

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

«Проектування волоконно-оптичної лінії зв'язку Суми-Юнаківка»

Завідувач кафедри

А. С. Опанасюк

Керівник кваліфікаційної роботи

О. В. Д'яченко

Виконав студент гр. ТК-81

П. Ю. Постоєнко

Сумський Державний Університет

Факультет ЕЛІТ

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки
Спеціальність 172 «Телкомунікації та радіотехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри Опанасюк А.С.

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра
студенту **Постоєнку Павлу Юрійовичу**

1 Тема роботи: «Проектування волоконно-оптичної лінії зв'язку

Суми-Юнаківка»

затверджено наказом по кафедрі від «12» квітня 2022 р. № 0241-VI

2. Термін здачі студентом закінченої роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: 1.Максимальна довжина траси до 100 км.

2. Передача інформації на базі оптичного кабелю. 3.Максимальна кількість

каналів зв'язку 8000. 4. Кількість типів каналів передачі – 7. 5.Основний

спосіб прокладки кабелю – у ґрунт. 6. Довжина хвилі оптичного волокна –

1550 нм.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які

підлягають розробці) 1. Вибір траси волоконно-оптичної лінії зв'язку. 2.

Розрахунок числа каналів на магістралі. 3. Розрахунок ослаблення сигналу в

оптичному волокні. 4. Розрахунок дисперсії і пропускну здатності оптичного

волокна. 5. Визначення довжини регенераційної ділянки. 6. Опис будівельно-

монтажних процесів під час прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку.

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

Презентація із 10 слайдів

Дата видачі завдання: 15 січня 2022 р.

Завдання прийняв до виконання: _____ Постоєнко П.Ю.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Огляд літератури відповідно до теми дослідження	31.03.2022	
2	Аналіз виявленої літератури	07.04.2022	
3	Опис кінцевих пунктів та вибір траси волоконно-оптичної лінії	15.04.2022	
4	Розрахунок проектованої траси	25.04.2022	
5	Опис будівельно-монтажних процесів під час прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку	01.05.2022	
6	Проектування монтажу оптичного кабелю зв'язку	15.05.2022	
7	Структуризація всього матеріалу та оформлення кваліфікаційної роботи	01.06.2022	
8	Представлення кваліфікаційної роботи для захисту	10.06.2022	

Студент

Постоєнко П. Ю.

Керівник кваліфікаційної роботи

Д'яченко О. В.

«15» січня 2022 р.

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі бакалавра спроектовано волоконно-оптичну лінію зв'язку Суми – Юнаківка.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з чотирьох розділів, містить 50 сторінок тексту, 7 малюнків, 6 таблиць, графічний матеріал у вигляді презентації з 10 слайдів.

У першому розділі надається опис кінцевих пунктів спроектованої траси та обирається маршрут прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку.

У другому розділі проведено розрахунок спроектованої траси. А саме розраховано число каналів на магістралі та на підставі отриманих результатів обрано систему передачі і кабель. Потім визначено числову апертуру, нормовану частоту, ослаблення сигналу та дисперсію оптичного волокна. Наприкінці обчислено довжину регенераційної ділянки спроектованої траси та зроблений висновок про необхідність встановлення регенераційних пунктів.

У третьому розділі описані будівельно-монтажні процеси під час прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку: способи прокладання захисної труби та оптичного кабелю.

У четвертому розділі йдеться про монтаж оптичного кабелю зв'язку, монтаж оптичної розподільної коробки.

У кінці пояснювальної записки зроблені висновки та приведений перелік літературних джерел.

Кількість літературних джерел – 11

ЗМІСТ

Список умовних позначок.....	5
Вступ.....	6
1 Опис кінцевих пунктів та вибір траси волоконно-оптичної лінії зв'язку	8
1.1 Характеристика кінцевих пунктів	8
1.2 Вибір траси волоконно-оптичної лінії зв'язку.....	9
2 Розрахунок проекрованої траси	11
2.1 Розрахунок числа каналів на магістралі	11
2.2 Вибір системи передачі та кабелю	13
2.3 Розрахунок числової апертури і нормованої частоти	19
2.3.1 Розрахунок ослаблення сигналу в оптичному волокні	20
2.3.2 Дисперсія і пропускна здатність оптичного волокна.....	23
2.3.3 Визначення довжини регенераційної ділянки	24
3 Опис будівельно-монтажних процесів під час прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку.....	27
3.1 Прокладання волоконно-оптичного кабелю	27
3.2 Прокладання захисних труб.....	29
3.3 З'єднання захисних труб та оптичного кабелю.....	31
3.4 Прокладання кабелю у поліетиленові труби.....	32
3.5 Прокладка волоконно-оптичного кабелю у ґрунт	32
3.6 Прокладка волоконно-оптичного кабелю в кабельній каналізації	34
3.7 Позначення траси прокладки кабелю	35
3.8 Перетинання проекрованої волоконно-оптичної лінії зв'язку з перешкодами.....	36
3.9 Спосіб проколу ґрунту з використанням пневмопробійника.....	38
3.10 Спосіб проколу ґрунту з використанням установок горизонтально-спрямованого буріння.....	38
4 Монтаж оптичного кабелю зв'язку	40

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ					
					Проектування волоконно-оптичної лінії зв'язку Суми-Юнаківка. Пояснювальна записка.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				Літ	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Постоєнко								45
Перевір.		Д'яченко								
Реценз.										
Н. Контр.					СумДУ, гр. ТК-81					
Затвердж.		Опанасюк								

4.1 Монтаж оптичних кабелів.....	41
4.2 Монтаж оптичної розподільної коробки	41
Висновки	45
Література	47
Додаток А «Схемотехнічна карта міста Суми»	48
Додаток Б «Схемотехнічна карта села Юнаківка»	49
Додаток В «Маршрут прокладання траси Суми – Юнаківка»	50

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування волоконно- оптичної лінії зв'язку Суми-Юнаківка. Пояснювальна записка.	Літ	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Постоєнко						45
Перевір.		Д'яченко						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затвердж.		Опанасюк					СумДУ, гр. ТК-81	

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК

ОВ - оптичне волокно

ОК - оптичний кабель

ВОЛЗ - волоконно-оптична лінія зв'язку

PDH - плезіохронна цифрова ієрархія SDH - синхронна цифрова ієрархія

АТМ - асинхронний спосіб передачі даних

STM - синхронний транспортний модуль

КТЧ - канали тональної частоти

TDM - мультиплексування з часовим поділом

ПЕ - поліетилен

ОРП - обслуговуваний регенераційний пункт

НРП – не обслуговуваний регенераційний пункт

КП - кінцевий пункт

ПНТ - поліетилен низького тиску

ЗПТ - захисна поліетиленова труба

ГСБ - горизонтально-спрямоване буріння

ОРК - оптична розподільна коробка

БРМ - будинкова розподільна мережа

OLT - оптичний лінійний термінал

ONT - оптичний мережевий термінал

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						5
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Одним з найбільш перспективних і розвиваючих напрямків побудови мережі зв'язку у світі є волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ). В області систем передачі інформації з великим інформаційним потоком та високою надійністю роботи ВОЛЗ не має рівних. Такі мережі значно перевершують дротяні. Перевага ОВ у пропускній здатності, довжині регенераційної ділянки та перешкодозахищеності.

Темпи розвитку сучасного суспільства потребують відповідних можливостей у передачі інформації. Однозначно є те, що у всіх країнах з розвитком інфраструктури, вимоги до зв'язок збільшилися. Зв'язок (телекомунікації) відіграє значну роль як засіб обміну інформацією і як потужний каталізатор науково-технічного прогресу, підвищення добробуту і процвітання держави.

В останні роки телекомунікаційний світ стикається з динамічно зростаючим попитом на частотні ресурси. Ця тенденція пов'язана зі збільшенням числа користувачів Internet, зі зростаючою потребою у взаємодії міжнародних операторів, у збільшенні обсягів переданої інформації.

Смуга пропускання із розрахунку на одного користувача стрімко росте. Для задоволення потреб користувачів постачальникам зв'язку при побудові інформаційних мереж змушені використовувати волоконно-оптичні кабельні системи. Це стосується побудови протяжних телекомунікаційних магістралей і локальних обчислювальних мереж.

Оптичне волокно на сьогодні вважається найдосконалішим фізичним середовищем для передачі інформації. Воно є самим перспективним середовищем для передачі великих потоків інформації на значні відстані. Не залишилося місця, де б не застосовувалася волоконна оптика, пов'язана з передачею інформації. Обсяги інсталяцій ВОЛЗ значно зросли. У міжрегіональному масштабі виділяється будівництво волоконно-оптичних мереж синхронної цифрової ієрархії (SDH). По всьому світу за рік прокладаються десятки тисяч кілометрів волоконно-оптичних кабелів під

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						6
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

землею, по дну річок, морів, в тунелях та в повітрі. Метою кваліфікаційної роботи є проектування лінії зв'язку між містом Суми та селом Юнаківка на основі волоконно-оптичних кабелів. Тому особливу увагу приділено будівництву ВОЛЗ. Здійснення проекту дозволить вивести на новий якісно новий рівень інформаційного забезпечення підприємств, шкіл, дитячих садочків та пересічних громадян.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						7
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОПИС КІНЦЕВИХ ПУНКТІВ ТА ВИБІР ТРАСИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ

1.1 Характеристика кінцевих пунктів

Суми – місто розташоване в північно-східній частині України, обласного значення з поділом на два райони: Ковпаківський і Зарічний. Площа міста — 95,4 квадратних км. Розвинута транспортна інфраструктура автомобільна та залізнична. Основні галузі діяльності: хімічна, машинобудівельна, металообробна, нафтохімічна, легка, харчова, лісова та деревообробна, будівельна. У виробничій сфері ведуть діяльність 3 229 підприємств, задіяні 52,5 тис. осіб. На 14705 підприємствах малого бізнесу працює 26,7 тис. осіб.

Основна продукція, яка випускається у місті: мінеральні добрива, товари хімічної промисловості, обладнання для нафтового та газового комплексу, насоси різного призначення, прилади, засоби автоматизації, лакофарбові вироби, гумотехнічна продукція, будівельні матеріали, тротуарна плитка, асфальтобетон, меблі, швейні вироби, господарські та продовольчі товари народного споживання. Станом на 1.01.2022 р. за оцінкою Головного управління статистики у Сумській області чисельність населення у місті Суми становить 256474 чоловіка. Схемотехнічна карта міста Суми наведена у додатку А.

Юнаківка – село розташоване у Сумському районі Сумської області. Воно знаходиться біля витоків річки Локня, а нижче за течією – село Локня. Навколо Юнаківки проходять магістральні газопроводи та траса національного значення Київ – Суми – Юнаківка – Курськ. Ця траса з'єднує Курськ та Суми. Від села до російського кордону шість кілометрів. На кордоні знаходиться міжнародний автомобільний пункт пропуску «Юнаківський».

Село було засноване у 1685 р. вихідцями з Волині. Одним із перших власників села був сотник Юнок С., за прізвищем якого утворилась назва.

Відстань до обласного центру становить 41,7 км (автошлях Н07). Станом на 14.04.2022 р. за оцінкою органу місцевого самоврядування — Юнаківська

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						8
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

сільська рада чисельність населення у селі становить 1741 особа. Схемотехнічна карта села Юнаківка наведена у додатку Б.

1.2 Вибір траси волоконно-оптичної лінії зв'язку

Траса прокладки кабелю ВОЛЗ залежить від відстані між кінцевими пунктами та впливає на вибір волоконно оптичного кабелю.

Основні вимоги, які слід враховувати при виборі траси – звести матеріальні та експлуатаційні витрати до мінімальних не ігноруючи зручність обслуговування. Для забезпечення зазначених вище вимог слід враховувати наступні показники: протяжність траси, наявність річок, залізних і шосейних доріг та складність їх перетину, наявність трубопроводів і газопроводів, ландшафт місцевості, склад ґрунтів та глибину залягання ґрунтових вод, наявність умов для застосування механізованих будівельно-монтажних робіт з урахуванням джерел блукаючих токів і ліній електропередач. Також враховують наявність житла з метою розміщення обслуговуючого персоналу. Обирають трасу із найліпшою відстанню між кінцевими пунктами з мінімальною кількістю перешкод. За межами населених пунктів трасу вибирають вздовж автомобільних доріг із додержанням вимог земельного законодавства України. Проаналізувавши наявність перешкод та автомобільних доріг між населеними пунктами Суми – Юнаківка по атласу автодоріг України, обираємо найбільш раціональний варіант прокладки кабелю уздовж узбіччя автошляху Н07 у напрямку до села Юнаківка. Відстань між населеними пунктами 43,7 км.

Загальна довжина ВОЛЗ з урахуванням коефіцієнтів на додаткові витрати кабелю складає 45 км. Траса пролягає через такі населені пункти: Суми – Верхнє Піщане – Стецьківка – Кияниця – Юнаківка. Маршрут прокладання траси наведений у додатку В.

Траса через населені пункти Суми – Велика Чернеччина – Кияниця – Юнаківка меншої протяжності (40,6 км), але має більше перетинів із

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						9
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

водоймами та автомобільними дорогами, що призведе до збільшення матеріальних, людських та фінансових витрат.

У місті Суми прокладка буде відбуватися у кабельні каналізації, за межами міста – переважно безтраншейним способом за допомогою кабелеукладача і проходити паралельно шосейним дорогам. Прокладання кабелю зв'язку через перешкоди буде здійснюватися пневмопробійником та установками горизонтально спрямованого буріння (ГСБ). Автошлях Н07 – автомобільний шлях національного значення, який сполучає Київ – Курськ та проходить через територією Сумської області. При виборі маршрути траси враховано мінімум перетинів з ріками, ставками, іншими водоймами, шосейними дорогами.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						10
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРАХУНОК ПРОЕКТОВАНОЇ ТРАСИ

2.1 Розрахунок числа каналів на магістралі

Кількість каналів, що зв'язують кінцеві пункти, залежить від чисельності користувачів лініями зв'язку. Беручи до уваги телефонні канали міжміського зв'язку визначають спочатку кількість телефонних каналів між заданими кінцевими пунктами. Для розрахунку кількості телефонних каналів використовують наближену формулу:

$$n_{mf} = \alpha_1 * f_1 * y * \frac{m_a m_b}{m_a + m_b} + \beta_1,$$

де α_1, β_1 – постійні коефіцієнти, що відповідають фіксованій доступності і заданим втратам, $\alpha_1 = 1,3, \beta_1 = 5,6$;

f_1 – коефіцієнт тяжіння, $f_1 = 0,05$;

y – питоме навантаження, тобто середнє навантаження, що створюється одним абонентом, $y = 0,05$ Ерл;

m_a, m_b – кількість абонентів, що обслуговуються автоматичною міжміською телефонною станцією (АМТС), визначається залежно від чисельності населення, яке проживає в зоні обслуговування. Приймаючи середній коефіцієнт оснащення населення телефонними апаратами в межах від 0,4 до 0,8, кількість абонентів у зоні АМТС можна визначити за формулою:

$$m = \gamma * N,$$

де γ – коефіцієнт оснащення населення телефонними апаратами;

N – кількість населення, чол.

-Для міста Суми $N_{\text{Суми}} = 256474$ чол.

Для села Юнаківка $N_{\text{Юнаківка}} = 1741$ чол.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						11
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо кількість абонентів, що обслуговуються тією чи іншою кінцевою АМТС. Середній коефіцієнт оснащеності населення телефонними апаратами у прийємо за 0,7.

Для м. Суми:

$$m_a = x * N_{\text{Суми}} = 0,7 * 256474 = 179532 \text{ чол.}$$

Для с Юнаківка:

$$m_b = x * N_{\text{Юнаківка}} = 0,7 * 1741 = 1219 \text{ чол.}$$

Звідси знайдемо кількість телефонних каналів тональної частоти (КТЧ):

$$n_{\text{тф}} = 1,3 * 0,05 * 0,05 * \frac{179532 * 1219}{179532 + 1219} + 5,6 \approx 10 \text{ ктч.}$$

Загальне число каналів між двома пунктами визначається сумою:

$$n_{\text{заг}} = n_{\text{тф}} + n_{\text{пд}} + n_{\text{тв}} + n_{\text{інт}} + n_{\text{ор}} + n,$$

-де $n_{\text{тф}}$ – число двосторонніх каналів для телефонного зв'язку;

$n_{\text{пд}}$ – число каналів передачі даних;

- $n_{\text{тв}}$ – число телевізійних каналів;

$n_{\text{інт}}$ – число каналів мережі Internet;

$n_{\text{ор}}$ – число каналів для оренди;

$n \approx n_{\text{тф}}$ – число каналів для дротового мовлення, транзитних каналів.

Беручи до уваги реалі сьогодення потреба в передачі даних зростає, ніж потреба в телефонних каналах, тому число каналів передачі даних прийємо як $n_{\text{пд}} = 1.3 * n_{\text{тф}}$. Для мережі Internet виділимо 4500 ктч, для оренди –1000

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						12
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

кТЧ та двосторонній телевізійний канал займе 1600 кТЧ. Тоді загальне число каналів складе:

$$n_{\text{заг}} = 2 * n_{\text{ТФ}} + n_{\text{ПД}} + n_{\text{ТВ}} + n_{\text{ІНТ}} + n_{\text{ОР}} + n.$$

Підставимо чисельні значення в формулу та отримаємо:

$$n_{\text{заг}} = (2 + 1,3) * 10 + 4500 + 1000 + 1600 = 7143 \text{ кТЧ.}$$

Далі необхідно визначити швидкість передачі даних B .

Пропускна здатність одного КТЧ складає 64 кбіт/с. Тоді:

$$B = 64 * 7143 = 457,15 \frac{\text{Мбіт}}{\text{с}}.$$

Розрахуємо кількість первинних цифрових потоків

$$N_{\text{пцп}} = \frac{n_{\text{заг}}}{30},$$

де 30 кількість каналів тональної частоти.

$$N_{\text{пцп}} = \frac{7143}{30} = 238 \text{ пцп}$$

На підставі проведених розрахунків, необхідно врахувати передавання сигналів рівня STM-4 (622,08 Мбіт/с).

2.2 Вибір системи передачі та кабелю

При виборі цифрової волокно-оптичної системи передачі було обрано синхронну цифрову ієрархію (SDH) так, як технології плезіохронної цифрової

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						13
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ієрархії (PDH) забезпечують недостатні можливості в організації службових каналів для контролю і управління потоком.

Вимоги суспільства до цифрової мережі у більшій мірі задовольняє синхронна цифрова ієрархія (SDH). Переваги технології SDH перед мережами PDH: велика пропускну здатність трактів, гнучкість управління мережею, надійність, здатність до самовідновлення мережі, яка обумовлена різними механізмами резервування, можливість нарощувати ємність мережі без переривання трафіку, простота нарощування потужності, зручність управління. Мережі SDH зайняли міцне положення в телекомунікаційному світі завдяки успадкуванню та підтримці стандартів PDH. Сьогодні вони застосовуються практично всіма мережами зв'язку: регіональними, національними, міжнародними.

Мережа на базі SDH формується за допомогою різних функціональних модулів. Склад модуля залежить від операцій, які необхідно виконати для забезпечення передачі високошвидкісних потоків по оптичній мережі зв'язку (збір потоків, що надходять у мережу; передачу по мережі з можливістю виділення потоків у проміжних пунктах; об'єднання потоків у потоки більш високого рівня; відновлення форми й тривалості сигналів, переданих на великі відстані).

Для вирішення поставлених завдань до складу SDH можуть входити наступні модулі: термінальні мультиплексом, мультиплексори введення-виводу, регенератори, концентратори, комутатори. Серед зазначених модулів мультиплексор основний модуль у мережі SDH.

Мультиплексор об'єднує низькошвидкісні потоки у високошвидкісний потік на передачі й роз'єднує на прийманні, виконує локальну комутацію, концентрацію й регенерацію цифрових потоків, поділяються на термінальні та введення-виводу.

Застосування оптичного мультисервісного обладнання компанії Ericsson серії OMS 800 дозволяє одночасно отримати послуги Ethernet та традиційні TDM-послуги в одній точці замовлення, спрощує створення нових сервісів, розширює функціональність традиційних SDH-рішень через використання уже

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						14
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

в існуючих мережах технологій Ethernet, GFP (для ефективного завантаження фреймів Ethernet в контейнери SDH (VC)), LCAS (для гнучкого налаштування смуги пропускання) та VCAT (для ефективного використання та розподілу пропускної здатності мережі).

Серед трьох окремих продуктів серії OMS 800, представлених на ринку: OMS 860 (гнучкий і модульний мультиплексор введення/виведення (ADM) рівня STM-1/4 з широким діапазоном мультисервісних інтерфейсів і функціональністю Ethernet); OMS 870 (гнучкий і модульний мультиплексор введення/виведення (ADM) рівня STM-1/4/16 з широким діапазоном мультисервісних інтерфейсів і розширеною функціональністю Ethernet); OMS 846 (оптимізований для конфігурацій STM-1, із великою кількістю інтерфейсів E1 (до 16), і невеликою кількістю інтерфейсів FE 4 або GE 10) оберемо Ericsson OMS 860 (механічні параметри становлять: висота 44 мм, довжина 445 мм, глибина 240 мм) , зовнішні вигляд наведено на рис.1.



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд мультиплексора Ericsson OMS 860

OMS 860 багатофункціональний пристрій. Може працювати мультиплексом термінальний (TM), мультиплексором введення/виведення (ADM), крос-комутатором неблокованим (DXC) та комутатором Ethernet другого рівня, також підтримується функціональність EoSDH.

Технічні дані мультиплексора Ericsson OMS 860 показано у таблиці 1.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						15
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1 – Технічні дані мультиплексора Ericsson OMS 860

Назва параметра	Значення параметра	Примітка
Вихідна пропускна здатність	2xSTM-1/4	в залежності від використовуваних модулів SFP
Вбудований трибутарний модуль	16xE1	120 Ом
Додаткові трибутарні модулі	2 слота	
Пропускна спроможність матриці крос-комутації: - заблокована	24×24 еквівалентів STM-1	
Комутація Ethernet	5 Gbps	
Базове шасі	BM-9100 2xSTM1/4	
Споживана потужність	50 Вт	

Для визначення інтерфейсів рівня STM-4 використовують результати, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 Параметри оптичних інтерфейсів рівня STM-4

Назва параметра	Одиниця виміру	Значення параметра			
		S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2
Код застосування інтерфейсу	-	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2
Номинальна швидкість передавання	Мбіт/с	622,08	622,08	622,08	622,08
Діапазон довжини робочої хвилі	нм	1293 - 1334	1430 - 1580	1280 - 1335	1480 - 1580
Тип джерела випромінювання	-	MLM	SLM	MLM/SLM	SLM
Мінімальний рівень вихідної оптичної потужності	дБм	-15	-15	-3	-3
Максимальний рівень вихідної оптичної потужності	дБм	-8	-8	+2	+2
Мінімальний рівень чутливості	дБм	-28	-28	-28	-28
Діапазон загасання	дБ	0 - 12	0 - 12	10 - 24	10 - 24
Довжина секцій регенерації	км	15	15	40	60

У кваліфікаційній роботі будемо використовувати інтерфейс L-4-2. Він забезпечує максимальні довжини регенераційних ділянок і призначений для роботи в третьому вікні прозорості (діапазон довжин хвиль загасання

						Арк
						16
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	

1550 нм), що відповідає змісту завдання роботи. На основі обраної системи передачі визначається число волокон. Зазначимо, що на одну систему передачі відводиться два оптичних волокна. Обрано одну систему передачі, значить потрібно два оптичних волокна. Ще два відіграють роль резервних. Усього потрібно чотири волокна.

При виборі оптичного кабелю (ОК) слід врахувати як технічні вимоги, так і параметри даної ВОЛЗ пропускну спроможність, загасання, вологостійкість, захищеність від корозії, захищений від зовнішніх впливів, високу експлуатаційну надійність, та бюджетну вартість, широкополосність (швидкість передачі інформації), довжину хвилі оптичного випромінювання, енергетичний потенціал, допустиму дисперсію, скручування.

Серед великої різноманітності марок оптичних кабелів, кабелі закордонних фірм до уваги не беруться через значну різницю в ціні та відсутності явних переваг перед аналогами вітчизняних виробників.

Одномодові оптичні кабелі марок ОКЛІ призначені для прокладання в кабельних каналізація, трубах, блоках та різного виду шахтах і типу ґрунтів, як ручним, так і механізованим способом.

Для прокладання ВОЛЗ Суми – Юнаківка оберемо кабель типу ОКЛІ- Н-01-0,3/2,0-4 з подальшим його задуванням у поліетиленову трубу.

Обраний оптичний кабель зв'язку не броньований (ОКЛІ), має діелектричний сердечник, що складається з центрального силового елемента у вигляді склопластикового стрижня (01). Оболонка кабелю з полімерного матеріалу, який не поширює горіння при одиночній укладці, класу ПРГО1 (Н). Оптичні волокна вільно укладені у полімерних трубках, що заповнені тиксотропним гелем по всій довжині. Центральний силовий елемент (ЦСЕ) являє собою діелектричний склопластиковий пруток, навколо якого скручені оптичні модулі. Поясна ізоляція із лавсанової стрічки, накладеної поверх скручування. Водоблокуючі матеріали у кабелі заповнюють порожнечі скрутки по всій довжині. У кабелі поверх сердечника накладена захисна оболонка із поліетилену, що захищає від механічних пошкоджень, проникнення вологи та містить галогени з низьким димовиділенням.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						17
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянемо переваги такого кабелю: не поширює горіння при одиночній прокладці. Мінімальна вага, високий електричний опір захисної оболонки протягом терміну служби, оптимальна стійкість до впливу розтягуючих і розчавлюючих навантажень, низький коефіцієнт тертя оболонки, що важливо при задуванні у захисні труби, зручність прокладки, транспортування і монтажу.

Умови експлуатації кабелю наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 - Умови експлуатації кабелю

Назва показника	Значення показника
Температура експлуатації	від -40° С до +50° С
Мінімальний радіус вигину	не менше 20 діаметрів кабелю
Діапазон допустимих температур під час монтажу:	від -10° С до +50° С
Температура транспортування та зберігання	від -40° С до +50° С
Термін служби	25 років
Термін гарантійної експлуатації	від 2 роки
Мінімальний радіус вигину оптичних волокон	3,6 мм
Будівельна довжина	понад 5 км

Технічні характеристики кабелю наведені в таблиці 4.

-Таблиця 4 – Технічні характеристики кабелю

Назва показника	Значення показника
Кількість одномодових волокон у кабелі	4
Зовнішній діаметр, мм	8,5
Неконцентричність серцевини, мкм	0,7
Вага кг/км	90
Розтягуюче зусилля, кН	1,0
Розчавлююче зусилля, кН/ см	1,0
Радіус вигину при монтажний, мм	158
Радіус вигину експлуатаційний, мм	118

Параметри оптичного кабелю наведені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Параметри оптичного кабелю

Назва показника	Позначення	Значення показника
Діаметр оболонки, мкм	d_o	125
Діаметр серцевини, мкм	d_c	8,5
Коефіцієнт заломлення серцевини	n_1	1,448
Коефіцієнт заломлення оболонки	n_2	1,443
Довжина хвилі джерела, мкм	λ	1,550
Коефіцієнт загасання, дБ/км	α	0,25
Питома матеріальна дисперсія, пс/(км×нм)	$M(\lambda)$	0,18
Питома хвильова дисперсія, пс/(км×нм)	$V(\lambda)$	0,12

Розраховуємо необхідну кількість кабелю для прокладки траси ВОЛС. Додаткові витрати кабелю на прокладку в ґрунт становлять 2%, на прокладку в кабельній каналізації будуть 5,7%.

Введення кабелю виконується в пунктах: Суми – 7,7 км та Юнаківка – 1,7 км.

Необхідна довжина кабелю визначається за формулою:

$$N = (9,4 * 1,057) + (34,3 * 1,02) = 45 \text{ км}$$

За результатами розрахунку видно, що на ділянці Суми – Юнаківка необхідно прокласти 45 км оптичного кабелю.

2.3 Розрахунок числової апертури і нормованої частоти

Числова апертура є одним із основних показників, які визначають ефективність введення випромінювання в оптичних сигналах оптоволокна. Це число, що визначає здатність волокна збирати світло за умови повного внутрішнього відбиття.

Визначається числова апертура (ЧА) волокна - як синус кута падіння променя відносно осі волокна, при цьому світло має входити у серцевину і поширюватися далі по волокну.

Визначаємо числову апертуру за формулою:

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						19
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

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

-де n_1 і n_2 – значення (коефіцієнти) заломлення серцевини і оболонки відповідно.

$$NA = \sqrt{1.448^2 - 1.443^2} = 0.12$$

Для оцінки властивостей ОВ та з'ясування параметрів кабелю з довжиною хвилі використовують значення нормативної частоти, як критерію розповсюдження моди по волокну. Розраховується частота за формулою:

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

де λ - довжина хвилі випромінювача (мкм);

- d_c - діаметр серцевини ОВ (мкм).

$$V = \frac{3.14 * 8.5}{1.55} \sqrt{1.448^2 - 1.443^2} = 2.07$$

Якщо значення показника частоти більше за нуль та менше за 2,405, то волокно працює одномодовому режимі, у іншому випадку буде багатомодовий режим.

Отримане значення більше нуля та менше за 2,405, значить запропонований кабель на трасі ВОЛЗ одномодовий.

2.3.1 Розрахунок ослаблення сигналу в оптичному волокні

На якість передавання, принцип побудови та економічну складову ВОЛЗ вказують показники загасання та дисперсії. Відстань між регенераторами залежить від довжини регенераційної ділянки, який визначає показник загасання. Розраховується за формулою:

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						20
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha = \alpha_{\text{в}} + \alpha_{\text{к}},$$

де α – коефіцієнт загасання трактів світловода оптичних кабелів (дБ/км),

$\alpha_{\text{в}}$ – власні втрати світловода,

$\alpha_{\text{к}}$ – кабельні втрати, спричинені деформацією, згинаннями світловодів при нанесенні покриттів і захисних оболонок під час виготовлення, чи скручування, загинання, відхилення від прямолінійного розташування, термомеханічними обробленнями. Величина кабельних втрат, як правило становить 0,1 - 0,3 дБ/км. Для виконання завдання приймемо значення рівне 0,1 дБ/км.

До власних втрат світловода відносять:

$\alpha_{\text{н}}$ – загасання, обумовлено втрати на поглинання світлової енергії, що пов'язано із втратами на діелектричну поляризацію та лінійно залежить від частоти;

$\alpha_{\text{р}}$ – загасання, обумовлено розсіюванням на неоднорідностях матеріалу ОВ (показник заломлення) та тепловими флуктуаціями. Розміри неоднорідних матеріалів менше довжини світлової хвилі;

$\alpha_{\text{дом}}$ – загасання, зумовлено присутністю у матеріалі ОВ домішок, які здатні додатково поглинати потужність в діапазоні хвиль від 0,6 до 1,6 мкм або викликати резонансні сплески загасання на довжинах хвиль 0,75 мкм; 0,97 мкм та 1,39 мкм.

Ступінь втрат визначаються за формулою:

$$\alpha_{\text{в}} = \alpha_{\text{н}} + \alpha_{\text{р}} + \alpha_{\text{дом}}.$$

За сучасних темпів розвитку технологій виготовлення ОВ коефіцієнт заломлення досягає дійсного значення, втрати на поглинання світлової енергії не враховуються при розрахунку енергетичного бюджету.

Додаткове поглинання оптичної потужності викликано наявністю в складі ОВ сторонніх домішок гідроксильних груп та іонів металів (заліза, міді,

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						21
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

нікелю, марганцю та інших), що розповсюджується у діапазоні хвиль першого та другого вікна прозорості світловода (0,8-0,9 мкм та 1,2-1,3 мкм). У діапазоні довжини хвиль 1,55 мкм втрати викликані резонансними сплесками загасання не є дієвими.

Ступінь втрат визначається коефіцієнтом загасання, що обумовлено розсіюванням на неоднорідностях матеріалу ОВ (показник заломлення) за формулою

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

де λ – довжина хвилі (мкм),

n_1 – показник заломлення серцевини ОВ.

$$\alpha_p = 1,2 * \left(\frac{1,448^2 - 1}{1,55^4} \right) = 0,228 \frac{\text{Дб}}{\text{км}}.$$

Беручи до уваги умови завдання, розраховуємо коефіцієнт загасання за формулою:

$$\alpha \approx \alpha_p + \alpha_k,$$

де α_p – втрати за рахунок розсіювання (дБ/км);

α_k – кабельні втрати (дБ/км)

$$\alpha \approx 0,228 + 0,1 = 0,328 \frac{\text{Дб}}{\text{км}}.$$

2.3.2 Дисперсія і пропускна здатність оптичного волокна

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						22
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Дисперсія один із параметрів, яким характеризується ОВ.

Світлові сигнали поступають у світлопровід імпульсами різної частоти. При проходженні імпульсу змінюється амплітуда руху та форма, що призводить до різниці тривалості імпульсу на виході тракту та на його вході, як результат імпульси перекриваються, накладаються, виникають міжсимвольні інтерференції. Дисперсія розсіювання у часі частин оптичного сигналу, залежить від швидкості розповсюдження потоків, властивостей матеріалу ОВ.

Проведемо розрахунок дисперсії для одномодового волокна за формулою:

$$\tau = \frac{NA^4}{8 * n_1^3 * c},$$

де $c = 3 * 10^5$ – швидкість світла у вакуумі км/с

$$\tau = \frac{0,12^4}{8 * 1,448^3 * 3 * 10^5} = 2,84 * 10^{-11} \frac{с}{км},$$

Одним із показників дисперсії є широкосмуговість пропускна здатність волокна підтримувати роботу.

$$\Delta F = \frac{1}{\tau},$$

де ΔF – коефіцієнт широкосмуговості (Гц * км),

τ – дисперсія ОВ (с/км).

$$\Delta F = \frac{1}{2,84 * 10^{-11}} = 3,521 * 10^{10} \text{ Гц * км},$$

Отриманий коефіцієнт широкосмуговості задовольняє вимогам роботи у системі передачі SDH.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						23
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.3 Визначення довжини регенераційної ділянки

Відстань між обладнанням що передає сигнал та обладнанням що його приймає, за умови забезпечення заданої якості передачі, визначають як довжину ділянки регенерації. Значення довжини регенерації залежить від апаратури, що застосовують на лінії зв'язку та від характеристик кабелю ОВ. Суттєвий вплив на результат довжини мають два показники ОВ, а саме: дисперсія та ступінь загасання.

З метою визначення довжини ділянки регенерації за коефіцієнтом загасання використовують формулу:

$$l_p \leq \frac{(P_0 - P_{kmin} - \alpha_n - 2\alpha_p) * l_{буд}}{\alpha_n + \alpha * l_{буд}}$$

-де P_0 – потужність передавача (дБм),

P_{kmin} – мінімальна чутливість приймача (дБм),

α_n – втрати у нероз'ємних з'єднаннях, (не перевищує 0,1 дБ),

α_p – втрати в роз'ємних з'єднаннях, (дБ, не перевищує 0,5 дБ),

$l_{буд}$ – будівельна довжина кабелю (км).

$$l_p \leq \frac{(2 + 28 - 0,1 - 2 * 0,5) * 5}{0,1 + 0,328 * 5} = 83,04 \text{ км,}$$

При обрахуванні впливу показника дисперсії на довжину ділянки використовують формулу:

$$l_p = \frac{\Delta F}{\Delta F_{доп}}$$

-де ΔF – пропускна здатність ОВ (Гц/км),

$\Delta F_{доп}$ – допустима ширина смуги пропускання (біт/с),

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						24
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

B – швидкість передачі інтерфейсу STM-4 (біт/с).

Допустима ширина смуги пропускання залежить від швидкості передачі інформації.

$$\Delta F_{\text{доп}} = \frac{B}{\sqrt{2}} = \frac{622,08 * 10^6}{\sqrt{2}} = 439,87 * 10^6 \text{ Гц},$$

$$l_p = \frac{3,521 * 10^{10}}{439,87 * 10^6} = 80,04 \text{ км},$$

Аналізуємо отримані значення та вибираємо показник з найменшим значенням. Довжина регенераційної ділянки нашого завдання має бути не більше ніж 80 км.

Між пунктами Суми – Юнаківка визначимо кількість ділянок регенерації за формулою:

$$n_{\text{рд}} = \frac{l_{\text{кп1-кп2}}}{l_p},$$

де $l_{\text{кп1-кп2}}$ – довжина проєктованої кабельної траси (км),

l_p – довжина регенераційної ділянки (км).

$$n_{\text{рд}} = \frac{45}{80,04} = 0,56 \text{ км},$$

За проведеними розрахунками видно, що траса Суми – Юнаківка є однією регенераційною ділянкою.

Схематичне розміщення регенераторів на трасі зображено на рис.2

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						25
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2 – Схема розміщення регенераторів на трасі.

Проведені розрахунки показали що вибрані елементи транспортної системи передачі, а також параметри ОК забезпечують виконання усіх вимог щодо забезпечення організації якісного зв'язку без необхідності додаткового встановлення регенераційних пунктів (РП).

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						26
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ОПИС БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ПРОКЛАДАННЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ

3.1 Прокладання волоконно-оптичного кабелю

Успішна реалізація проекту будівництва оптоволоконної мережі залежить від дотримання та належного виконання правил та стандартів представлених у нормативних документах типу «Керівництва з будівництва лінійних споруд магістральних і внутрішньозонових кабельних ліній зв'язку».

Під час проектування враховуються і вимоги земельного законодавства України. До проекту включають роботи, що мають мінімальні витрати робочої сили, техніки, фінансових ресурсів.

В цілому, процес прокладання оптоволоконного кабелю можна умовно поділити на два етапи: підготовчий та основний.

Підготовчий складається з проведення зовнішнього огляду кабелю та виміру його оптичних характеристик. При зовнішньому огляді перевіряється цілісність кабельного барабана та відсутність ушкоджень ізоляції кабелю, відповідність маркування будівельної довжини, зазначеної у паспорті та маркування, зазначеному на барабані.

При проведенні оптичних замірів визначають погонне згасання оптоволоконного кабелю. Після чого порівнюють отриманий результат з паспортними даними. При роботі з одномодовими кабелями таку перевірку проводять на кілометрові згасання у кожному волокні на двох довжинах хвиль: 1550 нм і 1310 нм. Перевірку проводять оптичним рефлектометром. Зовнішній вигляд оптичного рефлектометра наведено на рис.3.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						27
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3 – Зовнішній вигляд оптичного рефлектометра.

Не проведення цього етапу може призвести до неякісно виконаної всієї монтажно-будівельної роботи. Як результат, буде прокладено у мережу дефектний кабель, який не відповідатиме вимогам, зазначеним у проекті. Для забезпечення якісної роботи мережі доведеться витратити додатковий час та понести матеріальні збитки.

За умови відповідності отриманих даних даним паспорта та відсутності пошкоджень кабелю при візуальному огляді можна переходити до основного етапу монтажу кабелю.

Монтажні роботи поділяються на прокладання оптоволоконного кабелю та з'єднання його сегментів у єдину лінію.

При з'єднанні кабелю застосовуються два способи: зварювання та механічне поєднання. Для проведення такого виду робіт використовують зварювальними апаратами та спеціальний пристрій для зрощування волокна.

Технологія механічних з'єднувачів простіша за зварювання, але має недоліки. Імерсійний гель, що застосовується при зрощуванні волокон з часом висихає, що призводить до погіршення роботи волокна. Механічні з'єднувачі ліпше використовувати при проведенні ремонтних робіт та у місцях з підвищеною небезпекою вибуху.

Розглянемо деякі види технологій прокладання кабелю що відповідають технічному завданню. Це технологія монтажу кабелю у відкритий ґрунт,

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						28
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

технологія монтажу кабелю в кабельній каналізації. Такі технології вважаються стандартними.

У кабельну каналізацію та у ґрунт доцільно застосувати кабель із елементами захисту від негативних впливів середовища (броньований) або прокласти його у спеціальні полімерні труби. Труби прокладають в канали існуючої кабельної каналізації та прямо в ґрунт. Вони здатні захистити кабель і перетині перешкод.

Прокладку труб може проводитися за допомогою традиційних технічних засобів. Введення кабелю в трубу проводиться після виконання основної частини земляних робіт. Враховуючи зростання попиту на роботу ліній зв'язку буде доцільно прокласти кілька труб для резервування на перспективу, розширення мережі. Труби спрощують проведення ремонтних робіт, без погіршення зовнішнього вигляду об'єкта.

При виборі захисної поліетиленової трубив урахується співвідношення: діаметр кабелю має бути у два рази менший від внутрішнього діаметра самої труби. Використання труб компанії «Укрполімерконструкція» захистять кабелі зв'язку: від вібрації, підземних поштовхів, від пошкоджень в результаті діяльності людини та техніки, від вплив підземних вод та підвищеної вологості, від гризунів та температурних перепадів. Як наслідок подовжується термін служби кабелю до 50 років.

Діаметр проєктованого кабелю становить 8 мм, з урахуванням прокладки додаткового кабелю у перспективі проєктом передбачається використовувати трубу типорозміру 40/33.

3.2 Прокладання захисних труб

Прокладання труби не відрізняється від прокладки оптоволоконного кабелю. В залежності від типу ґрунту, довжини траси, вибирають технологій прокладання: безтраншейну або у відкриту траншею. Проєктувати маршрут прокладання труби до якої вводиться кабель краще прямолінійно. Якщо траса передбачає поворот, необхідно врахувати радіус вигину не менше двох метрів.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						29
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

На трасі прокладання застосовують максимальні будівельні довжини із мінімальною кількістю з'єднань.

Виконання будівельних робіт може бути ручне або механізовано. Можливість застосування кабелеукладачів забезпечує найшвидший спосіб прокладання ВОЛЗ. Кабелеукладачі забезпечують значний ступінь механізації процесу з оптимальною глибиною траси (до 1,2 м), але використовуються вони лише на спрямлених протяжних трасах, за умови відсутні перетинів з підземними комунікаціями.

Траншейний спосіб прокладання ВОЛЗ порівняно із безтраншейним збільшує трудомісткість робіт у 1,2-1,3 рази. Застосування траншейного способу економічно обґрунтовано при обмежених обсягом роботах.

При визначенні глибини траншей враховуються товщина підсипки піску або іншої пухової підкладки висотою від 5 см до 10 см. Пухова підкладка забезпечує вирівнювання дна траншеї та її плавний перехід при наявності кам'яних включень. Ширина траншей визначається розмірами робочого органу землерийних механізмів (ланцюговий розпушувач, фреза, ковша). Траншеї викопані механічним способом повинні забезпечувати укладання труб і кабелів (при їх спільному закладенні) в один або два шари. У разі потреби доведення траншеї до необхідного розміру здійснюється ручним способом. До того, як розпочати процес укладання труб необхідно провести обстеження дна траншеї. У разі наявності у ній сторонніх предметів (каменів, цегли, глиняних грудок та інших включень) проводять очищення дна. Після чого дно ущільнюють і приступають до прокладання труб.

Кабелеукладач прокладає труби за технологією прокладки волоконно-оптичного кабелю броньованого, але має деякі відмінності: плавний хід кабелеукладача запобігає випадковим пошкодженням труб якщо виходить з касети без найменшого вигину. Цього досягають копаючи котловани у два рази більші за ширину ножа з касетою кабелеукладача.

На перетині будівельних довжин труби перекривають між собою на один метр та укріплюють смоляною стрічкою, потім обмотують стрічкою зі

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						30
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

скловолокна або аналогічного матеріалу. Кінці труб закривають водонепроникними заглушками.

Заздалегідь визначають непрохідні ділянки для кабелеукладача. Використовуючи наскрізну ручну укладку з приямками на кінці кожної ділянки забезпечують плавний вихід ножа кабелеукладача.

На ділянках траси з поворотами, які з технічних причин не проходить кабелеукладач (значний радіус повороту) копають траншеї для маневру.

Перед початком роботи на ґрунті роблять пробну прорізку до повного проходження глибини траси.

3.3 З'єднання захисних труб та оптичного кабелю

Труби з'єднують між собою за допомогою муфт: пластмасових, металевих, електрозварювальних. Герметичність з'єднання забезпечується у разі рівного перпендикуляру на кінці труб та відсутності бруду і пилу.

Більше поширений метод з'єднання пластмасовими муфтами. Вони забезпечують герметичне з'єднання труб, мають високу стійкість до впливу агресивних середовищ, відсутність деталей із металу дозволяє з'єднувати труби різного діаметру. Ставляться тільки на прямолінійних з'єднаннях труб. Неякісний монтаж муфт (задирки гумового ущільнення, зіпсована поверхня труби у зоні контакту з ущільнювачем, наявність піску і бруду, викривлення труби у місці з'єднання) є причиною негерметичного з'єднання.

Зрощування оптичних волокон проводять з мікронною точністю. Якісно проведені зварювальні роботи зводять до мінімуму згасання та відображення сигналу в місці з'єднання, забезпечуючи мінімальні втрати до 0,01dB . Одним із гарантів якісно проведеної роботи є забезпечення використання одиниці обладнання та інструментів для зрощування чи зварювання одним кваліфікованим спеціалістом.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						31
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Прокладання кабелю у поліетиленові труби

Прокладання оптичного кабелю у поліетиленові труби здійснюється наступними способами: ручне затягування, затягування механізованим способом, методом пневматичного задування.

При проведенні робіт на великих трасах економічно доцільно застосовувати метод пневматичного задування кабелю в поліетиленову трубу (ПНТ). Під дією сили стиснутого повітря, що виробляється спеціальним комплексним обладнанням, кабель задувається в трубу. Цей, досить зручний технічно оснащений метод дозволяє максимально швидко виконати роботи без додаткового залучення робітничої сили. Застосування сучасних пневматичних машини забезпечують задувку кабелів у захисні труби із швидкістю 80м/хв. Компресори подають повітря під тиском 10-12 бар зі швидкістю 10-12 м³/хв. Три одночасно працюючих пневматичних машини, розміщуються на відстані до 2 км одна від одної, за зміну вдувається близько 6-8 км кабелю зв'язку. Для керування обладнанням достатньо одного фахівця.

Ручний спосіб затягування кабелю в труби застосовується на невеликих ділянках та на ділянках з перетинами. При такому способі користуються мастилом (лубрикантом).

При механізованому затягуванні використовують лебідки. Цей спосіб більш ресурсно витратний та менш продуктивний. Застосовується при відсутності техніки на значних будівельних трасах.

Під час проведення монтажу кабелю проводять контрольні вимірювання загасання в оптичних волокнах на кожній будівельній довжині.

Якщо отримані дані не відповідають зазначеним у паспорті даним кілометрової норми подальшу прокладку припиняють до усунення дефекту.

3.5 Прокладка волоконно-оптичного кабелю у ґрунт

Це найбільш поширений спосіб прокладки ВОЛЗ. Застосовується у місцях з відсутністю кабельної каналізації. Основною перевагою такої лінії

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						32
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

зв'язку є надійність. Прокладка волоконно-оптичного кабелю здійснюється в ґрунтах всіх категорій, які трапляються у Сумській області. Роботи ведуться при температурі повітря не нижче -10°C .

Прокладка ВОЛЗ у відкритий ґрунт передбачає використання броньованого кабелю або звичайного кабелю захищено ПНТ.

При прокладанні кабелю у ґрунт застосовуються наступні методи:

- за допомогою кабелеукладача,
- у відкрити траншею траншеєкопачем.

Засоби прокладання ОК у ґрунт:

- механічний
- ручний, за допомогою ножових кабелеукладачів.

Траншейний спосіб прокладання ОК порівняно із безтраншейним збільшує трудомісткість робіт у 1,2-1,3 рази. Використовується траншейний спосіб якщо застосування кабелеукладача недоцільне у зв'язку із обмеженим обсягом робіт.

Траншейний спосіб прокладки застосовується при необхідності у монтажі групи кабелів. Прокладаються кабелі як у широкі траншеї (поміщається трактор) так і у звичайні траншеї, шириною 50 см, та у міні-траншеї до 10 см. Вони використовуються при прокладанні ВОЛЗ в землі на присадибних ділянках і газонах. Цей спосіб проклади трудомісткий і малопродуктивний.

Траншейний спосіб застосовують коли за умовами місцевості неможливо використовувати кабелеукладач. Траншея копається екскаватором або вручну, якщо траса проходить в місцях, де заборонено використовувати важку техніку. Кабель укладається на підготовлену подушку на дні траншеї, як і захисні труби. Засипання траншеї проводиться вийнятим ґрунтом пошарово (товщина кожного шару 200 мм). Технологія прокладки кабелю кабелеукладачем така як і описаних вище захисних труб.

При прокладанні кабелю у ґрунт в місцях стикування будівельних довжин відриваються котловани для розміщення оптичних муфт і проведення запасу оптики.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						33
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6 Прокладка волоконно-оптичного кабелю в кабельній каналізації

Прокладка волоконно-оптичного кабелю в кабельну каналізацію прокладають у межах міста. Для цього використовується вже існуюча інфраструктура кабельної каналізації або будується нова.

Прокладання оптичних кабелів зв'язку у кабельну каналізацію проводять ручним та механізованим способами з використанням механізмів та пристосувань. Дотримання вимог технічних умов на прокладений кабель (мінімально допустимий радіус вигину, посилення тяжіння, температуру, допустиме тягове зусилля) забезпечить уникнення від розриву та від прихованих пошкоджень волокон. Кабель прокладається через кабельну каналізацію у кабельний трубопровід, а з'єднання волокон робляться у кабельних колодязях (шахтах). Колодязі мають люки для проведення оглядових робіт закриті чавунними кришками, під якими розташовані сталеві кришки. Перед початком проведення робіт проводиться перевірка прохідності каналів. За необхідності ремонтують або дооснащують кабельний колодязь. Прокладання ОК у кабельній каналізації здійснюється методом затяжки вручну або з допомогою кабельних машин, лебідок. Ці механічні пристосування можуть бути з ручним або електричним приводами. Вони оснащені спеціальними засобами контролю тягового зусилля. Таким способом можна прокладати відрізки кабелю довжиною від 2000 м і більше.

Технологія прокладання кабелю з використанням значних будівельних довжин наступна: прокладають максимально допустиму довжину траси. Перед тим як змінити напрямок прокладання кабелю з барабану знімають та укладають «вісімкою» поруч із колодязем. При з'єднанні кабелю застосовують прохідні або тупикові оптичні муфти. Швидкість протягання кабелю з використанням роликового механізму, що уберігає ОК від пошкоджень ізоляції об край кабельного люка або трубу, не повинна перевищувати 30 м/хв. У прохідних колодязях ОК викладається по стінках з подальшим підв'язуванням на консолі кабельними стяжками. Місце введення кабелю у колодязь герметизується прохідним сальником. В кінцевих колодязях

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						34
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

залишають запас кабелю для монтажу оптичних муфт. Як зазначено вище, технологія прокладання ВОЛЗ у кабельну каналізацію не вимагає застосування дорогих пристроїв та дає можливість швидкої заміни кабелів на нові.

Прокладання ВОЛЗ через кабельну каналізацію забезпечує надійний захист кабелю у межах міста та надає можливість розвитку лінії зв'язку.

3.7 Позначення траси прокладки кабелю

Над прокладеними кабелями обов'язково укладають сигнальні стрічки або встановлюють замірні інформаційні стовпчики у замиській частині траси. Зображення замірного стовпчика наведено на рис.4.



Рисунок 4 – Зображення замірного стовпчика

Сигнальна стрічка має бути з матеріалу що не гниє, краще жовтого кольору. Інформаційні замірні стовпчики виготовлені з залізобетону.

Стовпчики або стрічки встановлюються в місцях положення муфт, на перетинах траси з перешкодами та на поворотах траси.

Інформаційні стовпчики розташовують з боку поля на відстані 0,1 м до кабелю чи муфти. На прямолінійних ділянках траси встановлюються через кожні 250-300 м та через кожні 150 м при поворотах. Також стовпчики або стрічка закладаються біля усіх місць з'єднань, на вершині кутів повороту траси, біля кінців захисних труб при перетині різного роду перешкод (залізних

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						35
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

колій, автомобільних доріг, місць перетину водопроводу та інших підземних комунікацій).

3.8 Перетинання проектованої волоконно-оптичної лінії зв'язку з перешкодами

Особливої уваги при проектуванні потребують складні ділянки лінії зв'язку: переходи через водні перешкоди, перетини з автомобільними дорогами та залізничними коліями, трубопроводами, іншими комунікаціями.

Обрана в проекті траса ВОЛЗ перетинається з трьома автомобільними шляхами, та річкою Олешня.

Прокладання лінії зв'язку через складні ділянки може здійснюватися двома способами: в землі у відкритих траншеях або безтраншейним (прихованим) способом.

Технологія застосування способу у відкритих траншеях у населених пунктах та за його межами спричиняє численні незручності, створюючи перешкоди пересуванню транспорту та пішоходів, погіршує зовнішній вигляд вулиць, пошкоджує дорожнє покриття. Така технологія потребує додаткових матеріальних вкладень на відновлення асфальтного покриття та благоустрою території.

Більш прийнятною є безтраншейна технологія прокладання лінії зв'язку методом горизонтального спрямованого буріння (ГНБ). Цей метод полягає у влаштуванні під дорогами захисних кожухів з подальшим укладанням в них трубопроводу із кабелем зв'язку. Обов'язковою умовою є застосування кожуха більшого діаметра ніж захисна труба з кабелем. При ГНБ довжина проколу ґрунту може досягати понад 1000 м без виходу на поверхню. Ця технологія застосовується у місцях перетину кабелю та перешкод не тільки дорожніх, а і сільськогосподарських угідь, трамвайні колії, водні перешкоди і на природоохоронних територіях, тощо.

При проходженні водних перешкод, за умовами проекту річки Олешні, прокладання кабелю виконується помосту. Застосовується спосіб

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						36
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

горизонтально-спрямованого буріння. Здійснюється він у три етапи: буріння пілотної свердловини, послідовне розширення свердловини і саме протягування трубопроводу для оптоволоконного кабелю. При застосуванні такого методу довжина проколу може досягати до 1500 м без виходу на поверхню.

Будівництва кабельних переходів під природними (річка Олешня) та штучними (три автомобільні дороги) перешкодами методом ГНБ не наносять шкоди навколишньому природному середовищу, не порушують ландшафтів благоустрій населених пунктів, не змінюють звичних режимів роботи транспорту, не пошкоджують інженерні комунікації та інше. Робота установок методом ГНБ зображена на рис. 5.



Рисунок 5 – Робота установок методом ГНБ

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						37
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

3.9 Спосіб проколу ґрунту з використанням пневмопробійника

Найпростіший варіант ГНБ це прокол. Прокол ґрунту з використанням пневмопробійника є ефективним безтраншейним способом прокладки трубопроводів у горизонтальні свердловини з метою прокладання кабелю через природні та штучні перешкоди.

Будова пневмопробійника: корпус, ударник та шланг. Працює за рахунок стиснутого повітря, яке під тиском подається по шлангу до корпусу, що призводить до зворотньо-поступального переміщення ударника. Ударник тисне на торець бура, та з силою вганяє його у землю. Діаметр отвору дорівнює діаметру корпусу. Для продавлювання отворів довжиною менше 50 м у непіщаних ґрунтах та до 20 м у піщаних використовують гідропрес типу БГ-3. Він робить отвори у діаметрі від 130 мм до 200 мм із застосуванням розширювача, а до 50 мм без застосування розширювача.

Прокол застосовується для прокладання кабелю під дорожнім покриттям. Спочатку з обох боків дороги робляться поглиблення, потім, за допомогою звичайного бура з штангою, що за необхідності нарощується, висвердлюється отвір під дорогою. Після цього у отвір прокладається кабель.

При прокладанні ПНТ пневмопробійником також затягуються труби.

Прокладання труб під перешкодами, проводиться до початку прокладання кабелю у районах перетинів. Необхідно використовувати такі способи, за яких не потрібно розрізати оптовий кабель.

3.10 Спосіб проколу ґрунту з використанням установок горизонтально-спрямованого буріння

Механізми, що застосовуються при ГНБ: бурова установка, бурова головка з комплектом відповідних штанів, підібране та підготовлене бурове середовище, локатор і установка зворотного відбору. Все обладнання розгортають на оптимально підібраній позиції. Готують в достатньому обсязі витратні матеріали.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						38
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Спрямоване горизонтальне буріння складається з етапів: безпосередньої прокладки чорнового каналу. Воно робиться за раніше наміченої траєкторією. За весь час проведення горизонтального буріння у вироблення подається бентоніт. Бентоніт полегшує проходження каналу та просочує його стінки, запобігаючи осипанню.

Після завершення пілотного проколу, проводять вторинне видалення ґрунту. При цьому використовується спеціальний інструмент розширювач. Його встановлюють на місце бурової голівки для збільшення ширини отриманого каналу. Установка ГСБ працює на зворотне зусилля. Стадія вважається завершеною, якщо дійсний діаметр каналу ширше зовнішнього діаметра труби на 20-30%.

Потім зроблений прокол очищають і укріплюють. І нарешті протяжка труби. Для цього бурову штангу подають в точку виходу. До штанги за допомогою спеціального вертлюга приєднують трубу. Рух труби контролюється системою локації, чим виключається можливість пошкодження існуючих підземних комунікацій.

Усі стадії безтраншейної прокладки захисних труб та кабелю виконуються однією установкою ГСБ, яка здатна працювати в різних режимах. Такі установки виконують підземні кабельні переходи довжиною від 40 м до 1200 м на глибині менше 30м., при цьому застосовується різний буровий інструмент.

Прокол ґрунту під дорогою з використанням установки ГСБ зображений на рис. 6.



Рисунок 6 – Прокол ґрунту під дорогою з використанням установки ГСБ

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						39
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

4 МОНТАЖ ОПТИЧНОГО КАБЕЛЮ ЗВ'ЯЗКУ

4.1 Монтаж оптичних кабелів

Однією з найбільш відповідальних операцій є монтаж оптичного кабелю. Монтаж кабелю та з'єднання волокон виконується у процесі виробництва, під час будівництва ВОЛЗ та експлуатації кабельних ліній.

Усі оптичні кабелі мають значення будівельної довжини називається будівельної. Це нормована довжина ОК в одному відрізку встановлена стандартом або технічними умовами. В даному проекті 5 км. Довжина оптичної лінії зв'язку 45 км., перевищує будівельну у 5 разів. Тому прокладені оптичні кабелі необхідно зрощувати. Для зрощування застосовують спеціальний набір інструментів для монтажу, яким розправляють кінці кабелю у відповідності до інструкції по проведенню монтажних робіт з оптичними муфтами. З кабелю знімається шлангове покриття, звільняються оптичні модулі. Потім знімається ізоляція з модулів на рекомендованій відстані від 0,5 м до 2,0 м. Готують до монтажу волокна знімаючи гідрофобний заповнювач. Оптичні волокна з'єднують методом зварювання. Використовують спеціальними зварювальними апаратами. Місця зварювання захищають від механічних пошкоджень одягаючи на волокна комплект для захисту зварних стиків. Цю маніпуляцію проводять до початку зварювання волокон. Після зварювання роблять сколювання волокна сколювачем оптичних волокон. Потім волокно заряджають в зварювальний апарат і роблять зварювання.

На місце зварювання насувають комплект для захисту зварних стиків. Після цього місце зварювання відправляють у термпіч, яка є в зварювальному апараті. Сполучені таким чином оптичні волокна укладають у спеціальні касети де вони закріплюються стяжками. а Спеціальні касети встановлюються всередині муфти.

Далі силовий прут закріплюється затискачами. Місця введення волоконно-оптичного кабелю в муфту герметизуються. Герметизація здійснюється заздалегідь одягненими на кабель термотрубками та феном.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						40
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Муфти забезпечують:

- розміщення технологічного запасу волоконних світловодів,
- укладання захисних гільз на спеціальних касетах,
- захист касет від механічних пошкоджень,
- запобігання внутрішнього обсягу оптичних кабелів від впливу вологи.

Змонтовані муфти вкладаються в колодязях кабельної каналізації або укладання безпосередньо в ґрунт.

4.2 Монтаж оптичної розподільної коробки

Оптична розподільна коробка (ОРК) потрібна для підключення потенційних абонентів до вертикальної розподільної ділянки будинку. на поверсі. Ємність ОРК від 4 до 12 абонентських підключень. Застосування ОРК меншої ємності недоцільно так, як призводить до значного подорожчання проекту за рахунок збільшення кількості коробок та необхідності проведення їх монтажу. Проектуючи розподільну ділянку враховують одну коробку на один поверх. Установлюють ОРК в існуючі слабо струменеві кабельні ніші.

ОРК може кріпитися на стіну, на рейки, на міжповерховий кабель будинкової розподільної мережі (БРМ).

Вага оптично розподільної коробки, що кріпиться на кабель БРМ не повинна перевищувати 0,45 кг для забезпечення якісного монтажу. Оптимальні параметри: висота до 170 мм, ширина до 160 мм, глибина до 60 мм. Основні вимоги до ОРК, що можуть встановлюватися у будинках наведені в таблиці 5.

За наявних однакових характеристик ОРК перевагу надають тим, які мають найменші габарити.

При проведенні монтажних робіт по установленню ОРК перевіряється наявність діючого сертифікату та комплектуючих, зазначених у паспорті. Сплітерні ОРК-С повинні мати протоколи вимірювань встановлених в них сплітерів і їх діючих сертифікатів. У кожній ОРК всередині повинна бути наклейка знака лазерного випромінювання.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						41
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6 - Основні вимоги до ОРК, що можуть встановлюватися у будинках

Назва параметра	Значення параметра (вимоги до характеристик ОРК за типами)				
	ОРК -8	ОРК -12	ОРК -16	ОРК-32, ОРК-32С	ОРК-64С
Кількість кабелів, що вводяться, шт	2	4	6	12	12
Кількість роз'ємів SC, шт	1-8	1-12	1-16	1-32 + 2 (на вході сплітера)	1-64 + 3 (на вході сплітера)
Кількість зварних з'єднань, шт	16	32	32	64	96

ОРК сполучає волокна міжповерхового і абонентського кабелів і забезпечує термінування оптичного волокна міжповерхового кабелю, підключення абонентського кабелю, поділ за потужністю оптичного сигналу (від оптичного лінійного терміналу (OLT) у бік оптичного мережевого терміналу (ONT) на рівні другого каскаду), інтеграцію оптичного сигналу від ONT у бік OLT.

Типовий вид конструкції ОРК наведено на рис.7.

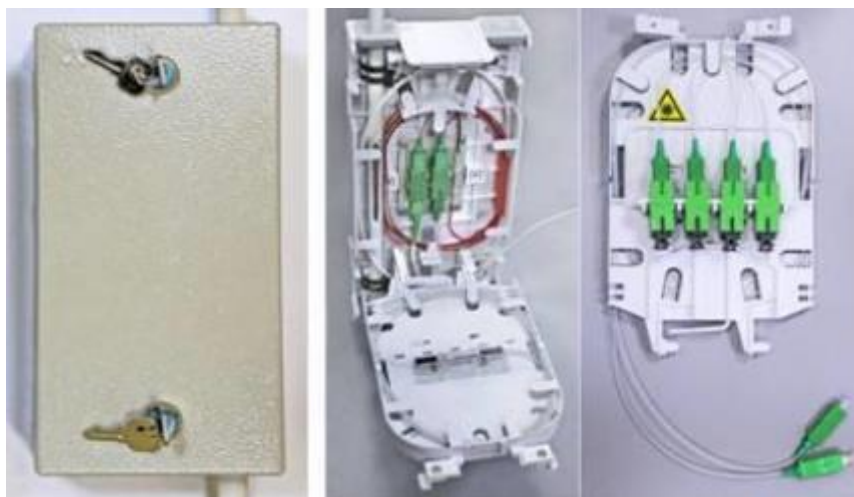


Рисунок 7 –Типовий вид конструкції ОРК

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						42
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкція ОРК необхідна для забезпечення:

- транзитного введення раніше прокладеного розподільчого кабелю;
- введення абонентських дроп-кабелів;
- підключення сплітерного блоку;
- допустимих радіусів вигину волокон розподільного і дроп-кабелів при монтажі та експлуатації ОРК.

На внутрішню сторону дверцят (кришки) наносять знак «Обережно! Лазерне випромінювання!». Дверцята ОРК за необхідності можуть зніматися. Кришку виготовлену із металу фарбують у сірий колір порошковою фарбою. При встановленні кришка фіксується конструктивними елементами до корпусу. У пластикової кришки має бути захищена кожухом з металу. Кожух фарбують у сірий колір порошковою фарбою.

Дверцята (кришка) кріпитися універсальними замками без використання унікальних ключів. Кількість замків не більше двох. Конструкція ОРК має задовольнити проведення монтаж усіх компонентів ОРК однією людиною. Монтаж виконується стандартним набором інструментів монтажника.

Доступ в ОРК організований з фронтальної сторони, конструкція забезпечує зняття кришки на час проведення монтажу. Корпус повинен забезпечувати механічний захист внутрішніх компонентів від пилу і вологи у відповідності до вимог ГОСТ 14254-96 не нижче класу IP51.

По стійкості до зовнішніх механічних пошкоджень ОРК повинна відповідати ГОСТ 17516.1-90 з класом механічного виконання не нижче M42 та стандартам ІЕС 62262 не нижче класу IK08.

По стійкості до впливу кліматичних факторів ОРК повинна відповідати вимогам групи умов експлуатації OM1-3, викладених в ГОСТ 9.401-91. Матеріал, з якої виготовлено ОРК і її покриття не повинен підтримувати горіння і виділяти галогени.

Конструкція ОРК повинна мати модульний принцип будови і забезпечувати поетапне збільшення кількості абонентських портів від одного до восьми без демонтажу. Модульний принцип передбачає наявність нумераційних міток, бирок і наклейок. Такі засоби забезпечують визначеність

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						43
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

номенклатури компонентів для технічного обліку (номер: ОРК, сплітерного модуля, порту комутації).

Конструкція ОРК забезпечує наявність елементів, що гарантують необхідний радіус вигину оптичного волокна у відповідності із діючими стандартами. У разі установки ОРК поза кабельної ніші кожухом закривають місце введення оптичних кабелів. Глушками закривають усі незадіяні порти.

Не допускається наявність незахищених від випадкового пошкодження оптичних волокон, що доступні на етапі підключення абонентів.

Температура експлуатації + 5 °С / +50°С при відносній вологості 85%.
Температура зберігання -40°С / + 70°С при відносній вологості 98%.
Гарантійний термін експлуатації 36 місяців. Термін служби ОРК 25 років.
Упаковка ОРК необхідна для транспортування і зберігання в умовах, що передбачають захист від зовнішніх пошкоджень.

Комплект ОРК складається:

- з основи ОРК з одним роз'ємом SC/APC (для термінування кабелю БРМ або підключення накладного модуля з сплітерами 1x4 або 1x8) і отворами для прокладки міжповерхового кабелю діаметром до 13,5 мм;
- з додаткової основи з металевою кришкою для фіксації на стіні і захисту підстави і накладного модуля;
- з системи надійної фіксації ОРК на міжповерховому кабелі, що забезпечує відсутність «провертання» ОРК на кабелі;
- з системи установки і фіксації сплітера другого каскаду 1x4 або 1x8;
- з оптичного адаптеру SC/APC для комутації робочого волокна міжповерхового кабелю з входом сплітера другого каскаду;
- з кросового поля для комутації виходів сплітера другого каскаду з абонентськими кабелями;
- з комплекту нумераційних міток, бирок і наклейок;
- з комплекту транспортних трубок, стяжок, кріпильних хомутів;
- з паспорту, інструкції з монтажу.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						44
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було спроектовано магістральну волоконно-оптичну лінію зв'язку між містом Суми і селом Юнаківка.

У першому розділі обирався маршрут прокладання оптичного кабелю. Вирішено прокласти трасу по узбіччю автомобільного шляху Н07, що проходить безпосередньо від міста до села. Довжина кабельної траси складає 45 км та пролягає через такі населені пункти: Суми – Верхнє Піщане – Стецьківка – Кияниця – Юнаківка. У м. Суми прокладка буде відбуватися у кабельні каналізації. За межами населеного пункту змішаним способом, переважно безтраншейним за допомогою кабелеукладача. Прокладання лінії зв'язку через перешкоди буде здійснюватися із використанням пневмопробійників та установок горизонтально спрямованого буріння.

У другому розділі проведено розрахунки основних показників проекрованої лінії зв'язку. Знайдено загальне число каналів між кінцевими пунктами призначення. Воно дорівнює 7143 ктч. Обрахована необхідна швидкість передачі даних у 457,15 Мбіт/с. На підставі отриманих результатів обрано систему передачі Ericsson OMS 860 та кабель ОКЛ-Н-01-03/2,0-4. За загасанням і дисперсією визначено довжину регенераційної ділянки проекрованої траси. З отриманих значень вибрано найменше, що дорівнює 80,04 км. Довжина кабельної траси складає 45 км, що менше довжини регенераційної ділянки.

У третьому розділі розглянуті способи прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку. У даному проектуванні обрана захисна поліетиленова труба з типорозміром 40/33 мм. Описані процеси прокладки захисних труб за допомогою кабелеукладача та наведені способи прокладання оптичного кабелю у захисні поліетиленові труби. На перетинах з автомобільними дорогами та іншими перешкодами кабель буде прокладатися методом горизонтально-спрямованого буріння та методом проколу з використанням пневмоударних установок. За

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						45
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

винятком переходу через річку де роботи сплановано виконати методом горизонтально-спрямованого керованого буріння.

У четвертому розділі описані процеси монтажу оптичного кабелю зв'язку та монтажу оптичної розподільної коробки. Наведені вимоги до оптичних розподільних коробок при проведенні монтажу на стінах.

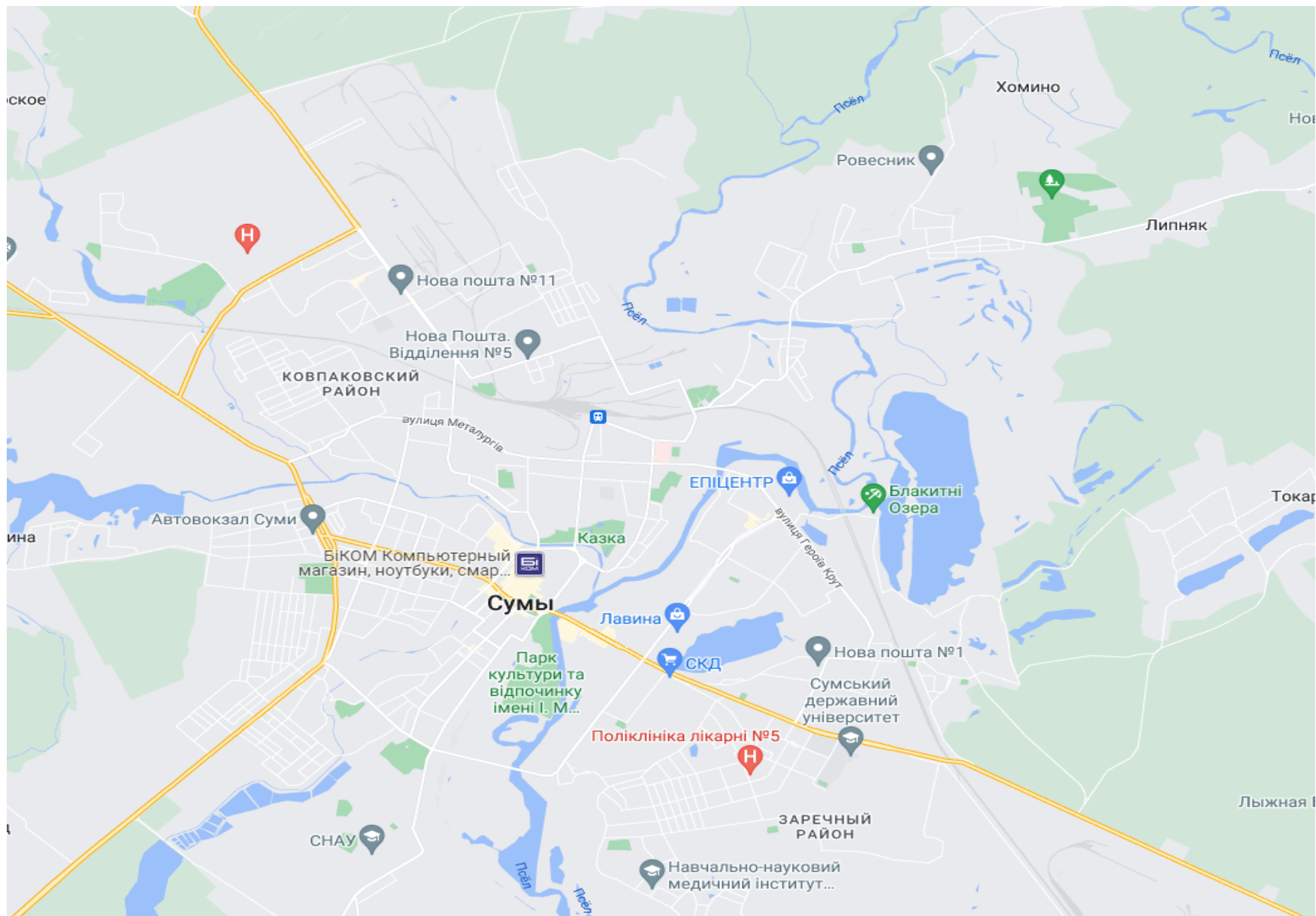
					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						46
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

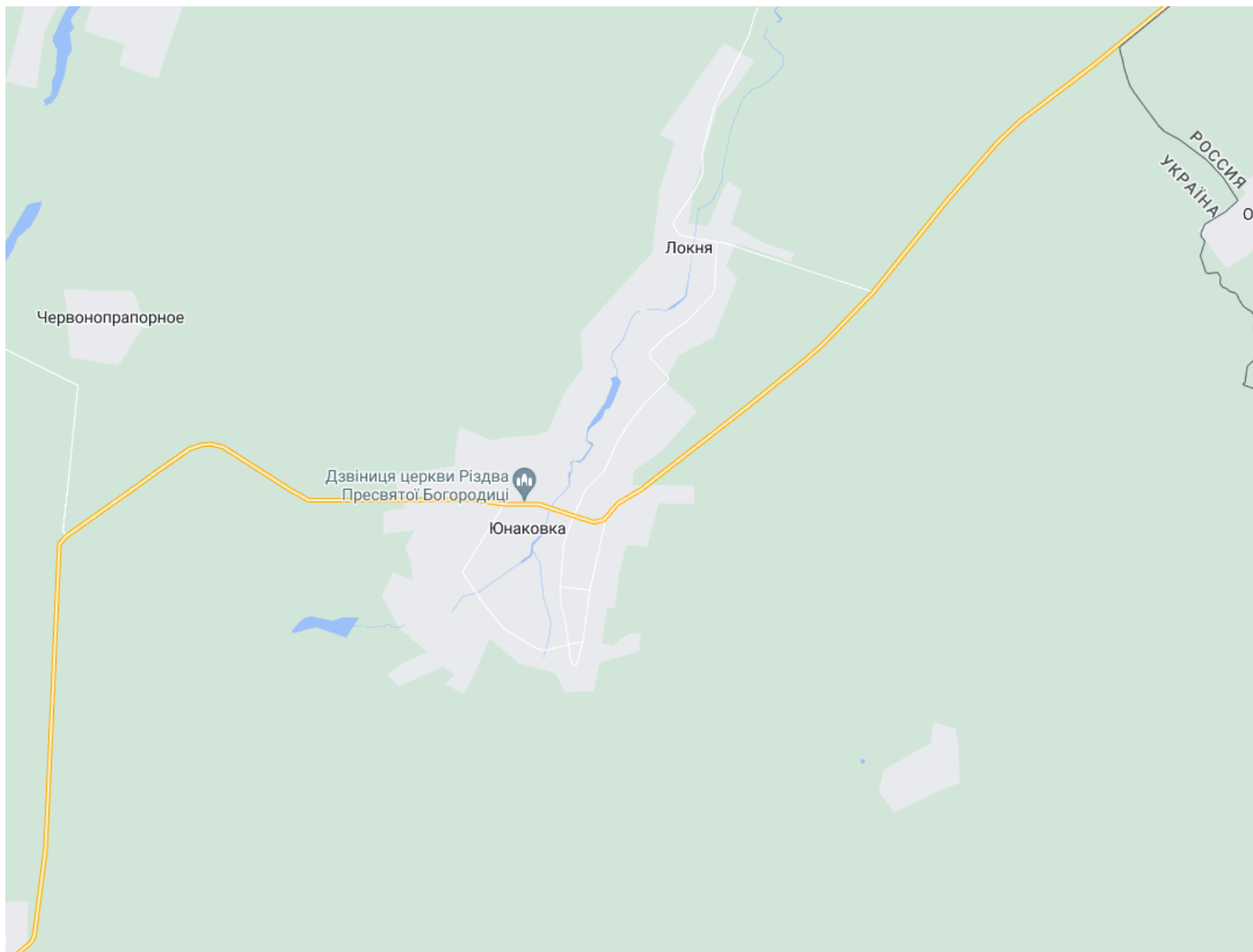
1. R. Hoss, Fiber Optic Communications Design Handbook (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, Inc., 2014).
2. Проектування і технічна експлуатація цифрових телекомунікаційних систем і мереж: Навчальний посібник для вузів / Є.Б. Алексеєв, В.Н. Гордієнко, В. В. Крухмальов та ін.; під ред. В.Н. Гордієнко, М.С. Тверецького. - 2-е вид., випр. - М.: Гаряча лінія - Телеком, 2015. – 392 с.: іл. - ISBN 978-5-9912-0254-3.
3. Волоконно-оптичні системи передачі та кабелі: довідник. - М.: Радіо і зв'язок, 2016.
4. Портнов Е.Л., Оптичні кабелі зв'язку, їх монтаж і вимірювання. Навчальний посібник для вузів. - М.: Гаряча лінія-Телеком, 2016. - 448 с.
5. Бондаренко О. В. Проектування одно хвильової волоконно-оптичної лінії передачі: Методичні вказівки з курсового проектування з дисципліни «Напрямні системи електричного та оптичного зв'язку». – Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2015 – 117 с.
6. В. Гроднев, Н.Д. Курбатов «Лінії зв'язку: Підручник для вузів». - 4-е вид., перероб. і доп. - М.: Зв'язок, 2012. - 440 с.: іл.
7. Кись О.М., Корнійчук В.І. Проектування волоконно-оптичної транспортної мережі: Навчальний посібник з курсового та дипломного проектування. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2015. – 92 с.: іл.
8. Керівництво з будівництва лінійних споруд магістральних і внутрішньозонових кабельних ліній зв'язку. - М.: Радіо і зв'язок, 2010.
9. Управління статистики. Населення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://sumy.ukrstat.gov.ua/>
10. Правила прокладки оптоволоконного кабеля [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sivcomsks.com/pravila-prokladki-optovolonno-go-kabelya/>
11. Прокладка ВОЛЗ в ґрунті [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://skomplekt.com/technology/prokladka_vols_v_grunte_zemle.htm

					ЕЛІТ 6.172.00.02.459 ПЗ	Арк
						47
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А «Схемотехнічна карта міста Суми»



Додаток Б «Схемотехнічна карта села Юнаківка»



Додаток В «Маршрут прокладання траси Суми – Юнаківка»

