

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 між містами
Суми-Охтирка»

Завідувач кафедри

А.С. Опанасюк

Керівник кваліфікаційної роботи

А.І. Новгородцев

Виконав студент гр. ТК-61

І.О. Дорошко

Суми 2020 р.

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 Дорошку Івану Олександровичу

1. Тема роботи: «Проектування волоконно-оптичної лінії зв'язку між містами Суми-Охтирка»

затверджено наказом по кафедрі від «___» _____ 20__ р. № ___

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 5.06.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Максимальна дальність зв'язку – до 100 км. 2. Лінію зв'язку реалізувати на базі оптичного кабелю. 3. Максимальна кількість каналів зв'язку – 8000. 4. Кількість типів каналів зв'язку – 7 5. Прокладка 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 пропускної 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 з 10 слайдів.

Дата видачі завдання: 10.03.2020 р.

Завдання прийняв до виконання: _____ Дорошко І.О.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Огляд літератури відповідно до теми дослідження	25.03.2020	
2	Аналіз виявленої літератури	10.04.2020	
3	Опис кінцевих пунктів та вибір траси волоконно-оптичної лінії зв'язку	25.04.2020	
4	Розрахунок проектованої траси	30.04.2020	
5	Опис будівельно-монтажних процесів під час прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку	10.05.2020	
6	Монтаж оптичного кабелю зв'язку	17.05.2020	
7	Структуризація всього матеріалу та оформлення кваліфікаційної роботи	24.05.2020	
8	Представлення кваліфікаційної роботи для захисту	10.06.2020	

Студент

Дорошко І.О.

Керівник кваліфікаційної роботи

Новгородцев А.І.

«___» _____ 2020 р.

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі бакалавра спроектована волоконно-оптична лінія зв'язку між м. Суми та м. Охтирка.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з чотирьох розділів, містить 40 сторінок тексту, 9 малюнків, 5 таблиць, графічний матеріал у вигляді презентації з 10 слайдів.

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

Другий розділ присвячений розрахунку проєктованої траси. А саме розраховано число каналів на магістралі та на підставі цих даних обрано систему передачі та кабель. Потім знайдено числову апертуру, нормовану частоту, ослаблення сигналу та дисперсію оптичного волокна. Наприкінці визначено довжину регенераційної ділянки проєктованої траси та зроблений висновок про необхідність встановлення регенераційних пунктів.

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

Четвертий розділ присвячений монтажу оптичного кабелю зв'язку, зокрема, монтажу оптичної розподільної коробки.

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

Кількість літературних джерел – 10.

ЗМІСТ

Список умовних позначок.....	4
Вступ.....	5
1 Опис кінцевих пунктів та вибір траси волоконно-оптичної лінії зв'язку	7
1.1 Характеристика кінцевих пунктів.....	7
1.2 Вибір траси волоконно-оптичної лінії зв'язку	8
2 Розрахунок проєктованої траси.....	10
2.1 Розрахунок числа каналів на магістралі.....	10
2.2 Вибір системи передачі та кабелю.....	12
2.3 Розрахунок числової апертури і нормованої частоти	17
3 Опис будівельно-монтажних процесів під час прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку	23
3.1 Прокладання волоконно-оптичного кабелю	23
4 Монтаж оптичного кабелю зв'язку.....	34
4.1 Монтаж оптичної розподільної коробки	34
Висновки	39
Література	41
Додаток А.....

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Проєктування волоконно-оптичної лінії зв'язку між містами Суми-Охтирка. Пояснювальна записка.	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Розроб.		Дорошко				3	41	
Перевір.		Новгородцев						
Реценз.								
Н. Контр.		Гапич				СумДУ, гр. ТК-61		
Затвердж.		Опанасюк						

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК

ОВ - оптичне волокно
ОК - оптичний кабель
ВОЛЗ - волоконно-оптична лінія зв'язку
PDH - плезіохронна цифрова ієрархія
SDH - синхронна цифрова ієрархія
ATM - асинхронний спосіб передачі даних
STM - синхронний транспортний модуль
КТЧ - канали тональної частоти
TDM - мультиплексування з часовим поділом
ПЕ - поліетилен
ОРП - обслуговуваний регенераційний пункт
НРП - необслуговуваний 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 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

Останнім часом одним з найбільш перспективних і зростаючих 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 за такими показниками, як пропускна здатність, довжина регенераційного ділянки, а також завадозахищеність.

До складу первинної мережі цифрових систем передачі даних входить середовище передачі сигналів і апаратура систем передачі. Сучасна цифрова первинна мережа може будуватися на основі трьох технологій: плезіохронної ієрархії (PDH), синхронної ієрархії (SDH) і асинхронного режиму передачі (ATM). З перерахованих технологій тільки перші дві в даний час можуть розглядатися як основа побудови цифрової первинної мережі.

Первинна цифрова мережа на основі PDH/SDH складається з вузлів мультиплексування (мультиплексорів), що виконують роль перетворювачів між каналами різних рівнів ієрархії стандартної пропускної здатності (нижче), регенераторів, що відновлюють цифровий потік на протяжних трактах, і цифрових кросів, які здійснюють комутацію на рівні каналів і трактів первинної мережі.

Первинна мережа будується на основі типових каналів, утворених системами передачі. Циклова структура сигналу використовується для синхронізації, процесів мультиплексування та демультиплексування між різними рівнями ієрархії каналів первинної мережі, а також для контролю блокових помилок. Апаратура передачі здійснює перетворення цифрового сигналу з циклової структурою в модульований електричний сигнал, що передається потім по середовищу передачі. Тип модуляції залежить від використовуваної апаратури і середовища передачі.

У середині цифрових систем передачі здійснюється передача електричних сигналів різної структури, на виході цифрових систем передачі утворюються

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
						5
Змн.	Адк	№ док.	Підпис	Дата		

канали цифрової первинної мережі, що відповідають стандартам по швидкості передачі, циклової структурі і типу лінійного коду.

Багатоканальні ВОЛЗ широко використовуються на магістральних і зонових мережах зв'язку країни, а також для пристрою сполучних ліній між міськими автоматичними телефонними станціями (АТС). Пояснюється це тим, що оптичне волокно (ОВ) володіє дуже широкою смугою пропускання.

Метою даної кваліфікаційної роботи є проектування лінії зв'язку на основі волоконно-оптичних кабелів. У зв'язку з чим особливу увагу приділено будівництву ВОЛЗ.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ доким.	Підпис	Дата		6

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

1.1 Характеристика кінцевих пунктів

Суми - центр обласної, міжрайонної та районної системи розселення; вузол залізничних та 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. У виробничій сфері ведуть діяльність 2915 підприємств. На цих підприємствах зайнято 96,6 тис. осіб. На 2559 підприємствах малого бізнесу працює 21 тис. осіб.

У промисловому секторі ведуть діяльність 936 підприємств, серед яких 58 мають статус великих і середніх. Вони забезпечують робочими місцями понад 41,9 тисяч осіб.

Основна продукція, яка випускається: обладнання для нафтогазового комплексу, хімічної промисловості, насоси, прилади, засоби автоматизації, мас-спектрометри, електронні мікроскопи, мінеральні добрива, лакофарбова продукція, гумотехнічні вироби, будівельні матеріали, меблі, швейні вироби, господарські товари, продовольчі товари народного споживання. Легка промисловість обласного центру представлена швейними, взуттєвими, суконними, камвольно-прядильними, порцеляновими виробництвами. Розвинена промисловість будівельних матеріалів. (за інформацією Сумської Торгово-промислової палати).

Станом на 1.03.2020 р. за оцінкою Головного управління статистики у Сумській області чисельність населення у місті Суми складає 264519 чоловік. Схемотехнічна карта міста Суми наведена на рис.1 (додаток А).

Охтирка - місто в Сумській області на Слобожанщині. Є адміністративним центром Охтирського району (до складу якого місто не входить) і Охтирської

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.им.	Підпис	Дата		7

міської ради, в яку, крім того, входять села Велике Озеро, Залужани, Козятин та Пристань.

У місті розміщені міська та районна ради, районна державна адміністрація Охтирського району Сумської області. Охтирка була одним з п'яти полкових міст Слобідської України. Місто є адміністративним, промисловим, духовним, культурним та історичним центром. Головна будівля - Покровський собор (Охтирка).

Населений пункт розташований на лівому березі річки Ворскли в межах лісостепової природної зони (в межах міста протікають також річки Охтирка і Гусинка). Через місто проходять автомобільні дороги Н12, Т1705, Р46 і залізниця, станція Охтирка.

Географічною особливістю міста є його розміщення в центрі своєрідного трикутника обласних центрів - Сум, Харкова та Полтави. Відстань до обласного центру становить 79 км (автошлях Н12), до Харкова і Полтави - близько 100 км.

Станом на 1.03.2020 р. за оцінкою Головного управління статистики у Сумській області чисельність населення у місті Охтирка складає 47781 чоловік. Схемотехнічна карта міста Охтирка наведена на рис.2 (додаток А).

1.2 Вибір траси волоконно-оптичної лінії зв'язку

Траса прокладки кабелю визначається розташуванням кінцевих пунктів. Всі вимоги, що враховуються при виборі траси, можна звести до трьох основних: мінімальні капітальні витрати на будівництво; мінімальні експлуатаційні витрати; зручність обслуговування.

Для забезпечення першої вимоги враховують протяжність траси, наявність і складність перетину річок, залізних і шосейних доріг, трубопроводів, характер місцевості, ґрунтів, ґрунтових вод, можливість застосування механізованої прокладки, необхідність захисту споруд зв'язку від електромагнітних впливів та корозії, можливість і умови доставки вантажів (матеріалів, обладнання) на трасу.

Для забезпечення другого і третього вимог враховують житлово-побутові умови та можливість розміщення обслуговуючого персоналу, а також створення

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
						8
Змн.	Адк	№ док.м.	Підпис	Дата		

відповідних умов для виконання службових обов'язків. Для дотримання зазначених вимог траса повинна мати найліпший відстань між заданими пунктами і найменшу кількість перешкод, що ускладнюють і здорожують будівництво. За межами населених пунктів трасу зазвичай вибирають в смузі відведення автомобільних доріг або вздовж профільованих доріг.

При аналізі можливих варіантів будівництва лінії на проєктованій ділянці, було з'ясувано, що найбільш раціональний варіант прокладки кабелю - уздовж правого узбіччя автошляху Н12 у напрямку до м. Охтирка.

Загальна довжина ВОЛЗ складає 77 км. Траса пролягає через такі населені пункти: Суми – Верхня Сироватка – Боромля – Тростянець – Климентове – Охтирка. Маршрут прокладання траси наведений на рис.3 (додаток А). У м. Суми, м. Тростянець, м. Охтирка прокладка буде відбуватися у кабельні каналізації, за межами цих міст переважно безтраншейним способом за допомогою кабелеукладача. Прокладання комунікацій через перешкоди буде здійснюватися за допомогою пневмопробійників та установок горизонтально-спрямованого буріння (ГСБ).

Автошлях Н12 – автомобільний шлях національного значення на території України, Суми – Полтава. Проходить територією Сумської та Полтавської областей.

Починається в Сумах, проходить через Тростянець, Охтирку, Котельву, Опішню, Диканьку та закінчується в Полтаві.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
						9
Змн.	Адк	№ доким.	Підпис	Дата		

2 РОЗРАХУНОК ПРОЕКТОВАНОЇ ТРАСИ

2.1 Розрахунок числа каналів на магістралі

Число 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.

Враховуючи те, що телефонні канали в міжміському зв'язку мають превалююче значення, необхідно визначити спочатку кількість телефонних каналів між заданими кінцевими пунктами. Для розрахунку телефонних каналів використовують наближену формулу:

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

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

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

$$m = \gamma * H,$$

де γ – коефіцієнт оснащеності населення телефонними апаратами;

H – кількість населення, чол.

Для міста Суми - $H_{\text{Суми}} = 264519$ чол.

Для міста Охтирка - $H_{\text{Охтирка}} = 47781$ чол.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
						10
Змн.	Адк	№ док.м.	Підпис	Дата		

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

Для м. Суми:

$$m_a = x * N_{\text{Суми}} = 0,7 * 264519 = 185164 \text{ чол.}$$

Для м. Охтирка:

$$m_b = x * N_{\text{Охтирка}} = 0,7 * 47781 = 33447 \text{ чол.}$$

Звідси знайдемо кількість телефонних каналів тональної частоти (КТЧ):

$$n_{\text{тф}} = 1,3 * 0,05 * 0,05 * \frac{185164 * 33447}{185164 + 33447} + 5,6 \approx 98 \text{ ктч.}$$

Загальне число каналів між двома міжміськими станціями заданих пунктів 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.

На сьогоднішній день потреба в передачі даних стає більшою, ніж потреба в телефонних каналах, тому число каналів передачі даних можемо прийняти як $n_{\text{пд}} = 1,3 * n_{\text{тф}}$. Для мережі Internet виділимо 4500 ктч, для оренди - 1000 ктч та також передбачимо двосторонній телевізійний канал, що займає 1600 ктч.

Тоді загальне число каналів складе:

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.им.	Підпис	Дата		11

$$n_{\text{заг}} = 2 * n_{\text{тф}} + n_{\text{пд}} + n_{\text{тв}} + n_{\text{инт}} + n_{\text{ор}} + n.$$

Підставимо чисельні значення в формулу та отримаємо:

$$n_{\text{заг}} = (2 + 1,3) * 98 + 4500 + 1000 + 1600 = 7424 \text{ ктч.}$$

Далі потрібно визначити необхідну швидкість передачі даних B . Пропускна здатність одного КТЧ складає 64 кбіт/с. Тоді:

$$B = 64 * 7424 = 475,14 \frac{\text{Мбіт}}{\text{с}}.$$

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

2.2 Вибір системи передачі та кабелю

Однією з найбільш поширених технологій, на основі якої може будуватися сучасна первинна мережа, є технологія SDH. Такі переваги, як велика пропускна здатність трактів, гнучкість, багатозможливість динамічно нарощувати ємність мережі без переривання трафіку, дуже висока ступінь надійності, обумовлена різними механізмами резервування, можливість виділення (додавання) каналів у будь-якій точці мережі, зручність управління і адміністрування, сприяли ширшому впровадженню SDH. Мережі SDH зайняли міцне положення в телекомунікаційному світі. Сьогодні вони становлять фундамент практично всіх великих мереж — регіональних, національних і міжнародних.

Систему передачі оберемо компанії Ericsson. Серія OMS 800 є частиною портфеля оптичного мультисервісного обладнання компанії Ericsson. Серія складається з надкомпактних оптичних транспортних рішень, що дозволяють оператору одночасно розгорнути послуги Ethernet і традиційні TDM-послуги в одній точці з метою швидкого повернення інвестицій.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
						12
Змн.	Адк	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продукти серії OMS 800 - це мультисервісні (засновані на технологіях TDM і Ethernet) пристрої для передачі і термінування як пакетних даних, так і голосового трафіку в міських мережах доступу. Серія OMS 800 не тільки спрощує створення нових сервісів, але і розширює функціональність традиційних SDH-рішень шляхом застосування в існуючих мережах технологій Ethernet, GFP (для ефективного завантаження фреймів Ethernet в контейнери SDH (VC)), LCAS (для гнучкого налаштування смуги пропускання), і VCAT (для ефективного використання та розподілу пропускнуої здатності мережі).

Лінійка OMS 800 представлена трьома окремими продуктами:

- 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, с великою кількістю інтерфейсів E1 (до 16), і невеликою кількістю інтерфейсів FE (4) або GE (1).

Для нашої роботи оберемо мультиплексор Ericsson OMS 860.

Зовнішній вигляд цього мультиплексора наведений на рис.4.



Рисунок 4 - Зовнішній вигляд мультиплексора Ericsson OMS 860

OMS 860 має вихідну пропускну здатність 2xSTM-1/4 (в залежності від використовуваних модулів SFP), вбудований трибутарний модуль 16xE1 (120 Ом) і 2 слота для додаткових трибутарних модулів.

Структура внутрішньої шини базується на STM-4 для TDM трафіку і 1x5Gbps для взаємодії модулів Ethernet. OMS 860 може функціонувати як

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.м.	Підпис	Дата		13

термінальний мультиплексор (TM), мультиплексор введення/виведення (ADM), неблокуємий крос-комутатор (DXC), комутатор Ethernet 2-го рівня. Підтримується також функціональність EoSDN.

Параметри оптичних інтерфейсів рівня STM-4 компанії Ericsson наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Параметри оптичних інтерфейсів рівня STM-4 компанії ERICSSON

Назва параметра	Одиниці вимірюв.	Значення параметру				
		S-4-1	S-4-2	L-4-1		L-4-2
Номінальна швидкість передавання	Мбіт/с	622,08				
Тип інтерфейсу	-	S-4-1	S-4-2	L-4-1		L-4-2
Діапазон робочих довжин хвиль	нм	1293...1334	1430...1580	1230...1325	1280...1335	1480...1580
Тип джерела випромінювання	-	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM
Максимальний рівень вихідної оптичної потужності	дБм	-8	-8	+2		+2
Мінімальний рівень вихідної оптичної потужності	дБм	-15	-15	-3		-3
Мінімальний рівень чутливості	дБм	-28	-28	-28		-28
Діапазон загасання	дБ	0...12	0...12	10...24		10...24

У кваліфікаційній роботі будемо використовувати інтерфейс L-4-2, тому що він забезпечує максимальні довжини регенераційних ділянок та призначений для роботи в третьому вікні прозорості (1550 нм), що задовольняє змісту завдання роботи.

На основі обраної системи передачі визначається число волокон за правилом: на одну систему передачі відводиться два оптичних волокна. Так як обрана одна система передачі, то потрібно два оптичних волокна. Ще два

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.им.	Підпис	Дата		14

відіграють роль резервних у разі порушення режиму роботи основних. Разом 4 волокна.

Для даної системи передачі оберемо кабель ОКЛ-Н-01-24-10/125-2,7 з метою його подальшого задування в захисну поліетиленову трубу (ЗПТ).

Оптичний кабель зв'язку не броньований (ОКЛ), що містить діелектричний сердечник, що складається з центрального силового елемента у вигляді склопластикового стрижня (01). Оболонка кабелю виконана з полімерного матеріалу, що не поширює горіння при одиночній прокладці (клас ПРГО1)(Н). Кабель містить вісім (24) стандартних одномодових волокон (10/125). Допустиме розтягуюче навантаження кабелю (2,7)кН.

Переваги:

- не поширює горіння при одиночній прокладці;
- мінімальна вага і діаметр;
- оптимальна стійкість до впливу розтягуючих і розчавлюючих навантажень;
- високий електричний опір захисної оболонки протягом усього терміну служби;
- оптимальна жорсткість і низький коефіцієнт тертя оболонки (для задування в спеціальні труби);
- низька температура прокладки і експлуатації;
- зручність прокладки і монтажу;
- великий термін служби.

Конструкція кабелю ОКЛ-Н-01-24-10/125-2,7 наведена на рис.5.

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. У корделях для стійкості констру використовуються суцільні поліетиленові (ПЕ) стрижні. Поясна ізоляція представлена у вигляді лавсанової стрічки, накладена поверх скручування. Водоблокуючі матеріали заповнюють порожнечі скрутки по всій довжині. Зовнішня оболонка виконана з поліетилену,

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.им.	Підпис	Дата		15

що не поширює горіння при одиночній прокладці, що не містить галогенів з низьким димовиділенням.

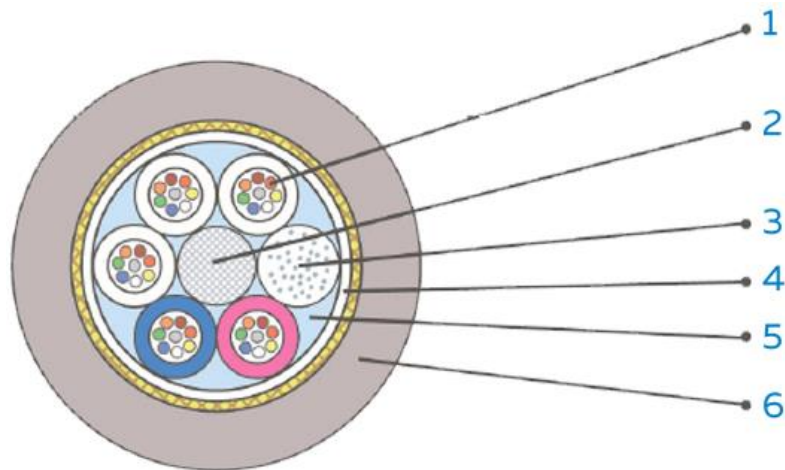


Рисунок 5 – Конструкція кабелю ОКЛ-Н-01-24-10/125-2,7:

1 – оптичні волокна; 2 – силовий елемент; 3 – корделі; 4 – поясна ізоляція; 5 – водоблокуючі матеріали; 6 – зовнішня оболонка.

Умови експлуатації кабелю наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Умови експлуатації кабелю

Температура експлуатації	от -60° С до +70° С
Мінімальний радіус вигину	не менше 20 діаметрів кабелю
Мінімальна температура прокладки	-30° С
Температура транспортування і зберігання	от -60° С до +50° С
Термін служби	30 років
Термін гарантійної експлуатації (гарантія)	3 роки
Мінімальний радіус вигину оптичних волокон	не менше 3 мм
Будівельна довжина	до 6 км

Технічні характеристики кабелю наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Технічні характеристики кабелю

Кільк. ОВ у кабелі	Діаметр, мм	Вага, кг/км	Розтягуюче зусилля, кН	Розчавлююче зусилля, кН/см	Радіус вигину, мм	
					монтаж	експлуатація
До 20	7,9	70	1,0	0,2	158	118
До 30	8,2	76	1,0	0,2	164	123
До 48	8,9	89	1,5	0,2	200	150
До 32	9,7	95	1,5	0,2	194	145
До 48	10,0	104	2,7	0,3	200	150

Параметри оптичного кабелю наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Параметри оптичного кабелю

Параметри оптичного кабелю	Позначення	Значення
Діаметр оболонки, мкм	d_o	125
Діаметр серцевини, мкм	d_c	10
Коефіцієнт заломлення серцевини	n_1	1,479
Коефіцієнт заломлення оболонки	n_2	1,474
Довжина хвилі джерела, мкм	λ	1,55
Коефіцієнт загасання, дБ/км	α	0,22
Питома матеріальна дисперсія, пс/(км×нм)	$M(\lambda)$	-18
Питома хвильова дисперсія, пс/(км×нм)	$B(\lambda)$	12

2.3 Розрахунок числової апертури і нормованої частоти

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

Розрахунок апертури проводиться за наступною формулою:

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

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

$$NA = \sqrt{1,479^2 - 1,474^2} = 0,12.$$

Режим роботи ОВ визначається узагальненим параметром - нормованою частотою ОВ. Як правило, якщо даний параметр знаходиться в межах від 0 до 2,405, то має місце одномодовий режим передачі, якщо ж даний параметр більше, режим роботи - багатомодовий.

Розрахунок нормованої частоти v проводиться за формулою:

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

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.м.	Підпис	Дата		17

де λ - довжина хвилі випромінювача, мкм;

d_c - діаметр серцевини ОВ, мкм.

Тоді:

$$\nu = \frac{3,14 * 10}{1,55} * 0,12 = 2,19.$$

Даний параметр знаходиться у межі до 2,405, звідки підтверджується те, що кабель, який використовується у роботі, є одномодовим.

2.3.1 Розрахунок ослаблення сигналу в оптичному волокні. Коефіцієнт загасання світловодних трактів оптичних кабелів α (дБ/км), що обумовлений впливом власних втрат світловода α_c і кабельних втрат α_k , розраховується за формулою:

$$\alpha = \alpha_b + \alpha_k,$$

де α_b - коефіцієнт власних загасань, дБ/км;

α_k - кабельні втрати, дБ/км.

Величина кабельних втрат в реальних умовах становить від 0,1 до 0,3 дБ/км, візьмемо це значення рівним 0,1 дБ/км. Власні втрати складаються з трьох складових:

- α_{Π} - ослаблення за рахунок поглинання;
- $\alpha_{\text{дом}}$ - ослаблення за рахунок наявності в матеріалі ОВ сторонніх домішок;
- α_p - ослаблення за рахунок втрат на розсіяння.

Звідси розраховується за формулою:

$$\alpha_b = \alpha_{\Pi} + \alpha_p + \alpha_{\text{дом}}.$$

Ослаблення за рахунок поглинання лінійно зростає з частотою і пов'язане з втратами на діелектричну поляризацію. При сучасному рівні технології виготовлення ОВ коефіцієнт заломлення практично має дійсне значення, і втрати

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.м.	Підпис	Дата		18

на поглинання можна не враховувати порівняно з іншими складовими. Втрати енергії також істотно зростають через наявність в матеріалі ОВ сторонніх домішок, таких як гідроксильні групи, іони металів та ін.

В області резонансів власних коливань іонів домішок зазвичай є сплески загасання (ослаблення). Зазвичай із-за домішок виникають сплески ослаблення на хвилях 0,95 і 1,4 мкм. При цьому спостерігаються три вікна прозорості світловода з малими ослабленнями в діапазонах хвиль 0,8-0,9, 1,2-1,3, 1,5-1,6 мкм. Так як довжина хвилі джерела випромінювання дорівнює 1,55 мкм, то втратами за рахунок наявності домішок можна знехтувати.

Розсіювання обумовлено неоднорідностями електричних параметрів матеріалу ОВ, домішками, розміри яких менше довжини хвилі, та теплової флуктуацією показника заломлення.

Коефіцієнт загасання за рахунок розсіювання (дБ/км) визначимо за формулою:

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

де λ - довжина хвилі, мкм,

n_1 - показник заломлення серцевини ОВ.

Отримаємо:

$$\alpha_p = 1,2 * \frac{(1,479^2 - 1)}{1,55^4} = 0,247 \frac{\text{дБ}}{\text{км}}$$

Враховуючи зневаги, розрахуємо 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.

Підставимо значення в формулу та отримаємо:

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.им.	Підпис	Дата		19

$$\alpha \approx 0,247 + 0,1 = 0,347 \frac{\text{дБ}}{\text{км}}$$

2.3.2 Дисперсія і пропускна здатність оптичного волокна. Смуга частот F , що пропускається ОВ, визначає об'єм інформації, який можна з заданою якістю передати по оптичному кабелю (ОК). Теоретично по ОВ можна організувати величезне число каналів на великі відстані, а практично F обмежена. Це обумовлено тим, що сигнал на інший кінець приходить спотвореним (імпульс розмивається, уширюється) внаслідок різниці фаз його складових. Дане явище оцінюють величиною уширення переданих імпульсів.

Уширення імпульсу, що відноситься до 1 км, називають дисперсією (с/км).

Для одномодового волокна дисперсію можна визначити за формулою:

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

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

Тоді:

$$\tau = \frac{0,12^4}{8 * 1,479^3 * 3 * 10^5} = 2,67 * 10^{-11} \left(\frac{\text{с}}{\text{км}} \right).$$

Коефіцієнт широкосмуговості ΔF (Гц·км) або пропускна здатність ОВ визначається за формулою:

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

де τ - дисперсія ОВ, с/км.

Обчислимо:

$$\Delta F = \frac{1}{2,67 * 10^{-11}} = 3,745 * 10^{10} \text{ Гц} \cdot \text{км}$$

Коефіцієнт широкосмуговості задовольняє необхідним вимогам для роботи з системою передачі SDH.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док-м.	Підпис	Дата		20

2.3.3 Визначення довжини регенераційної ділянки. Довжина регенераційної ділянки волоконно-оптичної лінії зв'язку визначається двома параметрами ОВ. З одного боку, це загасання оптичного волокна, з іншого - дисперсія.

Довжина регенераційної ділянки за загасанням (км) визначається за формулою:

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

де P_0 - потужність передавача, дБм;

P_{kmin} - мінімальна чутливість приймача, дБм;

α_n - втрати у нероз'ємних з'єднаннях, повинно бути не більше 0,1 дБ;

α_p - втрати в роз'ємних з'єднаннях, дБ, повинно бути не більше 0,5 дБ;

$l_{буд}$ - будівельна довжина кабелю, км.

Довжина регенераційної ділянки (км) за дисперсією визначається за формулою:

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

де ΔF - пропускна здатність ОВ, Гц·км;

$\Delta F_{доп} = B/\sqrt{2} = \frac{622,08 * 10^6}{\sqrt{2}} = 439,88 * 10^6$ (Гц) – допустима ширина смуги

пропускання, визначається швидкістю передачі цифрової інформації B (біт/с);

B – швидкість перелачі інтерфейсу STM-4, біт/с.

Розрахуємо довжину регенераційної ділянки за затуханням:

$$l_p \leq \frac{(2 - (-28) - 0,1 - 2 * 0,5) * 6}{0,1 + 0,347 * 6} = 79,47 \text{ км.}$$

Розрахуємо довжину регенераційної ділянки за дисперсією:

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
						21
Змн.	Адк	№ доким.	Підпис	Дата		

$$l_p = \frac{3,745 * 10^{10}}{439,88 * 10^6} = 85,14 \text{ км.}$$

З отриманих значень вибираємо найменше. Таким чином, довжина регенераційної ділянки повинна бути не більше 79,47 км.

Кількість регенераційних ділянок між кінцевими пунктами визначимо за формулою:

$$n_{рд} = \frac{l_{кп1-кп2}}{l_p},$$

де $l_{кп1-кп2}$ – довжина проекрованої кабельної траси, км;

l_p - довжина регенераційної ділянки, км

Тоді отримаємо:

$$n_{рд} = \frac{77}{79,47} = 0,97.$$

Таким чином, вся проектована траса є однією ділянкою регенерації.

На рис.6 покажемо схему розміщення регенераторів для проекрованої ВОЛЗ:



Рисунок 6 - Схема розміщення регенераторів

У зв'язку з малою довжиною траси і прийнятними показниками дисперсії та загасання немає необхідності у встановленні регенераційних пунктів (РП) на проектованій ділянці.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ доким.	Підпис	Дата		22

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

3.1 Прокладання волоконно-оптичного кабелю

У світовій практиці система, що складається з трубки з поліетилену високої міцності та кабелю отримала розвиток, як альтернативний варіант кабельним лініям з армованого (броньованого) кабелю, що прокладаються безпосередньо в ґрунт. Ця система має наступні переваги: трубка несе функцію механічного захисту кабелю, у зв'язку з чим, може бути застосований кабель полегшеної конструкції, тобто менш матеріаломісткий і відповідно менш витратний, ніж армований кабель.

Вважається, що поєднання неармованого кабелю і трубки забезпечує ефективну систему захисту у порівнянні з армованим кабелем. Прокладку порожніх трубок можна проводити за допомогою традиційних технічних засобів без побоювання впливу на кабель. Операція введення кабелю проводиться тільки після виконання основної частини земляних робіт.

Одночасно можна прокладати кілька трубок, враховуючи як найближчу потребу в лініях зв'язку, так і резервування на перспективу розширення мережі в майбутньому, без проведення повторного процесу земляніших робіт. У разі якщо кабель, що знаходиться в каналі, пошкоджений або перестав задовольняти сучасним потребам може бути вилучено і замінено іншим.

3.1.1 Вибір використовуваного типу захисної поліетиленової труби.

При виборі технічних параметрів захисної поліетиленової труби слід керуватися наступним: діаметр вхідного кабелю повинен бути приблизно в два рази менше внутрішнього діаметра труби. При плануванні на перспективу збільшення ємності і відповідно діаметра оптичного кабелю це співвідношення повинно бути враховано.

Труби для ВОЛЗ від компанії «Укрполімерконструкція» захищають дроти від наступних загроз:

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.м.	Підпис	Дата		23

- вібрації та підземні поштовхи;
- пошкодження від діяльності людини і техніки;
- вплив підземних вод;
- руйнування інфраструктури гризунами;
- різкі зміни температури.

Також захисні труби для оптоволоконних комунікацій запобігають загоряння кабелів і продовжують термін служби дротів. Вони спрощують проведення будівельних і ремонтних робіт, дозволяють облаштувати інфраструктуру без погіршення зовнішнього вигляду об'єкта. Вся внутрішня поверхня труби має ребристу поверхню, що забезпечує мінімальну силу тертя під час монтажних робіт.

Діаметр проектного кабелю ОКЛ-Н-01-24-10/125-2,7 становить 8 мм. З урахуванням зазначених вище міркувань і планами в перспективі прокладки додаткового кабелю зв'язку проектом передбачається використовувати трубу типорозміру 40/33.

3.1.2 Прокладання захисних труб. Організаційно і технологічно прокладка труби мало, чим відрізняється від прокладки кабелів зв'язку і повинна виконуватися у відповідності зі вказівками чинного «Керівництва з будівництва лінійних споруд магістральних і внутрішньозонових кабельних ліній зв'язку».

Прокладка труб в ґрунт може проводитися як безтраншейним способом, так і у відкриту траншею з подальшим їх укладанням. При проектуванні необхідно максимально прагнути до прямолінійності траси, так як труба утворює кабельний канал, в який буде в подальшому вводиться кабель. При необхідності зміни напрямку траси радіус вигину труби не повинен бути менше двох метрів. Прокладка труб повинна проводитись максимальними будівельними довжинами з найменшою кількістю з'єднань.

Для прокладки труб можуть використовуватися будь-які типи кабелеукладачів. Використовувати кабелеукладач слід на спрямлених і

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.им.	Підпис	Дата		24

протяжних трасах, при відсутності частих перетинів з підземними комунікаціями.

Згідно з «Керівництвом з будівництва лінійних споруд магістральних і внутрішньозонових кабельних ліній зв'язку» прокладка кабелів у ґрунтах I-III груп відбувається на глибині 0,9 - 1,2 метри ручним способом у відкриту траншею або механізованим безтраншейним способом із застосуванням кабелеукладача.

Глибина розроблюваних траншей повинна враховувати необхідність підсипки піску або пухкого ґрунту висотою 5-10 см для вирівнювання дна траншеї, виконання плавних переходів через великі кам'яні включення, що не витягуються. Мінімальна ширина траншей, що розробляються землерийними механізмами, повинна забезпечувати укладання необхідної кількості труб і кабелів (при їх спільному закладенні) в один або два шари і визначатися розмірами робочого органу (ланцюгового розпушувача, фрези, ковша), а також враховувати можливість доведення траншеї ручним способом.

Перед самим укладанням труб дно траншеї повинно бути обстежено і очищено від каменів, уламків порід і грудок глини, вирівняно підсипкою піску або пухкого ґрунту і якщо можливо злегка ущільнено. Труби повинні укладатися в траншею негайно після її розробки.

Прокладка труб кабелеукладачем повністю аналогічна прокладці волоконно-оптичного кабелю телекомунікаційного зв'язку з бронепокровами, але має кілька додаткових вимог:

1. Для запобігання випадкових пошкоджень захисних труб під час укладання, треба забезпечити максимально плавний хід кабелеукладача. Захисна труба повинна виходити з касети кабелеукладача без проходження меж мінімального вигину. Тому для входу і виходу ножа кабелеукладача необхідно копати котловани, які за розміром в два рази довше, ніж найбільший показник ширини ножа з касетою.

2. Захисні поліетиленові труби низького тиску (ПНТ), які опинилися на перетині будівельних довжин, треба перекривати не менше ніж на один метр і

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.м.	Підпис	Дата		25

пов'язувати між собою смоляною стрічкою. Зверху даної стрічки трубу обмотують іншою стрічкою зі склотканини або аналогічного матеріалу, який не викликає забруднень на внутрішній поверхні каналу касети кабелеукладочної техніки. На кінці захисних труб кріпляться спеціальні водонепроникні заглушки.

3. Прохід ножа кабелеукладача буде можливий не на всіх ділянках траси, оскільки територія прокладки рідко буває однорідною. Такі ділянки слід визначити і підготувати заздалегідь. Для проходження використовують наскрізну ручну укладку з приямками на кінці кожної ділянки мережі. Це роблять, щоб забезпечити плавний вихід ножа кабелеукладача.

4. У зонах траси з крутими поворотами, заповнення яких також не може забезпечити кабелеукладочна техніка через радіус повороту, необхідно вирити траншею, щоб можна було зробити маневр.

5. У маловідомих і складних ґрунтах перш ніж проводити роботи про прокладці труб кабелеукладачем, рекомендується провести попередню прорізку. Попередня прорізка в складних або кам'янистих ґрунтах проводиться в кілька етапів. Роблять це до повного проходження потрібної глибини траси.

3.1.3 З'єднання захисних труб та оптичного кабелю. Перед з'єднанням труб між собою кінці труб повинні мати рівний і перпендикулярний до поздовжньої осі зріз, обтертий від пилу і бруду. З'єднання труб, що не містять всередині кабель має виконуватися: за допомогою пластмасових, металевих, електрозварювальних та компенсуючих муфт.

Метод з'єднання за допомогою пластмасових муфт має переважне поширення в силу наступних своїх якостей: утворюється герметичне з'єднання труб з тиском, що допускається всередину кабелеводом, до 2,5 МПа, має високу стійкість до впливу агресивних середовищ, не має металевих деталей, дозволяє неодноразовий монтаж-демонтаж, дозволяє з'єднання труб різного діаметру, простий в монтажі.

Пластмасові муфти повинні застосовуватися тільки на прямолінійних з'єднаннях труб і не піддаватися при монтажі силовим вигинам і розтягуючим

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.им.	Підпис	Дата		26

навантаженням. Рекомендується уникати розміщення муфт на вигинах труби. Так само необхідно пам'ятати, що причиною негерметичного з'єднання є неякісний монтаж муфт, а саме: задирки гумового ущільнення, зіпсована поверхня трубки в зоні контакту з ущільненням, наявність піску і бруду, викривлення труб у місці з'єднання.

Прокладку оптичного кабелю для задування в ЗПТ можна здійснювати великими будівельними довжинами від 2 до 6 км. Подібний підхід дозволяє проводити спорудження мереж зв'язку без використання великого числа оптичних з'єднувальних муфт, які потрібні для стикування будівельних довжин. Потрібне тільки окінцювання оптоволоконного кабелю. Така конструкція кабельного каналу дозволяє скоротити втрати сигналу в мережі і значно підвищити її надійність.

Зрощування двох оптичних волокон потрібно проводити з максимальною, навіть мікронною точністю. Для цього потрібно використовувати спеціальне зварювальне обладнання. Необхідно забезпечити наступні умови:

- простоту монтажу. Необхідно застосовувати максимально прості, але ефективні технології зрощування волокон. Обладнання для зрощування та інструмент повинні забезпечити простоту поводження з ними та керуватися однією навченою людиною для кожної одиниці обладнання;

- низькі внесені втрати. Необхідно максимально знижувати втрати в мережі на етапі монтажу і продумати їх для етапу подальшої експлуатації. Для цього всі з'єднання необхідно здійснювати згідно з інструкціями, за допомогою муфт хорошої якості і обладнання з високою точністю зварних з'єднань волокна;

- хорошу повторюваність. Необхідно забезпечити якість з'єднань настільки, щоб їх багаторазове стикування і розстикування не призводило до збільшення втрат.

Важливу роль в цьому відіграє якість самого оптичного кабелю і ефективність зварного обладнання. З урахуванням наведених вище факторів, найбільш ефективним методом з'єднання волокон в ОК визнається їх зварювання

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.им.	Підпис	Дата		27

зварювальним апаратом з подальшим розміщенням у спеціальну з'єднувальну муфту.

3.1.4 Прокладання оптичного кабелю у поліетиленові труби. В залежності від класу волоконно-оптичної лінії зв'язку, масштабності робіт, технічної оснащеності та економічної доцільності, прокладка оптичного кабелю в поліетиленову трубу може виконуватися будь-яким з представлених нижче технічних способів, поширених у світовій практиці:

- ручне затягування кабелю;
- затягування кабелю механізованим способом;
- метод пневматичного задування кабелю в пластмасовий трубопровід.

Пневматичне задування кабелю в ПНТ-трубу зазвичай застосовується при прокладці великих будівельних довжин. Метод задувки заснований на дії сили повітря, який подається в трубу ПНТ під надлишковим тиском. Для робіт із задування оптоволокна в трубу застосовується спеціальний комплекс обладнання для задування.

Метод пневматичної задувки оптики значно більш зручний і економічний у порівнянні з іншими методами прокладки ОК в ПНТ-трубу. Він скорочує терміни проведення робіт, не вимагає присутності великої кількості персоналу, обладнання для задування може керуватися одним фахівцем, воно досить просте в освоєнні.

Ручне затягування кабелю в захисні ПНТ-труби проводиться, в основному, на невеликих ділянках або при проходженні перетинів. Для полегшення проходження кабелю через трубу можна скористатися спеціальним лубрикантом (мастилом).

Механізоване затягування проводиться за допомогою лебідок. Цей спосіб можна застосовувати і на довгих ділянках траси, однак, він менш продуктивний у порівнянні з методом пневматичної задувки оптоволокна. Після прокладки кожної будівельної довжини оптичного кабелю необхідно провести контрольні

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.	Підпис	Дата		28

вимірювання загасання в оптичних волокнах, яке повинно бути в межах встановленої кілометричної норми.

3.1.5 Позначення траси прокладки кабелю. Траси підземних кабелів на заміських ділянках позначають залізобетонними замірними стовпчиками або іншими пристосуваннями. Стовпчики встановлюються в місцях положення муфт, на поворотах траси, на її перетинах з водними перешкодами, дорогами і підземними спорудами.

Стовпчики розміщують на відстані 0,1 м від кабелю або муфти з боку поля. Вони встановлюються на прямолінійних ділянках траси через кожні 250-300 м, а в кривих – через кожні 150 м, біля місць з'єднань, біля вершини кутів повороту траси, біля кінців захисних труб при перетині залізних і автомобільних доріг, місць перетину водопроводу та інших підземних комунікацій.

3.1.6 Перетинання проектованої волоконно-оптичної лінії зв'язку з перешкодами. Траса проектованої магістралі має перетини з:

- автомобільними дорогами – 4;
- залізницями – 4;
- річками: Псел, Сироватка, Боромля, Ворскла.

При прокладанні трубопроводів під дорогами та іншими перешкодами загалом існують два основних шляхи виконання робіт: відкритий і закритий.

При відкритому способі необхідним є розриття поперек дороги траншеї з пошкодженням дорожнього покриття і зупинкою руху транспорту по ній під час прокладки труб. Все це пов'язано з низкою незручностей і, крім того, викликає подорожчання робіт, так як з'являється необхідність відновлення дорожнього покриття і елементів благоустрою в місці переходу.

Більш перспективними є закриті методи прокладки труб під дорогами, які не потребують влаштування траншей. При прокладанні труб безтраншейними способами спочатку під дорогами влаштовують захисні кожухи або футляри, а потім в них прокладають самі робочі трубопроводи. Щоб це стало можливим,

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.м.	Підпис	Дата		29

діаметр кожуха (футляра) повинен бути більше, ніж діаметр трубопроводу, що прокладається.

Прокладку комунікацій через водні перешкоди здійснюють установками ГСБ.

При прокладанні інженерних комунікацій через автомобільні дороги та залізниці на невеликі відстані (до 50 м) і на малих глибинах (до 5 м) використовують пневмопробійники.

Цією роботою передбачається на перетинах з автодорогами здійснити прокладку кабелю методом горизонтально-спрямованого буріння (ГСБ), а також методом проколу з використанням пневмоударних установок. Кабельний перехід через річки передбачено виконати методом ГСБ. Якщо не вдаватися в подробиці технологій буріння, то на глибині зазвичай в районі 5-10 метрів нижче дна прокладається труба. А в прокладену трубу потім задувається кабель. Спочатку виконується буріння свердловини, потім свердловина розширюється до потрібного діаметру, і тільки після цього можна вставляти в свердловину трубу і задувати в неї кабель.

Переходи через залізниці передбачається здійснити методом проколу з використанням пневмоударних установок, так як бурити під залізничними коліями заборонено, через те, що свердловина, що залишається після буріння, може просісти і створити аварійну обстановку на переїзді.

3.1.7 Спосіб проколу ґрунту з використанням пневмоударних установок. Одним з ефективних способів безтраншейної прокладки трубопроводів з попереднім обладнанням горизонтальної свердловини є застосування пневматичних пробійників.

Пневмопробійник складається з корпусу, ударника і шланга. Працює прилад наступним чином: стиснене повітря під тиском подається по шлангу в корпус, що призводить до зворотно-поступального переміщення ударника. Він впливає на торець приладу, тим самим вганяючи його в землю. Діаметр необхідного отвору дорівнює діаметру корпусу.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.им.	Підпис	Дата		30

При прокладанні пластмасових труб робота пневмопробійника полягає не тільки в створенні свердловини, але і в затягуванні труби. Агрегат йде першим, а за ним, затиснута в спеціальному пристрої, подається труба. Якщо необхідна заміна старого трубопроводу на новий, то в цьому випадку на пневмопробійник встановлюється насадка, за допомогою якої вибивається труба.

За допомогою пневмопробійників типу "Кріт" можна влаштовувати в ґрунті свердловини з ущільненими стінками діаметром 63-400 мм і довжиною до 40 - 50 м, в яких прокладають трубопроводи. Прокол ґрунту під дорогою за допомогою пневмопробійника зображений на рис.7.

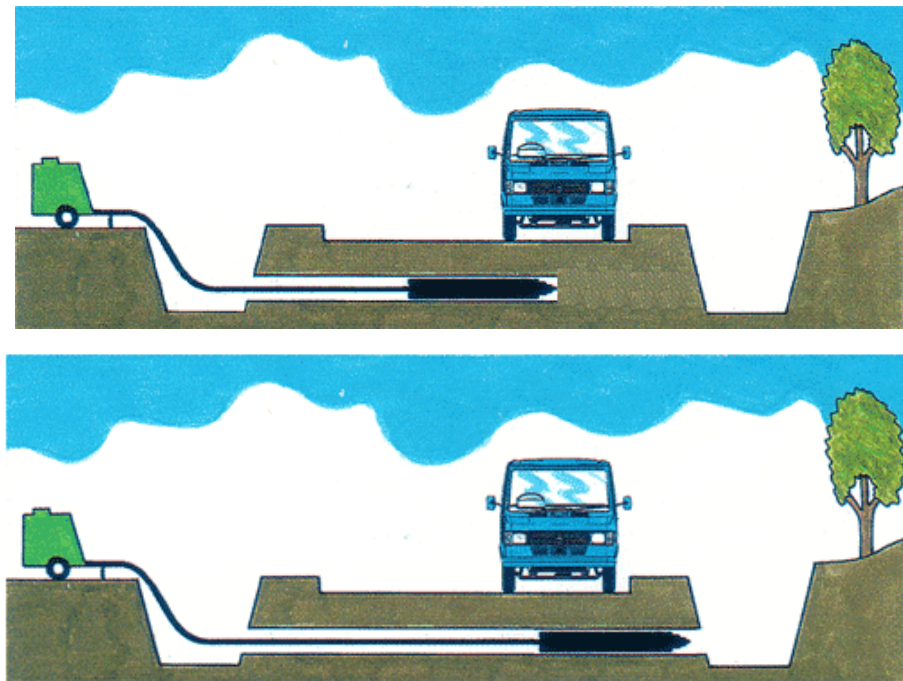


Рисунок 7 - Прокол ґрунту під дорогою за допомогою пневмопробійника

3.1.8 Спосіб проколу ґрунту з використанням установок горизонтально-спрямованого буріння. Для того щоб краще зрозуміти сам принцип виробництва горизонтального буріння, давайте розглянемо найпростіший приклад подібних робіт. Припустимо, що нам потрібно виконати прокол під дорогою. Для цих цілей буде потрібно, по-перше, сама бурова установка, по-друге, відповідна бурова головка з комплектом відповідних їй штанг і, по-третє, точно підібране і правильно підготовлене бурове середовище.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.м.	Підпис	Дата		31

Крім того, будуть вкрай необхідними локатор і установка зворотного відбору. Все обладнання повинно бути справно і розгорнуто на оптимальній позиції, витратні матеріали підготовлені в достатньому обсязі.

Спрямоване горизонтальне буріння - це різновид складних інженерно-будівельних робіт, що виконується при наявності технічних умов і з попередньою підготовкою. Перший етап бурових робіт являє собою безпосередню прокладку чорнового (пілотного) каналу, виробленого за раніше наміченої траєкторією. Протягом усього періоду горизонтального буріння у вироблення подається бентоніт, який полегшує проходження і просочує стінки утвореного каналу, запобігаючи їх осипання.

Після того як пілотний прокол під дорогою буде завершено, починається вторинне видалення ґрунту, для чого використовується спеціальний інструмент, іменованій розширювачем. Він встановлюється на місце бурової головки і видаляє пов'язаний бентонітом шар ґрунту, в значній мірі збільшуючи просвіт отриманого каналу. Установка ГСБ на цьому етапі працює на зворотне зусилля, простягаючи розширювач до себе. Дана стадія вважається завершеною, якщо дійсний діаметр каналу на 20-30% ширше зовнішнього діаметра труби.

Як тільки прокол під дорогою буде досить очищений і укріплений, настає третя стадія бурових робіт, а саме протяжка труби. Для цього бурова штанга подається в точку виходу, де до неї за допомогою спеціального вертлюга приєднують трубу, готову для затягування в канал. Рух труби, незважаючи на те що її відхилення практично неможливо, контролюється системою локації.

Всі стадії безтраншейної прокладки комунікацій, від проколу під дорогою і до протягання труби, виконуються з використанням однієї і тієї ж установки ГСБ, яка працює в різних режимах. А ось буровий інструмент застосовується абсолютно різний. Від його технічного стану багато в чому залежить якість бурових робіт і витрати часу, необхідні на їх виконання.

Прокол ґрунту під дорогою з використанням установки ГСБ зображений на рис.8.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.им.	Підпис	Дата		32

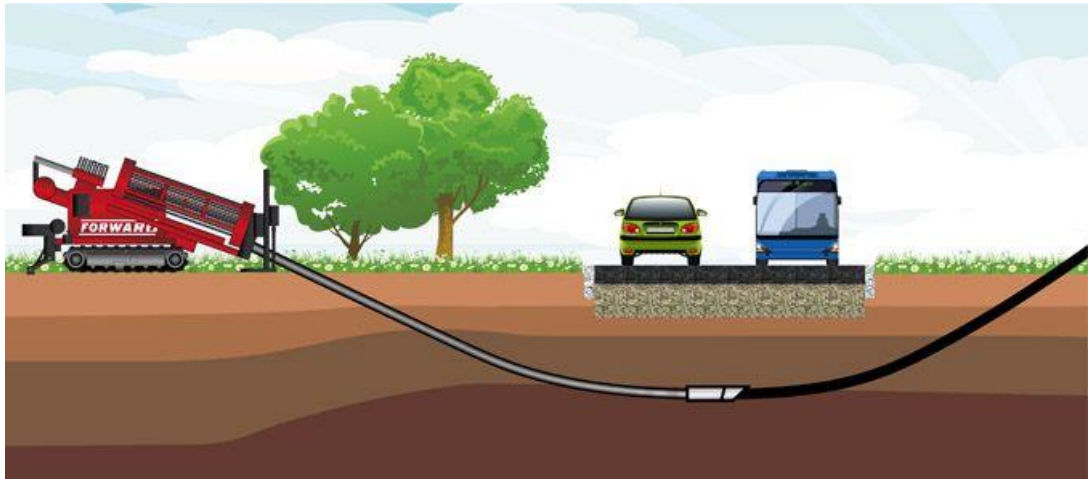


Рисунок 8 – Прокол ґрунту під дорогою з використанням установки ГСБ

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.м.	Підпис	Дата		33

4 МОНТАЖ ОПТИЧНОГО КАБЕЛЮ ЗВ'ЯЗКУ

4.1 Монтаж оптичної розподільної коробки

Оптична розподільна коробка (ОРК) використовується для підключення квартири абонента до вертикальної розподільної ділянки будівлі на поверсі з застосуванням оптичних роз'ємів. Як правило, ОРК різних виробників мають ємність від 4 до 12 абонентських підключень. Застосування ОРК меншої ємності призводить до значного подорожчання проекту в цілому, збільшуючи їх загальну кількість і вартість монтажу.

При проектуванні розподільної ділянки будь-якої будівлі з застосуванням ОРК, рекомендується дотримуватися наступного правила - одна коробка на кожен поверх. ОРК призначена для установки всередині будівель, переважно, в існуючих слабкострумових кабельних нішах.

Конструкція ОРК повинна забезпечувати кріплення на стіну, на рейки в слабкострумових нішах або безпосередньо на міжповерховий кабель будинкової розподільної мережі (БРМ). При кріпленні на кабель БРМ ОРК повинна забезпечувати «накладний» спосіб монтажу. Вага ОРК не повинна перевищувати 0,45 кг. З огляду на малі розміри існуючих слабкострумових ніш, їх наповненість встановленим раніше обладнанням і кабелями габарити ОРК (висота-ширина-глибина) не повинні перевищувати 170x160x60 мм. Основні вимоги до ОРК різних типів для встановлення в будинках наведені в таблиці 5.

При виборі типів ОРК для використання на мережі, перевага повинна віддаватися типам ОРК з найменшими габаритами при інших однакових характеристиках.

Кожна ОРК повинна поставлятися в укомплектованому вигляді і супроводжуватися відповідним паспортом і сертифікатом. Сплітерні ОРК-С додатково повинні мати протоколи вимірювань встановлених в них сплітерів і сертифікати до них. Кожна ОРК всередині повинна мати наклейку знака лазерного випромінювання.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.им.	Підпис	Дата		34

Таблиця 5 - Основні вимоги до ОРК різних типів для встановлення в будинках

Параметри	Вимоги до характеристик ОРК за типами				
	ОРК-8	ОРК-12	ОРК-16	ОРК-32, ОРК-32С	ОРК-64С
Кількість кабелів, що вводяться, шт (не менше)	2	4	6	12	12
Кількість зварних з'єднань, шт (не менше)	16	32	32	64	96
Кількість роз'ємів SC, шт	1-8	1-12	1-16	1-32 + 2 на вході спліттера	1-64 + 3 на вході спліттера

Вимоги до оптичних розподільних коробок для монтажу на стінах.

ОРК призначена для сполучення волокон міжповерхового і абонентського кабелів і виконує наступні функції:

- термінація 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;
- інтеграція оптичного сигналу від ONT у бік OLT на рівні другого каскаду.

Можливий вид конструкції ОРК наведено на рис.9.

Конструкція ОРК повинна забезпечувати:

- транзитне введення раніше прокладеного розподільного кабелю;
- введення абонентських дроп-кабелів;
- просту установку та підключення спліттерного блоку;

- допустимі радіуси вигину волокон розподільного і дроп-кабелів при монтажі та експлуатації ОРК.

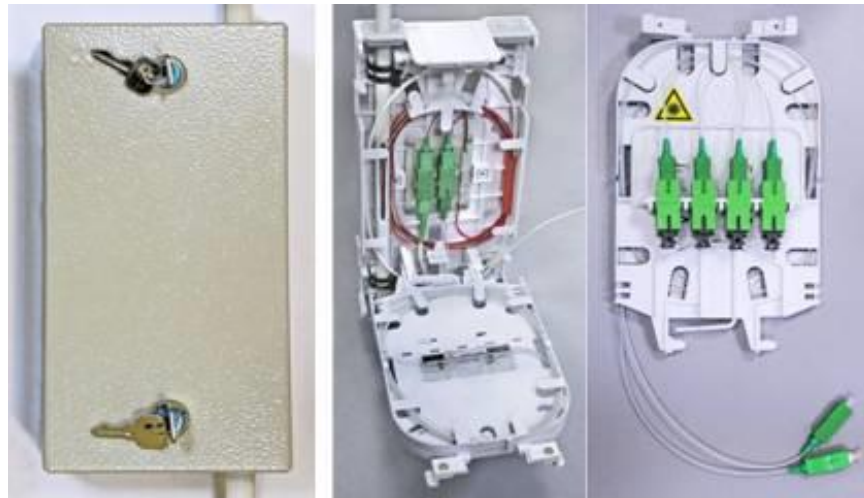


Рисунок 9 – Можливий вид конструкції ОРК

На внутрішній стороні дверей (кришки) повинен бути нанесений знак «Обережно! Лазерне випромінювання!». Кришка ОРК повинна бути знімною. Кришка може бути виконана з металу, в такому випадку вона повинна бути пофарбована в сірий колір порошковою фарбою. При встановленні кришка повинна фіксуватися її конструктивними елементами щодо корпусу.

У разі виконання кришки ОРК з пластика, повинен бути передбачений захисний кожух з металу, що забезпечує захист ОРК. Кожух повинен бути пофарбований в сірий колір порошковою фарбою.

Кришка повинна кріпитися універсальними замками без використання унікальних ключів (кількість замків не більше 2-х). Конструкція ОРК повинна дозволяти виконувати монтаж усіх компонентів ОРК однією людиною за допомогою стандартного набору монтажника і не вимагати застосування спеціального інструменту.

Доступ в ОРК повинен бути організований з фронтальної сторони. З огляду на обмежені умови місць установки ОРК, конструкція повинна передбачати зняття кришки на час проведення монтажу. Корпус ОРК повинен забезпечувати механічний захист внутрішніх компонентів відповідно до вимог ГОСТ 14254-96

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.м.	Підпис	Дата		36

не нижче класу IP51. ОРК повинна забезпечувати вимогами по стійкості до впливу механічних зовнішніх факторів, викладених в ГОСТ 17516.1-90 з класом механічного виконання не нижче М42. ОРК повинна забезпечувати вимогам по стійкості до впливу механічних зовнішніх факторів, викладених в стандарті ІЕС 62262 не нижче класу ІК08.

ОРК повинна забезпечувати вимогам на стійкість до впливу кліматичних факторів групи умов експлуатації ОМ1-3, викладеним в ГОСТ 9.401-91. Матеріал ОРК і покриття ОРК не повинен підтримувати горіння і виділяти галогени.

Конструкція ОРК повинна бути побудована за модульним принципом і забезпечувати можливість поетапного збільшення кількості абонентських портів від одного до восьми без демонтажу ОРК. Модульний принцип передбачає наявність нумераційних міток, бирок і наклейок, що однозначно визначають номенклатуру компонентів для мети технічного обліку – номер ОРК, номер сплітерного модуля, номер порту комутації.

Конструкція ОРК повинна передбачати наявність елементів, що гарантують необхідний радіус вигину оптичного волокна відповідно до вимог діючих стандартів. У разі установки ОРК поза кабельної ніші повинен бути передбачений кожух, що закриває місце введення оптичних кабелів. Всі незадіяні порти повинні бути закриті заглушками.

Всі волоконно-оптичні модулі повинні бути захищені від випадкового пошкодження. Не допускається наявність «відкритих» оптичних волокон доступних на етапі підключення абонентів. На зовнішній стороні кришки ОРК повинен бути нанесений знак «лазерне випромінювання».

Температура експлуатації + 5 °С / +50°С при відносній вологості 85%.

Температура зберігання -40°С / + 70°С при відносній вологості 98%.

Гарантійний термін експлуатації повинен становити не менше 36 місяців. Термін служби ОРК повинен становити не менше 25-и років. Упаковка ОРК повинна забезпечувати транспортування і зберігання в умовах, що передбачають захист від атмосферних опадів.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.им.	Підпис	Дата		37

Комплект ОРК повинен містити:

- основу ОРК з одним роз'ємом SC/APC (для термінації кабелю БРМ або підключення накладного модуля з сплітерами 1x4 або 1x8) і отворами для прокладки міжповерхового кабелю діаметром до 13,5 мм;
- додаткову основу з металевою кришкою для фіксації на стіні і захисту підстави і накладного модуля;
- систему надійної фіксації ОРК на міжповерховому кабелі, що забезпечує відсутність «провертання» ОРК на кабелі;
- систему установки і фіксації спліттера другого каскаду: 1x4 або 1x8;
- оптичний адаптер SC/APC для комутації робочого волокна міжповерхового кабелю з входом спліттера другого каскаду;
- кросове поле для комутації виходів спліттера другого каскаду з абонентськими кабелями;
- комплект нумераційних міток, бирок і наклейок;
- комплект транспортних трубок, стяжок і кріпильних хомутів;
- паспорт, інструкцію з монтажу;
- комплект нумераційних міток, бирок і наклейок.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ доким.	Підпис	Дата		38

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі спроектовано магістральну волоконно-оптичну лінію зв'язку між містами Суми і Охтирка.

У першому розділі обрано маршрут прокладання оптичного кабелю уздовж узбіччя автошляху Н12, що проходить безпосередньо від одного міста до іншого. Довжина кабельної траси складає 77 км та пролягає через такі населені пункти: Суми – Верхня Сироватка – Боромля – Тростянець – Климентове – Охтирка. У м. Суми, м. Тростянець, м. Охтирка прокладка буде відбуватися у кабельні каналізації, за межами цих міст переважно безтраншейним способом за допомогою кабелеукладача. Прокладання комунікацій через перешкоди буде здійснюватися за допомогою пневмопробійників та установок горизонтально-спрямованого буріння.

У другому розділі була розрахована проектована траса. Знайдено загальне число каналів між двома міжміськими станціями заданих пунктів і воно дорівнює 7424 ктч. Також визначена необхідна швидкість передачі даних і вона складає 475,74 Мбіт/с. На підставі цих даних обрано систему передачі Ericsson OMS 860 та кабель ОКЛ-Н-01-24-10/125-2,7. Визначено довжину регенераційної ділянки проектованої траси за загасанням і дисперсією, і з отриманих значень вибрано найменше, що дорівнює 79,47 км. Так як довжина кабельної траси складає 77 км і вона менше, ніж довжина регенераційної ділянки, то немає необхідності у встановленні регенераційних пунктів на проектованій ділянці.

У третьому розділі описані будівельно-монтажні процеси під час прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку. Обрана захисна поліетиленова труба від компанії «Укрполімерконструкція» типорозмір якої складає 40/33. Описано прокладку захисних труб за допомогою кабелеукладача. Також наведені способи прокладання оптичного кабелю в поліетиленові труби.

На перетинах з автодорогами та залізницями передбачено здійснити прокладку кабелю методом горизонтально-спрямованого буріння, а також методом проколу з використанням пневмоударних установок. Кабельний перехід

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.им.	Підпис	Дата		39

через річки сплановано виконати тільки методом горизонтально-спрямованого керованого буріння.

Четвертий розділ присвячений монтажу оптичного кабелю зв'язку, зокрема, монтажу оптичної розподільної коробки. Наведені вимоги до оптичних розподільних коробок для монтажу на стінах. Також перелічено вміст комплекту оптичної розподільної коробки.

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ доким.	Підпис	Дата		40

ЛІТЕРАТУРА

1. Волоконно-оптичні системи передачі та кабелі: довідник. - М.: Радіо і зв'язок, 2016.
2. R. Hoss, Fiber Optic Communications Design Handbook (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, Inc., 2014).
3. Проектування і технічна експлуатація цифрових телекомунікаційних систем і мереж: Навчальний посібник для вузів / Є.Б. Алексеев, 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.
4. Портнов Е.Л., Оптичні кабелі зв'язку, їх монтаж і вимірювання. Навчальний посібник для вузів. - М.: Гаряча лінія-Телеком, 2016. - 448 с: іл.- ISBN 978-5-9912-0219-0.
5. 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.
6. Бондаренко О. В. Проектування одно хвильової волоконно-оптичної лінії передачі: Методичні вказівки з курсового проектування з дисципліни «Напрявні системи електричного та оптичного зв'язку». – Одеса: ОНАЗ ім.. О. С. Попова, 2015 – 117 с.
7. Керівництво з будівництва лінійних споруд магістральних і внутрішньозонових кабельних ліній зв'язку. - М.: Радіо і зв'язок, 2010.
8. В. Гроднев, Н.Д. Курбатов «Лінії зв'язку: Підручник для вузів». - 4-е вид., перероб. і доп. - М.: Зв'язок, 2012. - 440 с.: іл.
9. Населення: http://sumy.ukrstat.gov.ua/?menu=99&article_id=11947
10. <https://sivcomsks.com/pravila-prokladki-optovolokonnogo-kabelya/>

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.м.	Підпис	Дата		41

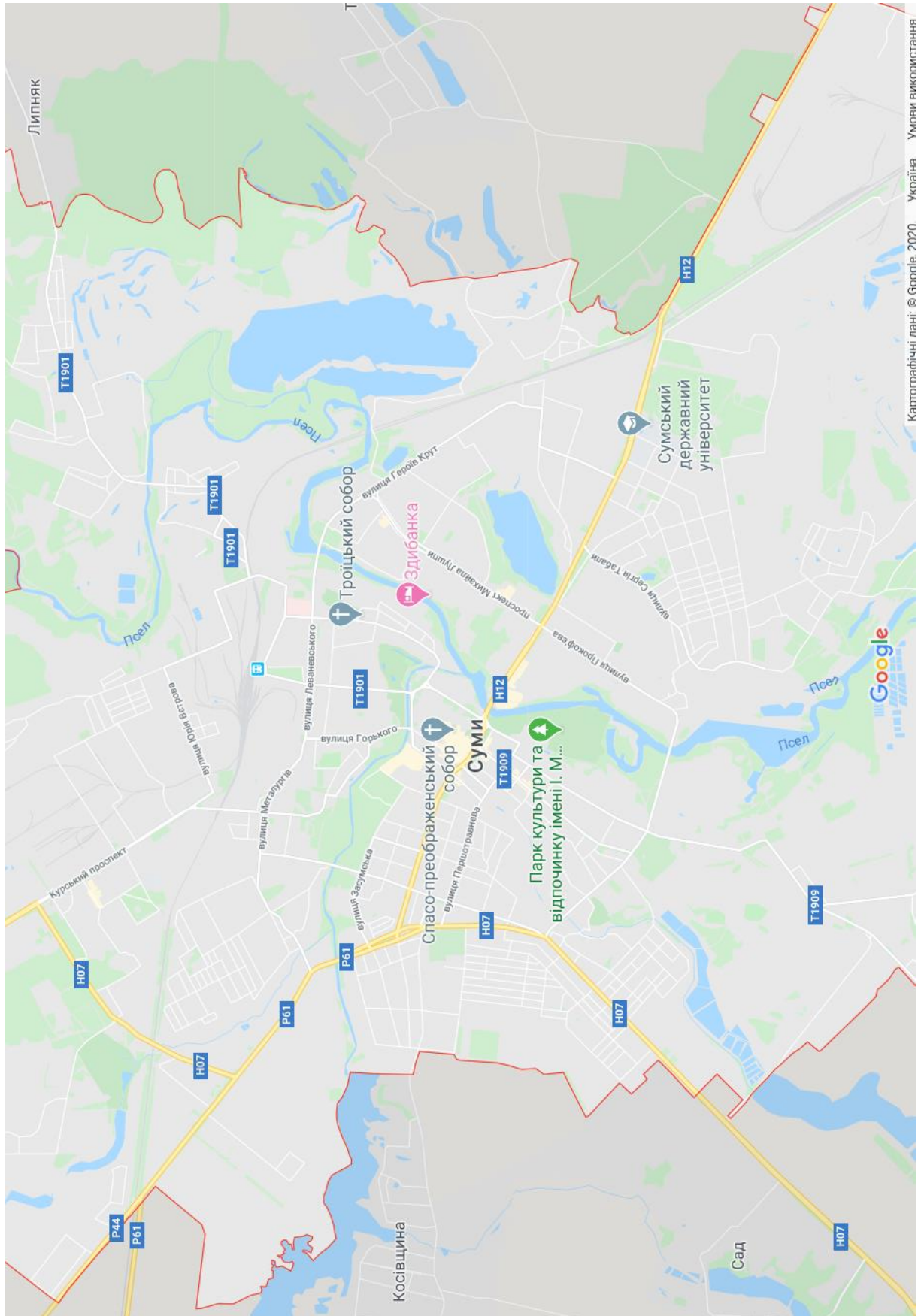


Рисунок 1 – Схематехнічна карта міста Суми

					ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ	Адк
Змн.	Адк	№ док.им.	Підпис	Дата		42

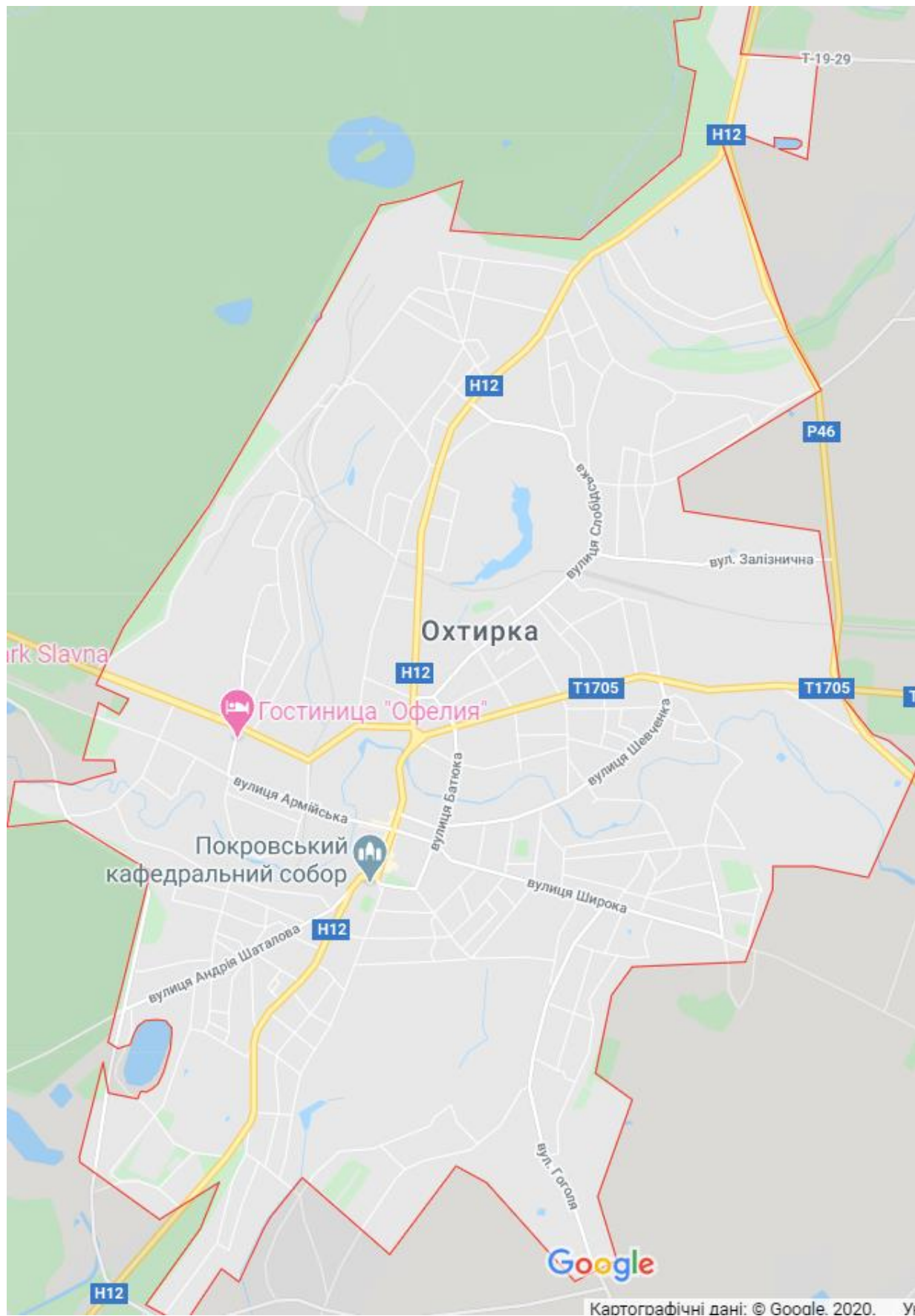


Рисунок 2 – Схемотехнічна карта міста Охтирка

Змн.	Арк	№ док.м.	Підпис	Дата

ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ

Арк

43

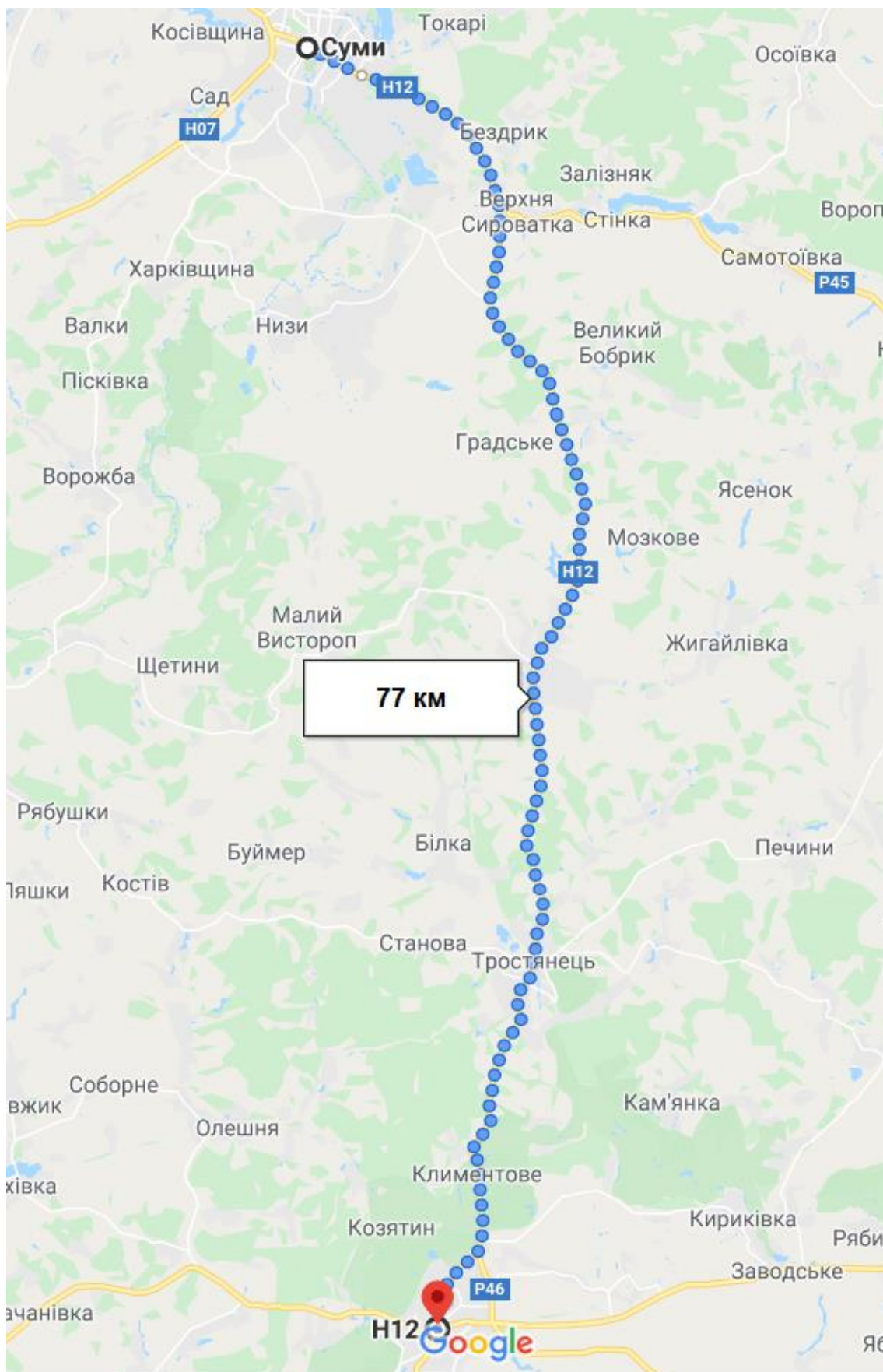


Рисунок 3 – Маршрут прокладання траси Суми-Охтирка

Змн.	Арк	№ док.м.	Підпис	Дата

ЕЛІТ 6.172.00.10.001 ПЗ

Арк

44