за якими світло проходить всередині кабелю.

Залежно від основної області застосування волоконно-оптичні кабелі поділяються на три основних види:

- кабель внутрішньої прокладки. При монтажі ВОЛЗ в закритих приміщеннях зазвичай застосовується волоконно-оптичний кабель з щільним буфером (для захисту від гризунів). Підтримує передачу даних на короткі і середні відстані. Ідеально підходить для горизонтального кабелювання;

- кабель зовнішньої прокладки. Волоконно-оптичний кабель з щільним буфером, броньований сталеву стрічкою, вологостійкий. Застосовується для зовнішньої прокладки при створенні підсистеми зовнішніх магістралей і пов'язують між собою окремі будівлі. Може прокладатися в кабельні канали. Підходить для безпосереднього укладання в ґрунт;

- зовнішній самонесучий оптоволоконний кабель. Волоконно-оптичний кабель самонесучий, зі сталевим тросом. Застосовується для зовнішньої прокладки на великі відстані в рамках телефонних мереж. Підтримує передачу сигналів кабельного телебачення, а також передачу даних. Підходить для прокладки в кабельній каналізації та повітряної прокладки.

1.2.2 Оптична муфта. Важливою деталлю комунікаційних мереж на основі оптоволоконного зв'язку є оптична муфта - невеликий короб, всередині якого розташовані інструменти, необхідні для захисту місця зварювання оптичного волокна від пошкодження. Крім того, оптична муфта дозволяє вивести одне або кілька волокон з кабелю для того, щоб приєднати його до активного мережевого обладнання. У більшості випадків кабельна муфта комплектується касетою, яка

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозволяє укласти кабель декількома витками - це забезпечує додатковий захист місця зварювання і також дозволяє зберігати невеличкий технологічний запас оптичних волокон.

Оптична муфта може використовуватися в приміщенні, часто поруч з патч-панелями. Також її можна розмістити поза приміщеннями. Іноді виникає необхідність в зварюванні розбитого волокна або ж в відгалуженні декількох волокон. У таких випадках кабельна муфта незамінна. Її можна розмістити на стовпі - якщо кабель оптоволоконна простягався на опорах.

Кабельна муфта для оптичного кабелю буває декількох видів. Залежно від розташування отворів для кабелю вона буває прохідна і тупикова. Перша призначена для з'єднання кабелів в місцях розриву, для нарощування кабелю або розгалуження його. Друга підходить для використання в кінці гілки, тут оптична муфта полегшує з'єднання з різним активним обладнанням. Є також муфти з компактними розмірами, призначені для установки в умовах гострої нестачі простору - їх ще називають міськими.

Кабельна муфта незалежно від сфери застосування і конструкції, відрізняється високою точністю виготовлення деталей, міцністю і довговічністю вузлів. Від її якості багато в чому залежить стабільність з'єднання і довговічність зварювання. У порівнянні з іншими способами з'єднання оптичних волокон кабельна муфта забезпечує невеликі втрати сигналу. Оптична муфта забезпечує надійний захист кабелю від механічного впливу - вона дозволяє витримувати великі навантаження на скручування, розтягування, оскільки навантаження бере на себе неушкоджена ділянка кабелю. Також це чудовий варіант для організації розгалужень магістралі.

1.2.3 Оптичний крос. Оптичний крос - це пристрій, який може бути представлено в різному форм-факторі - в панелях, стійках, коробках, оснащених необхідними елементами для кінцевого закладення, укладання й розподілу оптичних кабелів.

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оптичний крос призначений для з'єднання волокон оптичного кабелю з роз'ємами стандартного виду волоконно-оптичного обладнання. Реалізація сучасної структурованої кабельної системи на базі волоконно-оптичних ліній зв'язку неможлива без використання оптичних кросів.

Вимоги до якості і функціональності кросового обладнання диктує сама специфіка оптичного волокна. Тендітні і досить вразливі матеріали потребують надійного захисту при монтажі та експлуатації. Оптичні кроси, зроблені з високоміцного пластика або металу з антикорозійним покриттям, виступають тим самим захисним елементом, який забезпечує збереження оптоволокна, запобігаючи фізичні ушкодження і виключаючи негативний вплив зовнішніх факторів.

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).

1.2.5 Регенератор. Оптичний регенератор (англ. Optical regenerator) - компонент оптичної системи зв'язку, призначений для регенерації цифрового оптичного сигналу.

У мережах телекомунікації навіть при використанні оптичних підсилювачів, відновлюючих амплітуду сигналу, накопичуються спотворення форми і девіація відносної затримки сигналів (втрата синхронізації). Тому зазвичай потрібно періодична регенерація (від англ. Regeneration - відновлення) для відновлення первісної форми і синхронізації сигналів. Повна регенерація передбачає виконання трьох відновлюючих операцій по відношенню до сигналу: відновлення амплітуди (посилення), відновлення форми і відновлення синхронізації. У сучасних мережах зв'язку ці три операції виконуються з

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використанням опто-електро-оптичного (ОЕО) перетворення. Такі оптичні регенератори називаються оптичними повторювачами.

Оптичні повторювачі здійснюють детектування оптичних сигналів, перетворення їх в електричні сигнали, повне відновлення сигналу в електронній формі та подальшу ретрансляцію у вигляді оптичних сигналів. Оптичні повторювачі - відносно складні і дорогі пристрої, оскільки до складу оптичного повторювача входять оптичний приймач, електричний регенератор і передавач.

Для зниження вартості ОЕО регенераторів велике число оптичних повторювачів об'єднують в одну фотонну інтегральну схему, яка містить також оптичний мультиплексор, демультиплексор і електронні перемикачі каналів.

У майбутніх мережах телекомунікації передбачається використовувати повністю оптичні регенератори, що виконують операції відновлення параметрів сигналу нелінійно-оптичними методами без перетворення в електричний сигнал.

1.2.6 Підсилювач. Застосовується в волоконно-оптичних лініях передачі для відновлення рівня оптичного сигналу. Перевагою ербієвих підсилювачів є відсутність перетворення в електричний сигнал, можливість одночасного посилення сигналів з різними довжинами хвиль (що обумовлює можливість посилення спектрально-мультиплексованого сигналу), практично точна відповідність робочого діапазону ербієвих підсилювачів області мінімальних оптичних втрат світловодів на основі кварцового скла, порівняно низький рівень шуму і простота включення в волоконно-оптичну систему.

1.3 Сучасні цифрові технології передачі інформації

Розвиток телекомунікацій йде прискореними темпами. Отримали широкий розвиток сучасні цифрові технології передачі даних, до яких можна віднести АТМ, Frame Relay, IP, ISDN, PDH, SDH і WDM. Причому такі технології, як АТМ, ISDN,

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 районами, містами, зонами / регіонами та державами, які використовують розвинену адресацію на основі стандарту ІТУ-Т Е.164.

Технологія ІР - пакетна, невід'ємний атрибут мережі Internet і яскравий приклад мережевої технології, все ширше і ширше використовується для передачі пакетів голосового трафіку через мережу Internet. Завдяки наявності маршрутизаторів і шлюзів в мережі загального користування, ІР-телефонія може розглядатися як глобальна магістральна технологія. Успіх її обумовлений наступним:

- наявністю сформованого середовища передачі -Internet, абонентами якої є мільйони;
- низькими тарифами на використання мережі для голосового зв'язку в порівнянні з відповідними тарифами традиційної міжміського та міжнародного зв'язку;
- універсальністю послуг мережі: передача голосу, даних, відео та мультимедіа (будь-якого рівня);
- універсальністю і доступністю термінального обладнання, що встановлюється у клієнта;
- доступністю і простотою установки програмного забезпечення у кінцевого користувача.

Технологія Frame Relay - пакетна технологія яка прийшла на зміну технології Х.25. Зручний засіб отримання дешевих універсальних послуг з передачі голосу, факсу та даних, використовуючи відносно невеликий (16-32 кбіт / с) зарезервованій або комутований віртуальний канал пакетної передачі.

Ця технологія не має розвинених засобів адресації, необхідних для магістральних мережевих технологій, але, будучи універсальною технологією

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

доступу, близькою до технології АТМ, може розглядатися інтегровано з транспортною технологією АТМ, як технологія глобальних мереж.

Технологія АТМ - пакетна, задумана як універсальна широкосмугова технологія, здатна передавати будь-який тип трафіку шляхом інкапсуляції його інформаційного вмісту в поле корисного навантаження осередки АТМ.

Ця технологія може бути повністю віднесена до магістральних, але вона не є транспортною, так як не має в своїй OSI-моделі фізичного рівня. В результаті вона повинна використовувати якусь глобальну транспортну технологію, наприклад PDH, SDH, SONET або WDM. Застосування технології АТМ так і не стало масовим, і в даний час за ступенем впливу і поширення вона поступається технології IP, яка може зайняти її нішу разом з технологією ISDN.

Технологія PDH. Однією з перших систем, призначених для передачі інформації в цифровому вигляді на великі відстані, є PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy - плезіохронна цифрова ієрархія). Перший реліз даного стандарту був розроблений організацією зі стандартизації ІТУ-Т і випущений в 1972 році під індексом G.703. Основою побудови ієрархії PDH є основний цифровий канал, швидкість якого становить 64 кбіт / сек. Така швидкість вибрана не випадково. 64 кбіт / сек якраз досить для передачі однієї телефонної розмови.

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) - синхронна цифрова ієрархія - технологія передачі високошвидкісних даних на великі відстані з використанням як фізичне середовище дротових, оптичних і радіоліній зв'язку. Дана технологія прийшла на зміну PDH яка володіла суттєвим недоліком: складністю виділення з високошвидкісних потоків низькошвидкісних трибутарних каналів. Причина полягає в тому, що потоки більш високого рівня в PDH виходять шляхом послідовного мультиплексування. Відповідно, для виділення потоку необхідно розгортати весь потік, тобто проводити операцію демультимплексування. При цьому доведеться встановлювати дороге устаткування в кожному пункті, де необхідна така процедура, що значно збільшує вартість будівництва і експлуатації високошвидкісних ліній PDH. Технологія SDH покликана вирішити цю проблему. Швидкості для SDH вже не обмежуються 500 Мбіт / сек, як це було в PDH.

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ МІЖ ГОРОДАМИ СУМИ-ШОСТКА

2.1 Характеристика кінцевих пунктів

Кінцеві пункти проєктованої оптичної лінії передачі – місто Суми та місто Шостка.

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 263 тис. осіб, площа — 95,4 км². 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 "Суміхімпром", АТ "Насосенергомаш", ТОВ "Кусум-Фарм", ЗАТ "Технологія", ТОВ "Технологія

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Шостка це місто обласного підпорядкування, перспективний адміністративно-економічний центр Північно-Східного регіону України. Населення Шостки становить 75 тисяч осіб. Площа міста складає 43,69 км².

Важливий культурний центр Сумщини. Шостка — місто з великою історією. Воно розташоване на березі річки Шостка, шостої притоки Десни. До міста примикає лісовий масив (сосна, дуб). Місто розташоване в 181 км на північ від обласного центру – м. Сум, в 300 км від столиці України – м. Києва і в 48 км від кордону з Росією. Через Шостку проходить електрифікована залізниця, яка з'єднується з трансєвропейською магістраллю Київ – Москва. Таким чином Шостка має пряме залізничне пасажирське сполучення зі столицею України та обласним центром.

Основою економіки міста є заводи "Імпульс" та "Зірка", ВАТ "Шосткинський міськмолкомбінат", ВАТ "Шосткинський завод хімреактивів", ВАТ "Полісся" (м'ясокомбінат), ВАТ "Шосткинський хлібокомбінат".

Необхідність будівництва волоконно-оптичної лінії передачі між городами Суми-Шостка 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 волоконно-оптичної лінії передачі проводиться з урахуванням таких вимог:

- траса вибирається з умови мінімальної її довжини, виконання найменшого обсягу робіт при будівництві, можливості застосування будівельних

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

механізмів, зручності експлуатації та мінімальних витрат по захисту кабелю від зовнішніх електромагнітних впливів, ударів блискавок і корозії;

– в заміській частині траса вибирається, як правило, уздовж автомобільних доріг по землям, які не мають сільськогосподарського значення або по сільськогосподарських угіддях гіршої якості. Прокладання кабельних ліній проводяться поблизу кордонів смуги відведення автомобільних доріг, щоб не виникла необхідність перебудови траси при реконструкції дороги, при цьому зберігаються снігозахисні насадження. Траса вибирається в обхід місць обвалів, вимоїн, зсувів ґрунту, а також зон, заражених гризунами;

– траси мають по можливості мінімальну кількість природних і штучних перешкод (річок, боліт, кар'єрів, населених пунктів, авто і залізниць);

– траси проходять по можливості по рівнинним ділянкам місцевості і ґрунтам з найменшою категорією труднощів для розробки траншей і механізованої прокладки кабелю машинами для вкладання кабелю;

– в містах і селищах міського типу ВОЛЗ прокладається в телефонній каналізації;

– майданчики для будівництва мережевих вузлів і обслуговуваних регенераційних пунктів (ОРП) вибираються зазвичай на околиці населених пунктів районних центрів або селищ міського типу;

– траса вибирається так, щоб число проміжних необслуговуваних регенераційних пунктів (НРП) було мінімально. Траса оптичного кабелю вибирається з урахуванням установки проміжного обладнання НРП у вузлах зв'язку, що знаходяться вздовж траси.

Проектована лінія передачі від міста Суми до міста Шостка, її шлях складає 181 км по трасам Р44 та Р65, на рис.2, показаний її маршрут. Траса проекрованої ВОЛЗ проходить уздовж автомобільної дороги: Суми – Білопілля – Путивль – Глухів – Шостка. В таблицях 1 та 2 приведені характеристики проекрованої траси ВОЛЗ.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

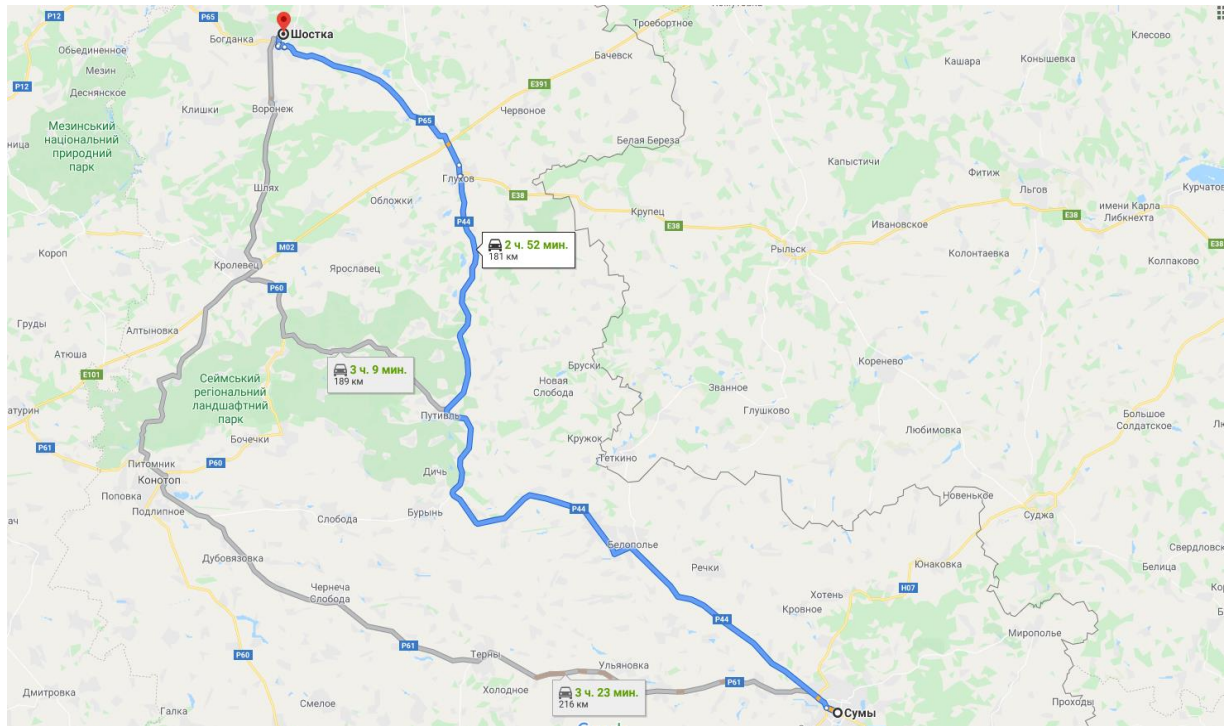


Рисунок 2 – Маршрут траси проектованої ВОЛЗ

Таблиця 1 – Характеристика проектованої траси ВОЛЗ з лівого боку

Показники	Значення				
	Всього	КП1-ОРП2	ОРП2-ОРП3	ОРП3-ОРП4	ОРП4-КП5
Протяжність траси, км	181	43	55	41	42
Переходи через дороги, перехід	126	19	31	40	36
автомобільні	120	18	28	40	34
залізничні	6	1	3	0	2
Переходи через річки, перехід	12	0	6	2	4

Таблиця 2 – Характеристика проектованої траси ВОЛЗ з правого боку

Показники	Значення				
	Всього	КП1- ОРП2	ОРП2- ОРП3	ОРП3- ОРП4	ОРП4- КП5
Протяжність траси, км	181	43	55	41	42
Переходи через дороги, перехід	163	19	49	24	71
автомобільні	157	18	46	24	69
залізничні	6	1	3	0	2
Переходи через річки, перехід	12	0	6	2	4

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

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;

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 H_0 .

$$t = 5 + (2020 - 2019) = 6$$

Для міста Суми:

$$H_t = 263448 \cdot \left(1 + \frac{-0,4}{100}\right)^6 = 257188 \text{ чоловік.}$$

Для міста Шостка:

$$H_t = 75024 \cdot \left(1 + \frac{-0,4}{100}\right)^6 = 73241 \text{ чоловік.}$$

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 α_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 ($f_1 = 0,05$);

– γ - 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.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Кількість абонентів в зоні АМТС можна визначити за формулою:

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

Для міста Суми:

$$m_a = 0,7 \cdot 257188 = 180031 \text{ абонентів.}$$

Для міста Шостка:

$$m_b = 0,7 \cdot 73241 = 51268 \text{ абонентів.}$$

$$n_{\text{тф}} = 1,03 \cdot 0,05 \cdot 0,05 \left(\frac{180031 \cdot 51268}{180031 + 51268} \right) \cdot 1,05 = 107 \text{ телефонних каналів.}$$

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:

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

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 ($n_{\text{інт}} = 30 \cdot n_{\text{тф}}$).

$$n_{\text{заг}} = 107 + 32,1 + 96,3 + 856 + 10,7 + 3210 = 4312 \text{ каналів.}$$

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

$$n_{\text{заг}} = 4312 + 1600 = 5912 \text{ каналів.}$$

Розрахуємо необхідну кількість потоків E_1 :

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{E_1} = \frac{n_{\text{заг}}}{30} = \frac{5912}{30} = 197 \text{ потоків.}$$

Далі потрібно визначити швидкість передачі даних B .

$$B = N_{E_1} \cdot 2,048 = 403,456 \text{ Мбіт/с.}$$

Таким чином, для передачі повідомлень між містами Суми-Шостка потрібно 5912 канали зі швидкістю 403,456 Мбіт/с. Тобто необхідний потік STM-4 зі швидкістю 622,08 Мбіт/с.

2.4 Вибір системи передачі

Для організації 5912 каналів між містами Суми – Шостка необхідно використати систему передачі FlexGain A155, яка реалізовує технологію SDH, а також буде використаний транспортний рівень STM-4.

SDH-мультиплексор FlexGain A155 призначений для передачі даних по ВОЛЗ зі швидкістю 155/622 Мбіт/с (рівень STM-1/4).

Особливості обладнання FlexGain A155:

- надійність (середній термін напрацювання на відмову більше 20 років);
- безпека (захист від несанкціонованого доступу);
- гнучкість і масштабованість;
- керованість, включаючи контроль якості передачі;
- конвергенція TDM- і Ethernet-трафіку;
- економічність;
- простота в інсталяції і обслуговуванні;
- підтримка SFP-модулів.

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3 – Зовнішній вигляд мультиплексора FlexGain A155

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

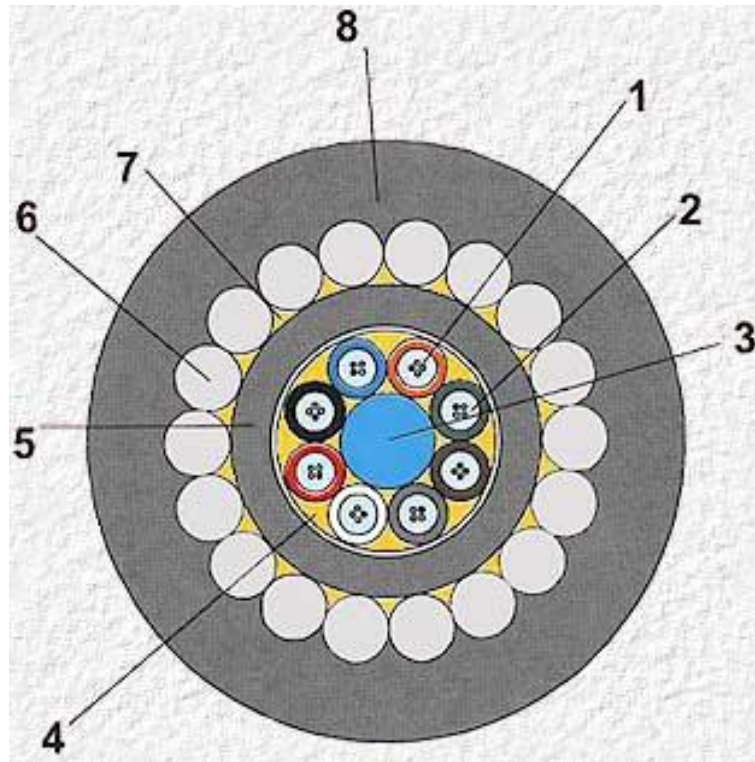


Рисунок 4 – Конструкція кабелю ОКБ-М8П-10-0,22-8: 1- оптичне волокно, 2- всередині модульний гідрофобний заповнювач, 3- центральний силовий елемент: склопластиковий прут, 4- між модульний гідрофобний заповнювач, 5- проміжна оболонка із поліетилену, 6- броня із сталевого оцинкованого дроту, 7- гідрофобний 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 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						25
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 α_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 α_k в реальних умовах становить 0,1-0,3 дБ/км. Власні втрати α_v складаються з трьох складових: ослаблення за рахунок поглинання α_n ; ослаблення за рахунок наявності в матеріалі оптичного волокна сторонніх домішок α_d ; ослаблення за рахунок втрат на розсіювання α_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 λ - 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:

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

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

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Чим більше коефіцієнт загасання, тим менше довжина регенераційної ділянки.

Розрахунок дисперсії і пропускної здатності оптичного волокна.

Смуга частот ΔF , 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 ΔF обмежена. Це обумовлено тим, що сигнал на інший кінець приходить спотвореним внаслідок розходження фаз його складових. Дане явище оцінюють величиною розширення τ_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 $\lambda = 1,33\text{ мкм}$, $M(\lambda) = -5\text{ пс}/(\text{км}\cdot\text{нм})$ та $X(\lambda) = 8\text{ пс}/(\text{км}\cdot\text{нм})$.

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

Тепер можна знайти пропускну здатність оптичного волокна за формулою:

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

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

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6 Розрахунок довжини ділянки регенерації

Довжина регенераційної ділянки визначається двома параметрами: загасанням і дисперсією оптичного волокна, тому розрахунок необхідно проводити з урахуванням даних параметрів.

Довжина регенераційної ділянки по загасанню розраховується за формулою:

$$l_p \leq \frac{(p_0 - p_{k \min} - \alpha_n - 2 \cdot \alpha_p) \cdot l_c}{\alpha_n + \alpha \cdot l_c},$$

де α_n - втрати в нероз'ємних з'єднувачах;

α_p - втрати в роз'ємних з'єднувачах;

l_c - будівельна довжина кабелю;

α - коефіцієнт загасання;

p_0 - потужність сигналу на виході регенератора;

$p_{k \min}$ - мінімальна потужність сигналу на вході фотоприймача.

$$l_p \leq \frac{(6 + 58 - 0,4 - 2 \cdot 1,8) \cdot 5}{0,4 + 0,64 \cdot 5} = \frac{300}{3,6} = 83,3 \text{ км.}$$

Довжина регенераційної ділянки по дисперсії визначається за формулою:

$$l_p \leq \frac{1}{2 \cdot f_t \cdot \tau_u},$$

де f_t - тактова частота системи передачі ($f_t = 622,08$ МГц);

τ_u - дисперсія оптичного волокна.

$$l_p \leq \frac{1}{2 \cdot 622,08 \cdot 10^6 \cdot 6 \cdot 10^{-12}} = 133,96 \text{ км}$$

З отриманих значень вибираємо найменшу довжину, отже, довжина регенераційної ділянки повинна бути не більше 83,3 км.

Кількість регенераційних ділянок для кожної секції КП-ОРП визначається за формулою:

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{рд} = \frac{l_{кп-орп}}{l_{рд}},$$

де $l_{кп-орп}$ - довжина однієї секції регенерації, км;

$l_{рд}$ - довжина ділянки регенерації, км.

Розрахуємо число регенераційних ділянок для секції КП1-ОРП2:

$$n_{рд} = \frac{43}{83,3} = 0,52.$$

Розрахуємо число регенераційних ділянок для секції ОРП2-ОРП3:

$$n_{рд} = \frac{55}{83,3} = 0,66.$$

Розрахуємо число регенераційних ділянок для секції ОРП3-ОРП4:

$$n_{рд} = \frac{41}{83,3} = 0,49.$$

Розрахуємо число регенераційних ділянок для секції ОРП4-КП5:

$$n_{рд} = \frac{42}{83,3} = 0,5.$$

У зв'язку з вкрай малою протяжністю траси кожної секції і прийнятними показниками дисперсії та загасання немає необхідності НРП на проєктованій ділянці. Таким чином, проєктована траса для кожної секції є однією ділянкою регенерації.

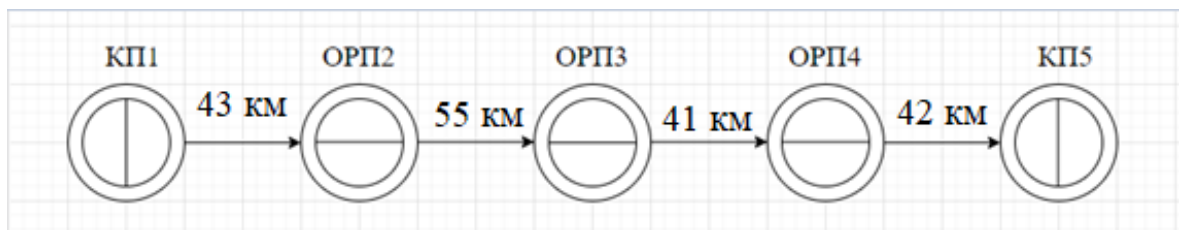


Рисунок 5 – Схема розміщення обслуговуваних регенераційних пунктів

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.

Прокладка волоконно-оптичного кабелю у ґрунт. Це найбільш поширений спосіб прокладки ВОЛЗ в місцях з відсутністю кабельної каналізації. На жаль, такий спосіб дорожче повітряної прокладки кабелю і займає більше часу.

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк. 30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Але основною перевагою такої лінії зв'язку перед іншими є перевага в кілька разів по надійності.

Прокладка волоконно-оптичного кабелю здійснюється в ґрунтах всіх категорій, за винятком ґрунтів, схильних до мерзлотних деформацій. Прокладка оптичного кабелю в ґрунт здійснюється при температурі навколишнього повітря не нижче -10°C . Прокладка ВОЛЗ у відкритий ґрунт передбачає використання броньованого кабелю. Товщина броні залежить від структури ґрунту і зараженості її гризунами.

Існує два базових способи прокладки оптоволоконного кабелю в ґрунт: це або укладання кабелю в траншею (траншейний спосіб), або використовується безтраншейний спосіб за допомогою кабелеукладачів або установок горизонтально направленої буріння.

Траншейний спосіб прокладки ВОЛЗ в ґрунт застосовується найчастіше при монтажі групи кабелів, при цьому ширина траншеї може бути такою, що транспортний засіб (трактор) може поміститися безпосередньо всередині траншеї. Прокладаються кабелі в землю також і в звичайні траншеї, шириною близько 50 см, а також в міні-траншеї. Останні мають ширину близько десяти сантиметрів. Вони використовуються при прокладанні ВОЛЗ в землі на котеджних ділянках і газонах. Глибина прокладки кабелю таким способом не велика, проте при цьому не псується зовнішній вигляд ділянок.

Недоліком цього способу є його трудомісткість і мала продуктивність. Як правило, траншейний спосіб застосовують, коли за умовами місцевості неможливо використовувати кабелеукладач. Пристрій траншеї виконується механізмами (екскаватором) або вручну, якщо кабельна траса проходить в місцях, де немає можливості або заборонено використовувати важку техніку. Кабель укладається на підготовлену подушку на дні траншеї. Зворотне засипання траншеї проводиться вибитим ґрунтом вручну або механізмами пошарово (товщина кожного шару 200 мм) із закладенням в траншею сигнальної стрічки.

Найпоширенішим і економічним способом безтраншейної прокладки ВОЛЗ є прокладка броньованого кабелю в землю за допомогою ножового

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кабелеукладача, завдяки високій швидкості механізованого процесу і досить високій швидкості укладання (рис.6). В основному ця технологія використовується при наявності плавно змінюючого рельєфу місцевості і відносно нескладних ґрунтів, до того ж на тих напрямках, де найближчим часом різкого збільшення трафіку, що вимагає прокладки нових кабелів, не передбачається.

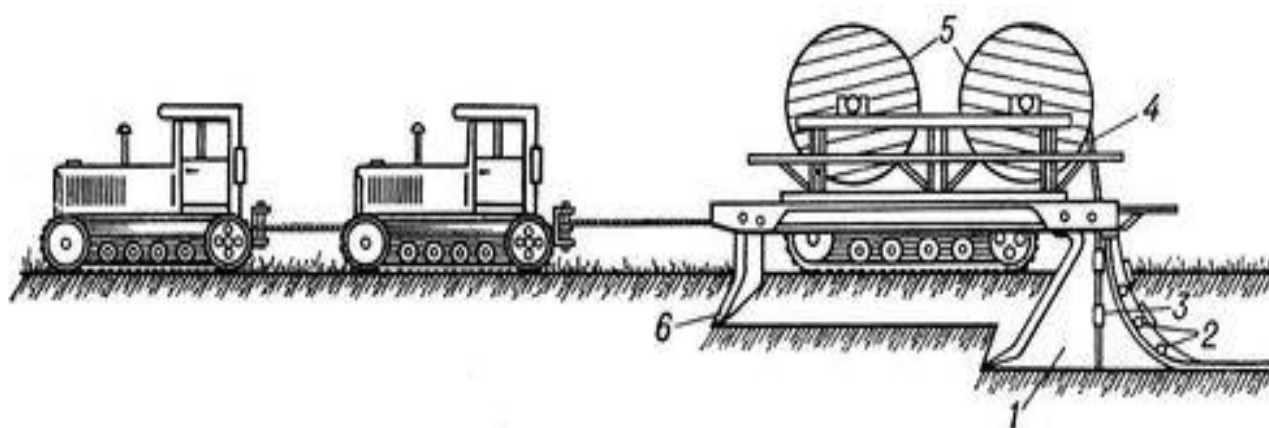


Рисунок 6 – Прокладка оптичного кабелю ножовим кабелеукладачем: 1- робочий ніж; 2- ролики для зменшення тертя кабелю всередині касети; 3- касета; 4- кабель; 5- барабани на яких намотані кабелі; 6- передній ніж.

Цим способом забезпечується оптимальна глибина залягання траси (близько 1,2 метра). Технологія виконання робіт передбачає прорізання кабелеукладачем в ґрунті вузької щілини і укладання на її дно кабелю. Прокладка в ґрунт ведеться за спеціально розробленою схемою для оптоволоконного кабелю. Щоб зменшити високі механічні навантаження (поздовжнє розтягання, поперечне стиснення, вигин, вібрація) на кабель, що виникають на шляху його руху від барабана до виходу з кабеленаправляючої касети, створюється примусове обертання барабана і не допускається засмічення касети кабелеукладаючого ножа при здійсненні укладання кабелю в ґрунт.

За процесом укладання ведеться безперервний контроль, що передбачає дотримання наступних технологічних параметрів: незмінна швидкість укладання;

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

постійний нахил кабелеукладача; виняток різких вигинів кабелю; недопущення перевищення допустимого розтягування оптоволоконного кабелю.

На деяких ділянках можливе комбінування технологій. У місцях переходу через автодороги, залізниці, а так само річки, яри і болота використовується горизонтально-направлене буріння. На цих ділянках кабель прокладається в закладені труби.

При будь-якому способі прокладки кабелю безпосередньо в ґрунт в місцях стикування будівельних довжин відриваються котловани для розміщення оптичних муфт і запасу оптики. Запас повинен забезпечувати можливість подачі муфти в зону зручну для організації робочого місця монтажників. Для з'єднання будівельних довжин використовуються оптичні муфти. Для забезпечення можливості вимірювання опору ізоляції зовнішніх оболонок на кожній будівельній довжині або на ділянках з декількох будівельних довжин з муфт в контейнер проводів заземлення виводяться дроти заземлення, з'єднані з бронєю. У контейнер за допомогою перемичок можна з'єднувати броню волоконно оптичного кабелю, а при необхідності знімати перемички і проводити вимірювання опору ізоляції.

Прокладка волоконно-оптичного кабелю в кабельній каналізації.

Прокладання оптичних кабелів зв'язку в кабельної каналізації виробляють як ручним, так і механізованим способами з використанням типових механізмів і пристосувань. При цьому завжди необхідно строго дотримувати наступну вимогу: посилення тяжіння, радіус вигину, температура під час прокладки і допустиме здавлююче зусилля повинно відповідати вимогам технічних умов на прокладений кабель, щоб уникнути розриву і прихованих пошкоджень волокон.

Кабельна каналізація складається з трубопроводу і колодязів (рис.7). Кабель прокладається в кабельний трубопровід, а можливі з'єднання робляться в кабельних колодязях або кабельних шахтах. Оглядові колодязі мають люки. Всю каналізацію розташовують під землею, а на поверхню виводять тільки люки оглядових колодязів, закриті чавунними кришками, під якими розташовані сталеві закриваючі кришки.

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед прокладанням кабелю в кабельній каналізації проводиться перевірка на прохідність її каналів і, якщо потрібно, ремонт каналізації, а також ремонт і дооснащення кабельних колодязів. Для більш ефективного використання каналів кабельної каналізації і можливості прокладки оптики в одному каналі з мідними кабелями в них прокладаються захисні поліетиленові труби.

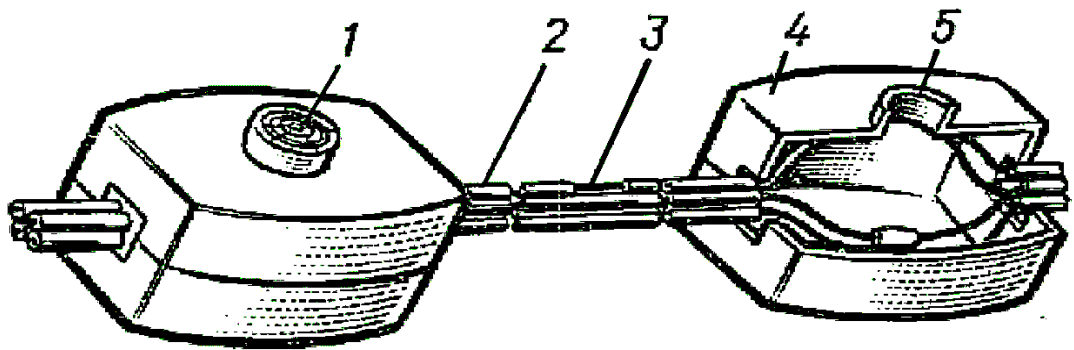


Рисунок 7 – Кабельна каналізація: 1- чавунні кришки; 2- трубопроводи; 3- кабель; 4- оглядові колодязі; 5- люки.

Прокладка в кабельній каналізації виконується переважно методом затягування вручну чи за допомогою лебідок. При прокладанні оптоволокна в захисних трубах можливе застосування методу проштовхування.

На складних ділянках траси і при наявності великих будівельних довжин кабелю, його прокладку роблять в два напрямки з одного з транзитних колодязів (бажано кутового), розташованого приблизно на третині довжини траси. Спочатку доцільно прокласти велику довжину кабелю, потім що залишився на барабані розмотати, укласти «вісімкою» біля колодязя і далі прокласти в іншу сторону.

Будівельні довжини оптичного кабелю з'єднуються за допомогою прохідних або тупикових оптичних муфт різних конструкцій. Конкретний тип муфт визначається виходячи з умов розміщення в колодязі і вказується в проектній документації.

У разі затягування оптичного кабелю за допомогою тягового або лебідочного механізму, в місці введення кабелю в колодязь, використовується

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роликовий механізм, для запобігання пошкодження кабелю. Швидкість протягання кабелю не повинна перевищувати 30 м/хв. У прохідних колодязях кабель викладається по стінках і підв'язується на консолі кабельними стяжками. Місце введення оптичного кабелю в кабельний колодязь герметизується прохідним сальником, для запобігання затоплення. В кінцевих колодязях залишається достатній кабельний запас для монтажу оптичних муфт з виносом кабелю в спеціалізований автомобіль (оптична лабораторія), в якому проводиться оптичне вимірювання і зварювання волокон.

Підвіска волоконно-оптичного кабелю. Варіанти підвіски волоконно-оптичного кабелю мають ряд переваг в порівнянні з іншими способами будівництва: відсутність необхідності відведення земель і погоджень з зацікавленими організаціями; зменшення термінів будівництва; зменшення кількості пошкоджень в районах міської забудови та промислових зон; зниження капітальних і експлуатаційних витрат в районах з важкими ґрунтами.

Підвіска волоконно-оптичних кабелів здійснюється на вже встановлених опорах і не вимагає ретельної підготовки траси прокладки, тому більш технологічна і простіша, ніж прокладка в ґрунт.

Для прокладки ВОЛЗ методом підвішування до опор часто використовують підвіску оптоволоконного кабелю до сталевго троса, який натягується між опорами на консолях. Застосовується також підвіска оптоволоконного кабелю з вбудованим тросом на консолях спеціальної конструкції.

При підвісці оптоволоконного кабелю до сталевго троса кожна консоль кріпиться до опори за допомогою спеціальних шурупів. З урахуванням нормальної стріли провисання висота установки консолей повинна бути така, щоб відстань від рівня землі до найнижчої точки кабелю становив 4,5 м і більше. До тросу оптоволоконний кабель кріпиться за допомогою підвісів, виконаних з оцинкованої тонколистової сталі. Такі підвіси повинні вільно переміщатися по сталевому тросу і щільно охоплювати оптоволоконний кабель.

У разі підвіски оптоволоконного кабелю, в який вбудований несучий трос, застосовується стандартна арматура і підтримуючий затискач. Для натяжного

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кріплення самонесучого оптоволоконного кабелю застосовують спіральні затискачі.

Найбільш важлива відмінність прокладки шляхом підвісу волоконно-оптичних кабелів від інших способів полягає в тому, що місця зварювання двох будівельних довжин повинні розташовуватися на опорі разом з технологічним запасом кабелю, достатнім для спуску з опори, а також для відновлювальних робіт у разі аварійних ситуацій на лінії . Зварювання будівельних довжин волоконно-оптичного кабелю завжди виконується в монтажному автомобілі або наметі. Це обумовлює необхідність резервування великих довжин технологічного запасу, ніж при прокладці в ґрунт. Крім того, необхідно приділити увагу надійному закріпленню запасу, оскільки перебування на опорі пов'язане з постійним впливом вітрових навантажень.

Прокладка ВОЛЗ через водні перешкоди (по дну) - найбільш витратний спосіб прокладки оптоволоконного кабелю. Якщо мова йде про перетин річки, то при наявності моста прокладка кабелю виконується по ньому, а при його відсутності застосовується підвіска з використанням повітряних опор або ж по дну водойми. Так, як середовище прокладки ВОЛЗ може змінюватись (була земля, а стала вода, або повітря) то тип кабелю теж відповідно повинен змінюватись. На березі встановлюється оптична муфта, в якій зварюється броньований оптичний кабель для прокладки в відкритому ґрунті з самонесучим оптичним кабелем для підвіски на опорах над річкою, або підводним, для прокладки ВОЛЗ по дну водних перешкод. У місцях розташування з'єднувальних муфт організуються технологічні запаси кабелю.

В даному проектуванні при будівництві оптичної лінії передачі між городами Суми-Шостка буде використовуватись прокладка оптичного кабелю у ґрунт за допомогою ножового кабелеукладача, у місцях переходу через автодороги, залізниці за допомогою установок горизонтально-направленого буріння, при перетині річки прокладка кабелю по мосту, у населених пунктах прокладка в кабельній каналізації.

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Монтаж оптичних кабелів

Монтаж оптичних кабелів - найбільш відповідальна операція, яка зумовлює якість і дальність зв'язку по ВОЛЗ. З'єднання волокон і монтаж кабелів виробляються як в процесі виробництва, так і при будівництві та експлуатації кабельних ліній.

Оптичні кабелі виробляються певної довжини, яка називається будівельної. В даному проекті вона становить 5 км. Довжина оптичної лінії перевищує будівельну, тому оптичні кабелі, прокладені в траншеї, необхідно зрощувати. Для зрощування кінці кабелю розправляються за допомогою спеціального набору інструментів для монтажу волоконно-оптичного кабелю відповідно до інструкції по монтажу обраного типу оптичної муфти. Спочатку знімається шлангове покриття і звільняються оптичні модулі, потім знімається ізоляція з модулів на відстані 0,5-2,0 м. Далі волокна готують до монтажу, знімаючи гідрофобний заповнювач. Оптичні волокна з'єднують між собою методом зварювання спеціальними зварювальними апаратами. Перед зварюванням на волокна одягають комплект для захисту зварних стиків - пристрої для захисту місць зварювання від механічних пошкоджень і роблять сколювання волокна сколювачем оптичних волокон.

Для з'єднання оптичних волокон в даний час використовуються різні методи. Найбільшого поширення набув метод зварювання оптичного волокна, як найбільш надійний і не викликає великих втрат. Цей метод буде використовуватись для проектованої ВОЛЗ. Після сколювання волокна заряджають в зварювальний апарат та роблять зварювання.

Після зварювання на це місце насувають комплект для захисту зварних стиків і поміщають його в термпіч, яка є в зварювальному апараті. Сполучені таким чином оптичні волокна укладають і закріплюються стяжками в спеціальних касетах, а вони в свою чергу встановлюються всередині муфти. Далі силовий прут закріплюється затискачами, а місця введення волоконно-оптичного кабелю в

					ЕлІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

муфту герметизуються за допомогою заздалегідь одягнених на кабель термо трубок і фена.

Муфти забезпечують розміщення технологічного запасу волоконних світловодів, укладання захисних гільз на спеціальних касетах і захист їх від механічних пошкоджень, запобігання внутрішнього обсягу оптичних кабелів від впливу вологи. Змонтовані муфти вкладаються в колодязях кабельної каналізації, є варіанти, що допускають укладання безпосередньо в ґрунт.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Волоконно-оптичні лінії зв'язку на сучасному етапі розвитку техніки є найбільш досконалим середовищем для передачі інформації за рахунок своїх достоїнств, до яких відносяться: низькі втрати, велика пропускна здатність, мала маса і габаритні розміри, високий ступінь захищеності від зовнішніх і взаємних перешкод.

В даний час через оптичне волокно отримані сумарні рекордні швидкості передачі. Тому використання для організації зв'язку волоконно-оптичних ліній є єдиним перспективним рішенням для первинної мережі, альтернативи якому на даному етапі розвитку техніки немає.

В ході проектування оптичної лінії передачі між містами Суми та Шостка було проведено аналіз волоконно-оптичної лінії зв'язку; був проведений розрахунок кількості каналів передачі між містами, який дорівнює 5912 каналів; розрахована необхідна швидкість передачі даних, яка складає 403,456 Мбіт/с.; був зроблений вибір системи передачі - FlexGain A155 та кабелю - ОКБ-М8П-10-0,22-8; в якості базової технології мережі була обрана технологія SDH з потоком STM-4; був зроблений вибір траси з найменшою кількістю перешкод; розрахована довжина регенераційних ділянок.

У технологічному розділі було розглянуто способи прокладки волоконно-оптичних кабелів та монтаж волоконно-оптичної лінії зв'язку. В даному проектуванні при будівництві оптичної лінії передачі між городами Суми-Шостка буде використовуватись прокладка оптичного кабелю у ґрунт за допомогою ножового кабелеукладача, у місцях переходу через автодороги, залізниці за допомогою установок горизонтально-направленого буріння, при перетині річки прокладка кабелю по мосту, у населених пунктах прокладка в кабельній каналізації.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. О.В. Бондаренко П.П. Будівництво та монтаж ВОСП // О.В. Бондаренко П.П. Воробієнко, В.В. Андрєєв, І.М. Панюта // Одеса, 2014. – 192 с.
2. Фокин В.Г. «Проектирование оптической сети доступа» / Учебное пособие, Новосибирск 2015, 319 с.
3. Фриман, Р. Волоконно-оптические системы связи/ Р. Фриман. – М.:Техносфера, 2015. – 512 с.
4. Волоконно-оптична лінія передачі: [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Волоконно-оптична_лінія_передачі
5. Карта автодоріг України: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://routes.in.ua/maps-ukraine/>
6. Harstead E., van Heyningen P. H. «Optical Access Networks», Chap. 10 in «Optical Fiber Telecommunications», Vol. IVB, 2002, pp. 438–513.
7. Бондаренко О. В. Розрахунок конструкції та визначення параметрів передачі кабелю електрозв'язку: Методичні вказівки до виконання комплексної роботи з дисципліни «Напрямні системи електричного та оптичного зв'язку». – Одеса: ОНАЗ ім.. О. С. Попова, 2016 – 78 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.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.524 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		