

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

## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

«Проектування внутрішньо-зонової оптичної лінії зв'язку»

Завідувач кафедри

А.С. Опанасюк

Керівник кваліфікаційної роботи

А.І. Новгородцев

Виконав студент гр. ТК-81

О.Ю.Железняк

Суми 2022 р.

# Сумський Державний Університет

Факультет ЕЛІТ

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки  
Спеціальність 172 “Телкомунікації та радіотехніка”

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри Опанасюк А.С.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра  
студенту **Желєзняку Олександрю Юрійовичу**

- 1. Тема роботи:** «Проектування внутрішньо-зонової оптичної лінії зв'язку»  
затверджено наказом по кафедрі від «12» квітня 2022 р. № 0241-VI
  - 2. Термін здачі студентом закінченої роботи** 10.06.2022 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.
  - 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)** 1. Вибір траси оптичної лінії зв'язку. 2. Розрахунок кількості каналів. 3. Розрахунок ослаблення сигналу в оптичному волокні. 4. Розрахунок дисперсії і пропускну здатності оптичного волокна. 5. Визначення довжини регенераційної ділянки. 6. Технологічний процес під час побудови оптичної лінії.
  - 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)**  
Презентація з 6 слайдів.
- 

Дата видачі завдання: 10.03.2022 р.

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_ Желєзняк О.Ю.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Огляд літератури відповідно до теми дослідження	25.03.2022	
2	Аналіз виявленої літератури	10.04.2022	
3	Опис кінцевих пунктів та вибір траси волоконно-оптичної лінії зв'язку	25.04.2022	
4	Розрахунок проектованої траси	30.04.2022	
5	Опис будівельно-монтажних процесів під час прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку	10.05.2022	
6	Монтаж оптичного кабелю зв'язку	17.05.2022	
7	Структуризація всього матеріалу та оформлення кваліфікаційної роботи	24.05.2022	
8	Представлення кваліфікаційної роботи для захисту	10.06.2022	

Студент

Желєзняк О.Ю.

Керівник кваліфікаційної роботи

Новгородцев А.І.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

## РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі спроектована внутрішньо-зонова волоконна лінія зв'язку між містами Суми та Тростянець.

Робота являє собою 3 розділи, має 30 сторінок тексту, 10 ілюстрацій, 4 таблиці.

У першому розділі охарактеризовано опис кінцевих пунктів проекрованої траси та обрано маршрут прокладання ВОЛЗ.

У другому розділі приділяється увага розрахунку проекрованої траси. Визначено число каналів на магістралі, обрано систему передачі та кабель. Після цього визначено числову апертуру, нормовану частоту, ослаблення сигналу та дисперсію оптичного волокна. Далі була розрахована довжина регенераційної ділянки проекрованої траси.

У третьому розділі показано процес будівельно-монтажних робіт під час прокладання оптичної лінії зв'язку.

Кількість літературних джерел – 8.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ ВНУТРІШНЬО-ЗОНОВОЇ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ.....	5
1.1 Характеристика кінцевих пунктів.....	7
1.2 Вибір траси оптичної лінії зв'язку.....	8
2 РОЗРАХУНОК ПРОЕКТОВАНОЇ ТРАСИ.....	9
2.1 Розрахунок необхідної кількості каналів.....	9
2.2 Вибір кабелю та системи передачі.....	13
2.3 Короткі характеристики кабелю.....	14
2.4 Коротка характеристика мультиплексора.....	15
2.5 Архітектура мультиплексора FlexGain A155.....	16
2.6 Розрахунок апертури та нормованої частоти.....	19
2.6.1 Розрахунок ослаблення сигналу в оптичному волокні.....	20
2.6.2 Дисперсія і пропускна здатність оптичного волокна.....	22
2.6.3 Визначення довжини регенераційної ділянки.....	23
3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ПІД ЧАС ПОБУДОВИ ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ.....	27
3.1 Прокладання оптичного кабелю у розроблену траншею .....	27
3.2 Прокладання кабелю за допомогою кабелеукладача.....	28
3.3 Прокладання кабелю в каналізацію.....	29
3.4 Прокладання кабелю через водні перешкоди.....	31
3.5 Будівництво кабельних переходів через шосейні залізничі методом горизонтального буріння.....	31
3.6 Монтаж оптичного кабелю.....	31
ВИСНОВКИ.....	33
ЛІТЕРАТУРА.....	34

					<b>ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ</b>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
Розроб.		Железняк			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Перевір.		Новгородцев			3	34	
Реценз.					СумДУ, гр. ТК-81		
Н. Контр.							
Затвердж.		Опанасюк					
					Проектування внутрішньо-зонової оптичної лінії зв'язку. Пояснювальна записка.		

## ВСТУП

На сьогоднішній день у галузі телекомунікацій йде процес модернізації мереж та перехід до мереж третього покоління. Необхідно при будівництві взаємопов'язаної мережі зв'язку розраховувати на збільшення швидкостей. У цьому плані, як ніхто інший, підходять мережі з використанням волоконно-оптичних ліній зв'язку. Ці лінії відповідають усім необхідним вимогам і набагато перевершують супутникові, радіорелейні системи передачі за такими параметрами як:

- Швидкість передачі
- Надійність
- Габарити
- Згасання
- Вартість

Таким чином, саме оптичні лінії передачі, на сьогоднішній день, є найбільш перспективними для будівництва міських, локальних, зонових та магістральних мереж.

Вони найбільше підходять для передачі сигналів телефонії, а також для підключення Інтернету та передачі пакетів даних, організації кабельного мовлення.

Тому метою данної дипломної роботи є проектування внутрішньо-зонової лінії зв'язку на основі застосування волоконно-оптичних кабелів, тому особливу увагу приділено будівництву ВОЛЗ, а саме між кінцевими пунктами Суми – Тростянець, та пролягатиме через Верхню Сироватку та Боромлю.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		4

# 1 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ ТРАСИ ПРОКЛАДКИ ВНУТРІШНЬО-ЗОНОВОЇ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ

Трасу для прокладання оптичного кабелю (ОК) вибирають виходячи з умов:

- мінімальної довжини між кінцевими пунктами;
- виконання найменшого обсягу робіт під час будівництва;
- можливості максимального застосування найефективніших засобів індустріалізації та механізації будівельних робіт;
- зручності експлуатації споруд та надійності їх робіт.

Залежно від конкретних умов, траса ОК поза населеними пунктами вибирається на всіх земельних ділянках, у тому числі, у смугах відведення автомобільних та залізниць, охоронних та заборонених зонах, а також на автодорожніх та залізничних мостах, у колекторах та тунелях автомобільних та залізниць.

Траси магістральних та внутрішньозонових ОК проектується, як правило, вздовж автомобільних доріг загальнодержавного та республіканського значення, а за їх відсутності – вздовж автомобільних доріг обласного та місцевого значення або, в окремих випадках, вздовж залізниць та продуктопроводів.

Вибір траси прокладання магістрального або внутрішньозонового ОК на заміській ділянці слід проводити в такій послідовності:

- за географічними картами для заданого територіального району чи атласу автомобільних доріг необхідно намітити можливі варіанти трас;
- порівняти варіанти за такими показниками: довжина, віддалення від доріг, кількість переходів через перешкоди, зручність будівництва та експлуатації;

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- вибір варіантів траси із зазначенням масштабу, найбільших і найважливіших комунікацій (автодороги, залізниці), населених пунктів, якими проходить траса.

- виконати креслення ОК без масштабу. На кресленні вказати віддалення від важливих комунікацій, загальну довжину траси та кабелю по ділянках;

При виборі трас для прокладання ОК необхідно враховувати:

- мінімальну кількість проміжних пунктів, які потребують дистанційного живлення або живляться від автономних джерел струму;

- для внутрішньозонових мереж – максимальне використання існуючих підприємств зв'язку, які мають гарантовані джерела електроживлення, для розміщення обладнання проміжних пунктів.

При розрахунку необхідної кількості ОК, що прокладається, в проекті слід передбачити запас з урахуванням нерівності місцевості, укладання кабелів в ґрунт, викладки в котловані, колодязях і т.д.

ВОЛЗ прокладатимемо з Сум вздовж магістралі до Тростянця з таких причин:

- Найменша відстань між кінцевими станціями.
- Можливість прокладання кабелю вздовж дороги

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



## 1.1 Характеристика кінцевих пунктів

Суми – місто обласного значення в північно-східній частині України на Слобожанщині, адміністративний центр Сумської міської громади, Сумського району і Сумської області. Місто лежить на берегах річки Псел при впадінні до неї річки Сумки. Населення міста становить 259660 осіб, площа – 95,4<sup>2</sup>. Суми поділяються на 2 міські райони: Ковпаківський і Зарічний. (Додаток А, рис.1)

Тростянець – місто в Охтирському районі Сумської області. Колишній районний центр Тростянецького району. Місто Тростянець розташоване на річці Боромля а також її притоках – Люджі та Радомлі. Найближчим райцентром є місто Охтирка. До міста примикають село Лучка і селище Лісне. Навколо міста великі лісові масиви.

Через місто проходять автомобільні дороги Н12 і Т1913, а також залізнична лінія Суми – Люботин (Південна залізниця), станції Смородине і Рупине. Населення міста – 19985 осіб. (Додаток А, рис.2)

Також між кінцевими пунктами прокладання ВОЛЗ, є два невеликі населені пункти, через які буде прокладено кабель, це:

Верхня Сироватка — село, центр Верхньосироватської ТГ, Село розташоване за 15 км від районного та обласного центру — міста Суми. Село Верхня Сироватка знаходиться на березі річки Сироватка (в основному на лівому). Через село проходять автомобільні дороги Н12 і Р45, а також залізниця, станції Бездрик і Залізняк.

Боромля — село в Охтирському районі Сумської області. По селу протікає річка Боромля. Через село проходить автотраса Суми — Полтава (Н12)

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		7

## 1.2 Вибір траси оптичної лінії зв'язку

Траса проведення волоконно-оптичної лінії зв'язку між кінчними пунктами повинна мати найменшу відстань, також потрібно враховувати й найменшу кількість перешкод, таких як: мостів, переправ та інше, які будуть здорожчувати й ускладнювати процес в прокладанні кабелю. Тому в пріоритеті за межами населених пунктів для траси прокладання відводиться автомобільна дорога, що й буде застосована в цьому дипломному проекті.

Загальна довжина ВОЛЗ – 56 км. Траса буде пролягати через кінцеві точки Суми – Тростянець. Між цими двома містами ще є декілька значних населених пункти через які буде пролягати траса: Верхня Сироватка і Боромля. Повний маршрут траси наведений на рис.3 (додаток А). В самих містах Суми та Тростянець кабельна траса буде прокладатися у кабельну каналізацію, а поза міст безтраншейним способом кабелеукладачом.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		8

## 2 РОЗРАХУНОК ПРОЕКТОВАНОЇ ТРАСИ

### 2.1 Розрахунок необхідної кількості каналів

Кількість каналів, пов'язують задані кінцеві пункти, залежить від чисельності населення цих пунктах і зажадав від ступеня зацікавленості окремих груп населення у взаємозв'язку.

Кількість людей в будь-якому обласному центрі та області визначається на підставі статистичних даних останнього перепису населення. Кількість населення у заданому населеному пункті з урахуванням середнього приросту населення визначається за наступною формулою:

$$H_t = H_0 \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t ; (1.1),$$

де:

$H_0$  - населення період проведення перепису, чол. У місті Суми: 259660 осіб, Тростянець - 19985 осіб

$P$  - середній приріст населення даної місцевості за рік, % (приймається за даними перепису 2 - 3%),

$t$  - період, що визначається як різниця між призначеним роком перспективного проектування та роком проведення перепису населення. Рік перспективного проектування у цьому дипломного проєкті приймається п'ять років уперед проти поточним часом. Отже,  $t = 5 + (t_m - t_0)$ . Де  $t_m$  – рік складання проєкту,  $t_0$  – рік, до якого відносяться дані.

$$T = 5 + (2022 - 2021) = 5 + 1 = 6$$

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Кількість населення:

Суми:

$$H_t = H_0 \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t = 259660 \left(1 + \frac{2}{100}\right)^6 = 292419 \text{ чол.};$$

Тростянець:

$$H_t = H_0 \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t = 19985 \left(1 + \frac{2}{100}\right)^6 = 22506 \text{ чол.};$$

Ступінь зацікавленості окремих груп населення у взаємозв'язку, залежить від політичних, економічних, культурних та соціально-побутових відносин між групами населення, районами та областями. Фактично ці взаємозв'язки виражаються через коефіцієнт тяжіння  $f_1$ , який коливається у межах (від 0,1 до 12%). У дипломній роботі слід ухвалити  $f_1 = 5\%$ .

$$n_{тф} \approx \alpha_1 f_1 y \frac{m_a m_b}{m_a + m_b} + \beta_1; (1.2),$$

Для розрахунку телефонних каналів використовуємо наближену формулу:

де

$\alpha_1$  та  $\beta_1$  - постійні коефіцієнти, що відповідають фіксованій доступності та заданим втратам, зазвичай втрати задають у 5%,

тоді  $\alpha_1 = 1,3$ ,  $\beta_1 = 5,6$ ,

$f_1$  - коефіцієнт тяжіння,  $f_1 = 0,05$  (5%),

$y$  - питома навантаження, тобто середнє навантаження, створюване одним абонентом,  $y = 0,05$  Ерл,

$m_a$  та  $m_b$  - кількість абонентів, що обслуговуються кінцевими станціями АМТС

Кількість абонентів, які обслуговуються тій чи іншій кінцевій АМТС, визначається залежно від чисельності населення, що проживає в зоні

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

обслуговування. Приймаючи середній коефіцієнт оснащеності населення телефонними апаратами рівним 0,7, кількість абонентів у зоні АМТС можна визначити за формулою:

де  $H_t$  – з формули (1.1);

Для міста Суми:

$$m_a = x * H_{\text{Суми}} = 0,7 * 292419 = 204693 \text{ чол.}$$

Для міста Тростянець:

$$m_b = x * H_{\text{Тростянець}} = 0,7 * 22506 = 15754 \text{ чол.}$$

Отже маємо, що кількість телефонних каналів тотальної частоти (скорочено КТЧ) між кінчними точками Суми – Тростянець:

$$n_{\text{тф}} \approx \alpha_1 f_1 y \frac{m_a m_b}{m_a + m_b} + \beta_1 = 1,3 * 0,05 * 0,05 \left( \frac{204693 * 15754}{204693 + 15754} \right) + 5,6 \approx$$
$$\approx 53 \text{ ктч}$$

Визначаємо загальне число каналів між станціями міст по формулі:

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

$n_{\text{тф}}$  – телефонні канали (53 ктч);

$n_{\text{пд}}$  – число каналів передачі даних ( $1,3 * n_{\text{тф}}$ );

$n_{\text{тв}}$  – число телевізійних каналів; (1600 ктч)

$n_{\text{інт}}$  – число каналів Internet (4500 ктч);

$n_{\text{ор}}$  – число каналів оренди (1000 ктч);

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

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

Загальне число каналів:

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

Підставляємо всі отримані раніше значення в формулу:

$$n_{\text{заг}} = (2 * 53) + (1,3 * 53) + 1600 + 4500 + 1000 + 53 = 7328 \text{ ктч.}$$

Визначаємо необхідну швидкість передачі даних.

Пропускна здатність КТЧ = 64 кбіт/с:

$$B = 64 * 7328 = 468,99 \frac{\text{Мбіт}}{\text{с}}.$$

Далі за допомогою отриманих даних визначаємо передавання сигналів STM-4 (622,08 Мбіт/с).

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

## 2.2 Вибір кабелю та системи передачі

У цьому дипломному проекті використовуємо кабель

ОПН-ДАС-04-004Г12-80,0. Він являє собою лінійний кабель із центральним силовим елементом зі склопластикового стрижня, навколо якого скручені 4 оптичні волокна (2-основні та 2-резервні), броні зі сталевих дротів, гідрофобним заповненням та захисною поліетиленовою оболонкою.

Область використання кабелю: Магістральні, внутрішньозонові, місцеві та внутрішньооб'єктові смуги зв'язку. Для прокладання в кабельній каналізації, трубах, блоках, ґрунтах всіх категорій (крім, схильних до мерзлотних деформацій). Кабелі марок ДАС, САС окрім того також використовуються для прокладання через неглибокі річки та.

Будівельна довжина кабелю 2000м. Геометричні розміри ОВ: діаметр серцевини (50+3)мкм; діаметр оболонки (125+3)мкм; неконцентричність оболонки по відношенню до серцевини не більше 6% та оболонки 2%; зовнішній діаметр епоксикарилатного покриття (250+30)мкм.

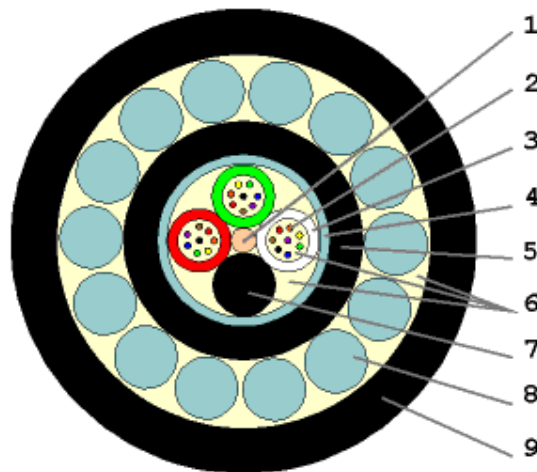


Рисунок 4 – Оптичний кабель. Конструкція

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13

- 1 - Центральний силовий елемент
- 2 - Оптичне волокно (від 2-х до 12-ти в кожному модулі)
- 3 - Оптичний модуль (від 1-го до 12-ти)
- 4 - Алюмінієва стрічка з полімерним покриттям ( ДАС, САС)
- 5 - Внутрішня поліетиленова оболонка
- 6 - Гідрофобний заповнювач
- 7 - Кордель
- 8 - Броня із сталевих оцинкованих дротів
- 9 - Зовнішня оболонка: - поліетиленова (ДПС, СПС, ДАС, САС); - з матеріалу, що не розповсюджує горіння (ДПН, СПН); - з матеріалу, що не містить галогени, не поширює горіння (ДПГ, СПГ)

### 2.3 Технічні характеристики кабелю

Таблиця 1 – Габарити та вага кабелю

Розміри базового модульного блока (Ш x В x Г), мм	440 x 90 x 300
Вага, кг	6.0

Таблиця 2 – Електроживлення кабелю

Вхідна напруга:	-48В / -60 В постійного току
З додатковим адаптером:	110 / 230 В змінного току
Діапазон вхідної напруги:	-36 ... -72 В постійного току
Споживання потужність:	Не більше 45 Вт

Таблиця 3 – Умови експлуатації кабелю

Температурний діапазон:	
- Робочий	+5 ... +45°C
- Максимально допустимий	-25 ... +55°C
Температурний діапазон транспортування та зберігання	-40 ... +70°C
Відносна вологість	Менше 85 %
Клас захисту настінного блоку	IP-52



Для організації зв'язку використовуємо сучасну систему передачі, призначену для роботи з ВОЛЗ: SDH-мультиплексор FlexGain A155

## 2.4 Коротка характеристика мультиплексора

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

Особливості обладнання FlexGain A155:

- можливість передачі TDM-сигналів, так і потоків даних від локальних мереж LAN (мережі Інтернет);
- найбільше інтегроване з усіх типів SDH-обладнання, що існують на сьогодні;
- висока гнучкість конфігурацій;
- наявність системи мережевого управління FlexGain VIEW на основі протоколу. Можливість віддаленого адміністрування з робочої станції, підключеної до мережі.



Рисунок 5 - Зовнішній вигляд мультиплексора FlexGain A155

Мультиплексор включає оптичні та/або електричні інтерфейси агрегатних потоків STM-1 (155 Мбіт/с), оптичні інтерфейси агрегатних потоків(622 Мбіт/с) а також додаткові інтерфейси компонентних потоків: 2, і 45 Мбіт/с (G.703 ) та Ethernet 10/100BaseT. A155 - це мультиплексор виділення/додавання, який може використовуватися для створення мереж кільцевих та лінійних структур з пропускною здатністю 63x2 Мбіт/с, 3x34/45 Мбіт/с або 4xSTM-1

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

## 2.5 Архітектура мультиплексора FlexGain A155

Мультиплексор FlexGain A155 виконаний у вигляді 19” модульного блоку, оснащеного материнською платою, на якій розташовані джерело живлення, модуль управління (SNMP-агент), матриця крос-комутації, блок синхронізації та 21 порт G.703 зі швидкістю 2,048 Мбіт/с).

У конструкції 19” модульного блоку реалізовано 4 посадочні місця для встановлення плат наступних інтерфейсів:

- інтерфейси зі швидкістю 2, 34 та 45 Мбіт/с (рекомендація ІТУ-Т G.703 та G.823);
- оптичні або електричні приймачі STM-1 та/або STM-4 (рекомендація ІТУ-Т G.703 або G.957);
- Ethernet Brige 10/100BaseT.

Модульний блок мультиплексора FlexGain A155 може розміщуватись як на столі, так і за допомогою монтажного комплекту на стіні або у стійці 19”.

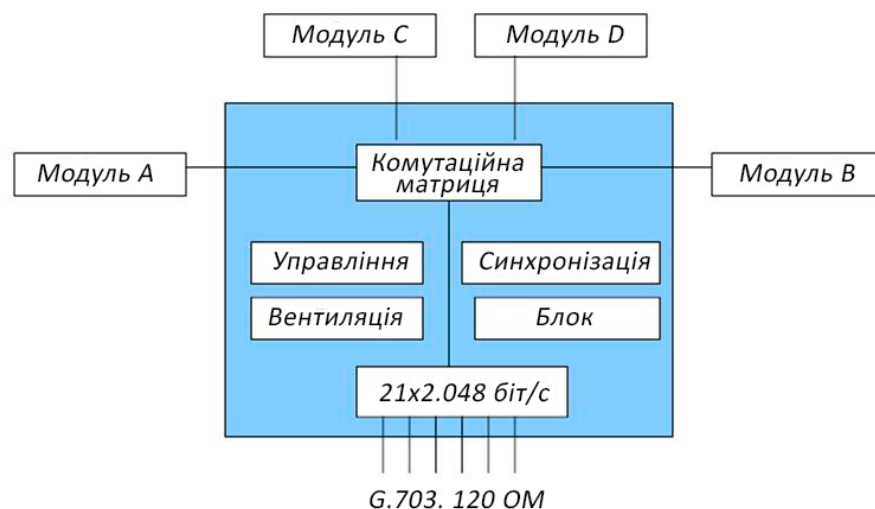


Рисунок 6 – Функціональна блок-схема мультиплексора FlexGain A155

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16

**Базовий блок мультиплексора.** На материнській платі базового блоку реалізовані такі функції:

- Електроживлення: вторинне джерело живлення -48/-60 В (діапазон вхідної напруги -36 ... -72 В постійного струму).
- Функції керування відповідно до SEMF та MCF.
- Матриця крос-комутації.
- 21 порт G.703/120 Ом (швидкість порту 2.048 Мбіт/с).
- Синхронізація (два входи, один вихід G.703.10, збалансований 120 Ом).

**Електроживлення.** Мультиплексор має два входи для подачі електроживлення – основний та резервний. Обидва входи розраховані на підключення до джерел живлення постійного струму з напругою -48 або -60 В.

Входи захищені діодами та фільтрами від імпульсних перешкод.

**Вентиляція.** Мультиплексор FlexGain A155 містить знімний блок вентиляторів.

Заміна блоку вентиляторів не потребує демонтажу базового блоку мультиплексора.

**Управління.** Вбудовані в материнську плату HTTP-сервер та SNMP-агент забезпечують повний набір функцій діагностики та конфігурування SDH-мультиплексора.

Віддалений доступ до управління мультиплексорами FlexGain A155, пов'язаними в мережу SDH, забезпечується через службові канали DCC.

Централізована система управління FlexGain View встановлюється на PC з ОС Windows 2000/NT та підключається до мультиплексора FlexGain A155 через інтерфейс Ethernet 10BaseT. Для установки параметрів Ethernet інтерфейсу управління використовується термінал VT100, який підключається до мультиплексора FlexGain A155 через інтерфейс RS232.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		17

**Функції захисту трафіку.** У мультиплексорі FlexGain A155 реалізовані такі функції захисту трафіку:

- резервування потоку STM-1/4 додаткової оптичної лінії (MSP);
- резервування напряму VC-12, VC-3 та VC-4 (SNC-P).

#### Захист MSP

Захист трафіку забезпечується за допомогою дублювання потоку STM-1/4 за додатковою волоконно-оптичною лінією через резервний модуль приймача STM-1/4 (1+1):

- паралельна передача потоків STM-1/4 (основного та резервного) по двох незалежних волоконно-оптичних лініях;
- автоматичний вибір на приймальному кінці основного або резервного потоку STM-1/4.

Переключення трафіку даних на резервну лінію STM-1/4 виконується без перерви сеансу зв'язку та відповідає рекомендації ITU-T G.823.

Переключення на резервну лінію STM-1/4 ініціюється у разі:

- обрив лінії основного потоку STM-1/4;
- несправності в інтерфейсному модулі STM-1/4 мультиплексора;
- команди оператора.

Таблиця 4 – Параметри оптичних інтерфейсів STM-4

Тип інтерфейсу	S4.1	L4.1	L4.2
Стандарт	G.957/G.958	G.957/G.958	G.958
Тип оптоволоконна	Одномобове	Одномобове	Одномобове
Довжина хвилі (нм)	1310	1310	1550
Швидкість (Мбіт/с)	622,08 ± 20		
Лінійний код	NRZ	NRZ	NRZ
Вихідна потужність (точкаS), дБм	Від -15 до -8	Від -22 до -14	Від -20 до -14
Чутливість (точкаR), дБм	-28	-28	-28
Максимальний рівень (точкаR), дБм	-8	-8	-8
Тип з'єднання	SC/PC	SC/PC	SC/PC

## 2.6 Розрахунок числової апертури та 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.

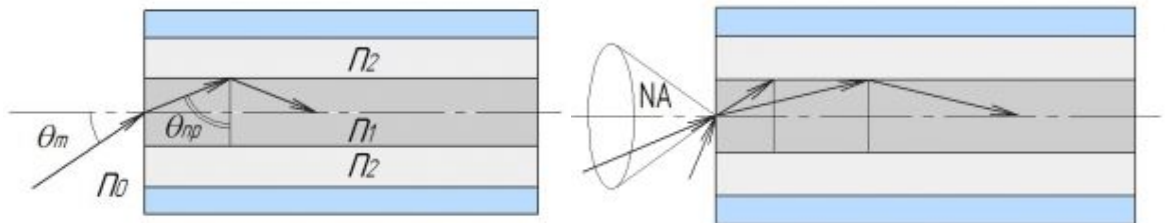


Рисунок 7 – Числова апертура

$n_1$  – показник заломлення волокна серцевини

$n_2$  – показник заломлення волокна оболонки

$n_0$  – показник заломлення навколишнього середовища

$\theta_{\text{ПР}}$  – граничний кут внутрішнього відображення

$\theta_m$  – найбільший кут падіння променів

Апертуру розраховуємо по даній формулі:

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

$n_1, n_2$  - показники заломлення серцевини і оболонки.

$$NA = \sqrt{1,488^2 - 1,483^2} = 0,12.$$

Режим роботи ОВ може бути як рдномодовим, так і багатомодовим визначається узагальненим параметром - нормованою частотою ОВ. Як правило, якщо даний параметр знаходиться в межах від 0 до 2,405, то має

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

місце одномодовий режим передачі, якщо ж даний параметр більше, режим роботи - багатомодовий.

Розрахунок нормованої частоти  $v$  проводиться за формулою:

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

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

$d_c$  - діаметр серцевини ОВ, мкм.

Тоді:

$$v = \frac{3,14 * 10}{1,33} * 0,12 = 2,303.$$

Цей параметр дорівнює  $v < 2,403$ , отже кабель, який застосовується, є одномодовим.

Кількість передаваних мод одномодового волокна розраховуємо за наступною формулою:

$$N = \frac{v^2}{2} = \frac{2,303^2}{2} = 3.$$

### 2.6.1 Розрахунок ослаблення сигналу в оптичному волокні.

Коефіцієнт загасання світловодних трактів оптичних кабелів  $\alpha$  (дБ/км), що обумовлений впливом власних втрат світловода  $\alpha_c$  і кабельних втрат  $\alpha_k$ , розраховується за формулою:

$$\alpha = \alpha_B + \alpha_K,$$

де  $\alpha_B$  - коефіцієнт власних загасань, дБ/км;

$\alpha_K$  - кабельні втрати, дБ/км.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		20

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:

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

Звідси розраховується за формулою:

$$\alpha_{\text{в}} = \alpha_{\text{п}} + \alpha_{\text{р}} + \alpha_{\text{дом}}$$

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 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.

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

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

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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

де  $\lambda$  - довжина хвилі, мкм,

$n_1$  - показник заломлення сердцевини ОВ.

Отримаємо:

$$\alpha_p = 1,2 * \frac{(1,488^2 - 1)}{1,33^4} = 0,46 \text{ дБ/км.}$$

Далі розрахуємо коефіцієнт загасання наступним чином:

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

$\alpha_p$  - втрати за рахунок розсіювання, (дБ/км);

$\alpha_k$  - кабельні втрати (дБ/км)

Підставимо значення в формулу та отримаємо:

$$\alpha \approx 0,46 + 0,2 = 0,66 \text{ дБ/км.}$$

## 2.6.2 Дисперсія і пропускна здатність оптичного волокна.

Смуга частот  $F$ , яка проводиться ОВ, окреслює об'єм тієї інформації, яка передається через оптичний кабель (ОК).

Теоретично по оптичному волокну (ОВ) організовується велике число каналів на великі відстані, практично ж  $F$  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).

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Для одномодового волокна дисперсію можна визначити за формулою:

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

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

Отже:

$$\tau = \frac{0,12^4}{8 * 1,488^3 * 3 * 10^5} = 2,62 * 10^{-11} \left( \frac{с}{км} \right).$$

Коефіцієнт широкосмуговості  $\Delta F$  (Гц·км) або пропускна здатність ОВ отримується за наступною формулою:

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

$\tau$  - дисперсія ОВ (с/км)

Отримуємо:

$$\Delta F = \frac{1}{2,62 * 10^{-11}} = 3,81 * 10^{10} \text{ Гц/км}$$

Отриманий коефіцієнт широкосмуговості підходить за необхідними вимогами для роботи з системою передачі SDH.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		23

**2.6.3 Визначення довжини регенераційної ділянки.** Довжина регенераційної ділянки волоконно-оптичної лінії зв'язку характеризується двома параметрами ОВ. У міру поширення оптичного сигналу по кабелю, з одного боку, відбувається зниження рівня потужності, з іншого боку - збільшення дисперсії. 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, (2 дБм);

$P_{kmin}$  - мінімальна чутливість приймача, (0,1 дБм);

$\alpha_n$  - втрати у нероз'ємних з'єднаннях, (не більше 0,1 дБ);

$\alpha_p$  - втрати в роз'ємних з'єднаннях, дБ, (не більше 0,5 дБ);

$l_{буд}$  - будівельна довжина кабелю, (2 км).

Довжина регенераційної ділянки (км) за дисперсією окреслюється за наступною формулою:

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

$\Delta F$  - пропускна здатність ОВ, Гц·км;

$$\Delta F_{доп} = B/\sqrt{2} = \frac{622,08 * 10^6}{\sqrt{2}} = 439,88 * 10^6 \text{ Гц}$$

– ширина смуги пропускання, розкривається швидкістю передачі цифрової інформації  $B$  (біт/с);

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

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Обчислюємо довжину регенераційної ділянки за затуханням:

$$l_p \leq \frac{(2 - (-28) - 0,1 - 2 * 0,5) * 2}{0,1 + 0,66 * 2} = 40,70 \text{ км.}$$

Обчислюємо довжину регенераційної ділянки за дисперсією:

$$l_p = \frac{3,81 * 10^{10}}{439,88 * 10^6} = 86,61 \text{ км.}$$

З цих значень обираємо менше. Отже, довжина регенераційної ділянки буде не більше ніж 40,70 км.

Формула для кількості регенераційних ділянок для кожного пункту:

$$n_{рд} = \frac{l_{кп-орп}}{l_p},$$

де  $l_{кп-орп}$  – довжина проекрованої секції кабельної траси, км;

$l_p$  - довжина регенераційної ділянки, км

Число регенераційних ділянок КП1-ОРП2 (Суми – Верхня Сироватка):

$$n_{рд} = \frac{14}{40,70} = 0,34.$$

Число регенераційних ділянок ОРП2-ОРП3 (Верхня Сироватка – Боромля):

$$n_{рд} = \frac{26}{40,70} = 0,63.$$

Число регенераційних ділянок ОРП3-КП4 (Боромля – Тростянець):

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		25

$$n_{рд} = \frac{16}{40,70} = 0,39.$$

Таким чином, вся проєкована траса для кожної секції є однією ділянкою регенерації.

На рис.8 - схема розміщення регенераційних пунктів для проєкованої ВОЛЗ між кінцевими пунктами Суми – Тростянець:

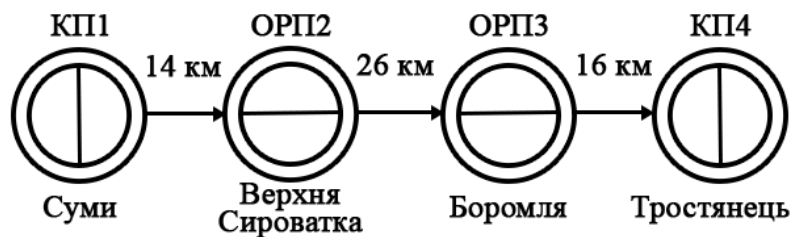


Рисунок 8 – Схема розміщення регенераційних пунктів

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

### 3 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИЙ ПРОЦЕС ПІД ЧАС ПОБУДОВИ ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ

Будівництво внутрішньозонових ВОЛЗ характеризується великою протяжністю, різними кліматичними, ґрунтовими та топографічними умовами. Прокладку ОК здійснюють комплексні механізовані колони, до складу яких входять будівельні машини та механізми загальнобудівельного призначення (трактори, бульдозери, екскаватори тощо), а також спеціальні машини та механізми для прокладання кабелю (кабелеукладачі, тягові лебідки, пропорщики ґрунту, машин пролому ґрунту під перешкодами та ін.).

#### 3.1 Прокладання оптичного кабелю у розроблену траншею.

Траншейний спосіб прокладання ОК в ґрунт аналогічний до прокладання електричних кабелів. Кабель укладається у заздалегідь відкриту траншею. Ширина траншеї нагорі може бути 0,3 м, на дні 0,1...0,2 м. Глибина прокладання кабелю 1,2 м.

Якщо порівнювати траншейний спосіб з бестраншейним за допомогою кабелеукладача, краще вибрати останній. Прокладання кабелю кабелеукладачем продуктивніше і скорочує трудомісткість в багато разів. Використовуючи кабелеукладач одночасно проводиться освіта траншеї, розмотування та укладання кабелю. Траншейний спосіб слід застосовувати там, де використання кабелеукладача неможливе за умовами місцевості (населені пункти, не підходяща траса, важкі ґрунти і тд.).

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		27

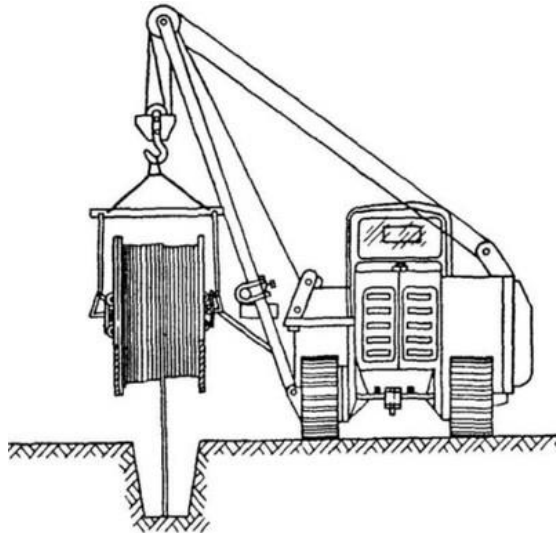


Рисунок 9 – Прокладання кабелю траншейним способом

### 3.2 Прокладання кабелю за допомогою кабелеукладача.

Прокладання кабелю за допомогою кабелеукладача (бестраншейна прокладка) є найпоширенішим способом і широко застосовується на трасах у різних умовах місцевості. В цьому випадку ножем кабелеукладача в ґрунті прорізається вузька щілина і кабель укладається на її дно. При цьому механічні навантаження на кабель досить високі і можуть змінюватися залежно від рельєфу місцевості та характеру ґрунтів, конструкції та технічного стану кабелеукладача та режимів.

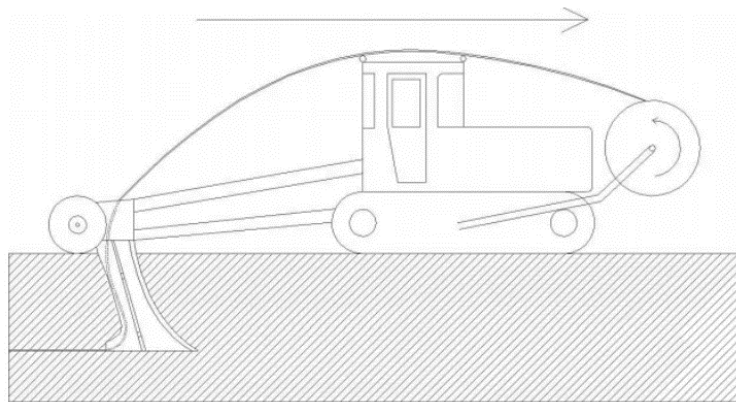


Рисунок 10 – Прокладання кабелю кабелеукладачем

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		28

Кожна ділянка траси від зростка до зростка (відстань дорівнює приблизно 1...3 км) має бути попередньо підготовлена. У місцях влаштування зростків слід залишати достатній запас кабелю для подальшого зрощування. Особливістю прокладання ОК є необхідність здійснення постійного оптичного контролю над цілісністю та станом оптичних волокон та кабелю у процесі прокладання. З цією метою всі оптичні волокна з'єднуються шлейфом та включаються у вимірювальний прилад. На початку прокладки кабелю в місцях розташування зростків відривають улоговини розміром 3x1,5x1,2м. Кабель у касету заправляють із запасом 5 м.

Відомі два варіанти системи прокладання оптичних кабелів. Традиційна система прокладки з розміщенням кабельних барабанів ззаду трактора, при цьому кабель подається прямо з барабана в касету без будь-якого вигину та без необхідності проходження через ролики або направляючі трубки. Пристрій системи зручний у роботі та дозволяє водієві одночасно керувати кабелеукладачем та барабаном.

Спеціалізована система прокладки (створена спеціально для ОК), в якій кабельний барабан монтується спереду трактора і кабель проходить над кабіною трактора через квадратну конструкцію з роликами або трубками, що направляють, а потім через блок з гідропроводом, що забезпечує розмотування кабелю з барабана і подачу його в касету. Кабель повинен зробити один повний виток навколо блоку, швидкість обертання якого має перевищувати лінійну швидкість переміщення базового трактора.

					ЕлІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 3.3 Прокладання кабелю в каналізацію

При прокладанні та монтажі оптичні кабелі найбільш схильні до механічних навантажень: розтягування, вигину, кручення, поперечного стискання, вібрацій. Крім механічних впливів викликають зміни фізичних параметрів ОК температурні зміни середовища, що оточує кабель.

Одна з найважливіших параметрів конструкції кабелю - допустиме зусилля на розтяг. При прокладанні в телефонну каналізацію кабель відчуває найбільші зусилля, що розтягують. Тому під час затягування кабелю в канал необхідно контролювати силу тяжіння та у разі потреби (при випадкових ривках) обмежувати.

В одному трубопроводі допускається прокладання кількох ОК. Загальна кількість кабелів у одному каналі має перевищувати трьох, сумарна площа їх перерізу має перевищувати 20-25% площі перерізу каналу.

У кабельних колодязях та колекторах, що примикають до телефонних станцій, ОК прокладається в захисних жолобах прямокутного перерізу (30x33мм), виконаних із твердого поліетилену та з кришками.

Перед монтажем проводиться приймання прокладеного кабелю, у процесі якого перевіряється герметичність оболонки від проникнення вологи, правильності розміщення та глибини залягання кабелів у траншеї та каналізації, а також цілісність оптичних волокон за допомогою джерела світла.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		30



### **3.4 Прокладання кабелю через водні перешкоди**

Водні перешкоди кабель підвішуватиметься до опор мостів, які прикріплюються до наявних повітряних ліній тросом.

Для підвіски оптичного кабелю використовується сталевий трос, що несе основне навантаження від дії вітру та ожеледиці. Несучий трос повинен забезпечувати мінімальний радіус вигину оптичного кабелю і обмежувати навантаження, що на нього.

### **3.5 Будівництво кабельних переходів через шосейні, залізничні дороги методом горизонтального буріння**

Щоб не припиняти рух транспорту під час будівництва кабельної лінії, на перетині траси з шосейними та залізницями кабелі, як правило, укладаються в попередньо закладені під проїжджою частиною труби.

Число труб визначається проектом. Кінці труб повинні виходити не менше ніж на 1 метр від краю кювету і лежати на глибині не менше ніж 0,8 м від його дна.

### **3.6 Монтаж оптичного кабелю**

Монтаж оптичного кабелю поділяється на постійний (стаціонарний) та тимчасовий (роз'ємний). Постійний монтаж виконується на стаціонарних кабельних лініях, що прокладаються на тривалий час, а тимчасовий – на мобільних лініях, де доводиться неодноразово з'єднувати та роз'єднувати будівельні довжини кабелів.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		31

**Зварювання оптичного волокна.** Зварювання є найпоширенішим методом з'єднання волокон. Зварювання полягає в місцевому нагріванні меж розділу двох стикованих і попередньо відцентрованих торців волокон, в результаті якого сплавлюються волокна один з одним. Як джерело енергії використовується електрична дуга, оскільки вона дозволяє досить просто регулювати нагрівання та працювати в польових умовах. Зварювання оптичних волокон здійснюється з допомогою про зварювальних апаратів.

Зварювальний апарат передбачає наступні операції: заокруглення торців волокон (попереднє оплавлення), малопотужною дугою до сплаву, що необхідно, щоб уникнути утворення бульбашок; регульоване зустрічне переміщення волокон у процесі сплаву для запобігання горловині в місці зрощування; оптичне спостереження для спрощення попереднього центрування волокон; виготовлення захисного покриття після сплаву волокон. Середні втрати на зварювальному стику становлять 0,1...0,3 дБ, міцність на розрив стику не менше 70% первісної міцності волокна.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ВИСНОВКИ

В результаті проведення вище викладених розрахунків та міркувань у цій дипломній роботі була спроектована внутрішньозонова волоконна лінія зв'язку, що з'єднує між собою два кінцеві населені пункти Суми – Тростянець.

У ході проектування було вибрано маршрут між містами, довжина якого складає 56 км, який пролягає через населені пункти: Суми – Верхня Сироватка – Боромля – Тростянець. Як зазначалося, що за межами міст прокладка кабелю буде відбуватися головним чином за допомогою кабелеукладача, тобто безтраншейним способом а в містах, де це проблематично – у кабельні каналізації.

В дипломному проекті було визначено загальне число каналів передачі між двома кінцевими пунктами, яке було рівним 7328 каналів. Встановлена необхідна швидкість передачі даних – 468,99 Мбіт/с. Далі була обрана система передачі, а саме FlexGain A155 та кабель – ОПН-ДАС-04-004Г12-80,0. Охарактеризована довжина регенераційної ділянки за згасанням і дисперсією.

У останньому розділі показано процес будівельно-монтажних робіт. Через шосейні та залізничні переходи прокладання кабелю здійснюється за допомогою горизонтального буріння.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		33

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вернік С.М. та ін. «Оптичні кабелі зв'язку» - М.: Радіо та зв'язок, 1988 р.
2. Берганов І.Р. та ін. «Проектування та технічна експлуатація систем передачі» - М.: Радіо та зв'язок, 1989 р.
3. Попов Б.В. Будівництво та технічна експлуатація волоконно-оптичних ліній зв'язку - М.: Радіо та зв'язок, 1995 р.
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. Посібник з прокладання, монтажу та здачі в експлуатацію ВОЛЗ внутрішньозонових мереж: ССУГБ, 1987.
6. 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.
7. Керівництво з будівництва лінійних споруд магістральних і внутрішньозонових кабельних ліній зв'язку. - М.: Радіо і зв'язок, 2010.
8. Іонов А.Д., Заславський К.Є. «Волоконна оптика в системах зв'язку та комутації. Навчальний посібник», 1998 – 1999 р.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		34

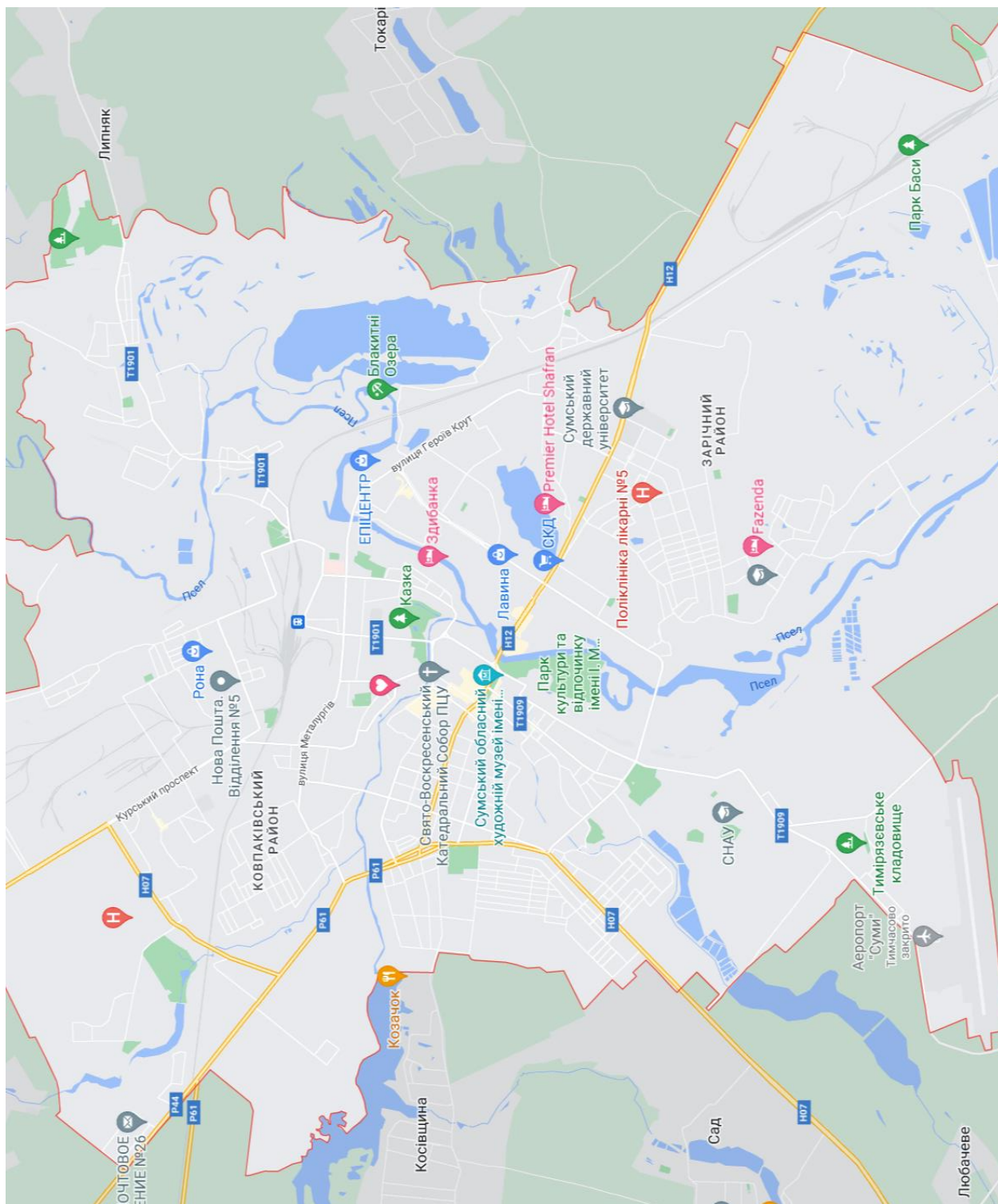


Рисунок 1 – Схемотехнічна карта міста Суми

									Арк
									35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ				

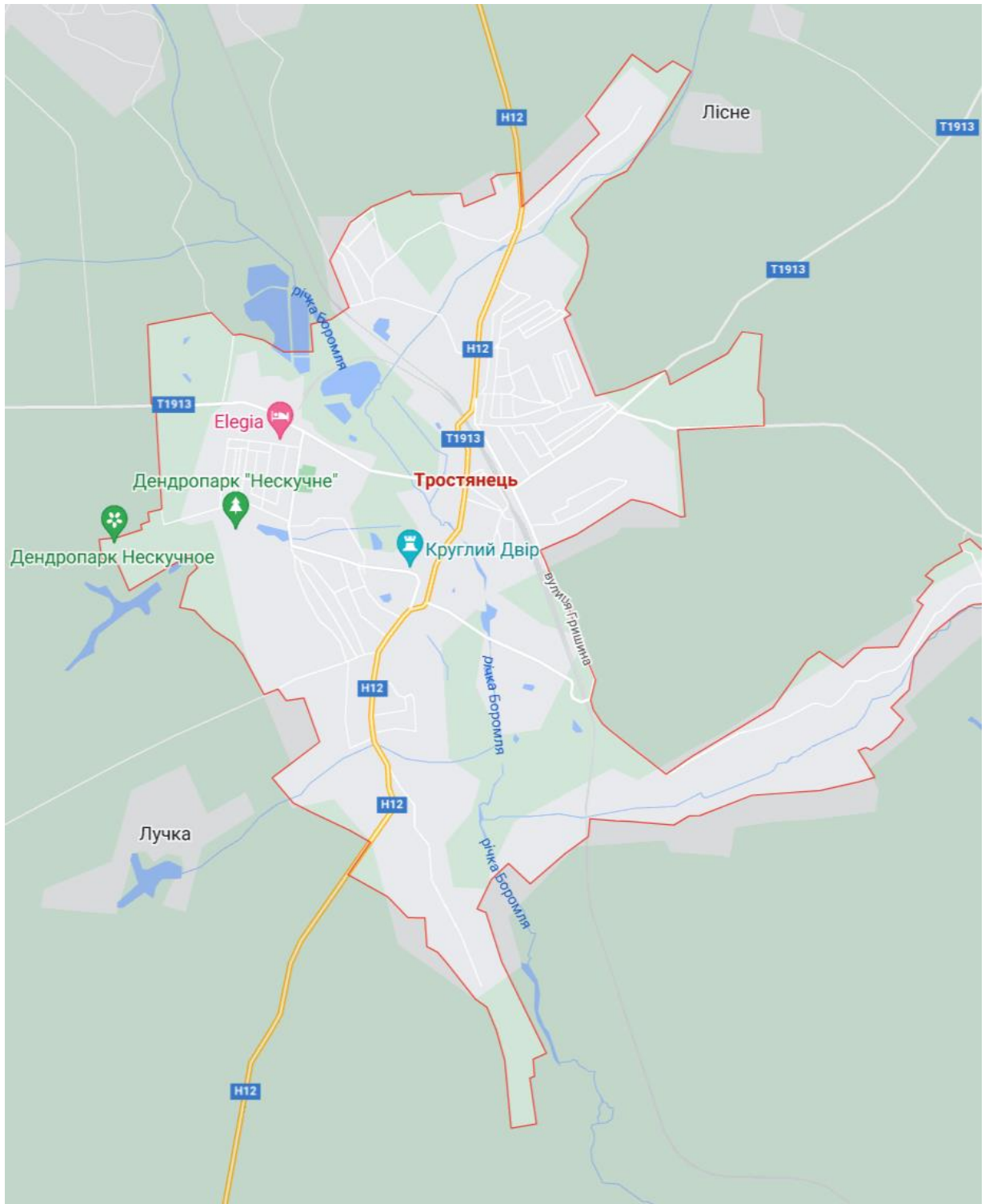


Рисунок 2 – Схемотехнічна карта міста Тростянець

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ

Арк

36

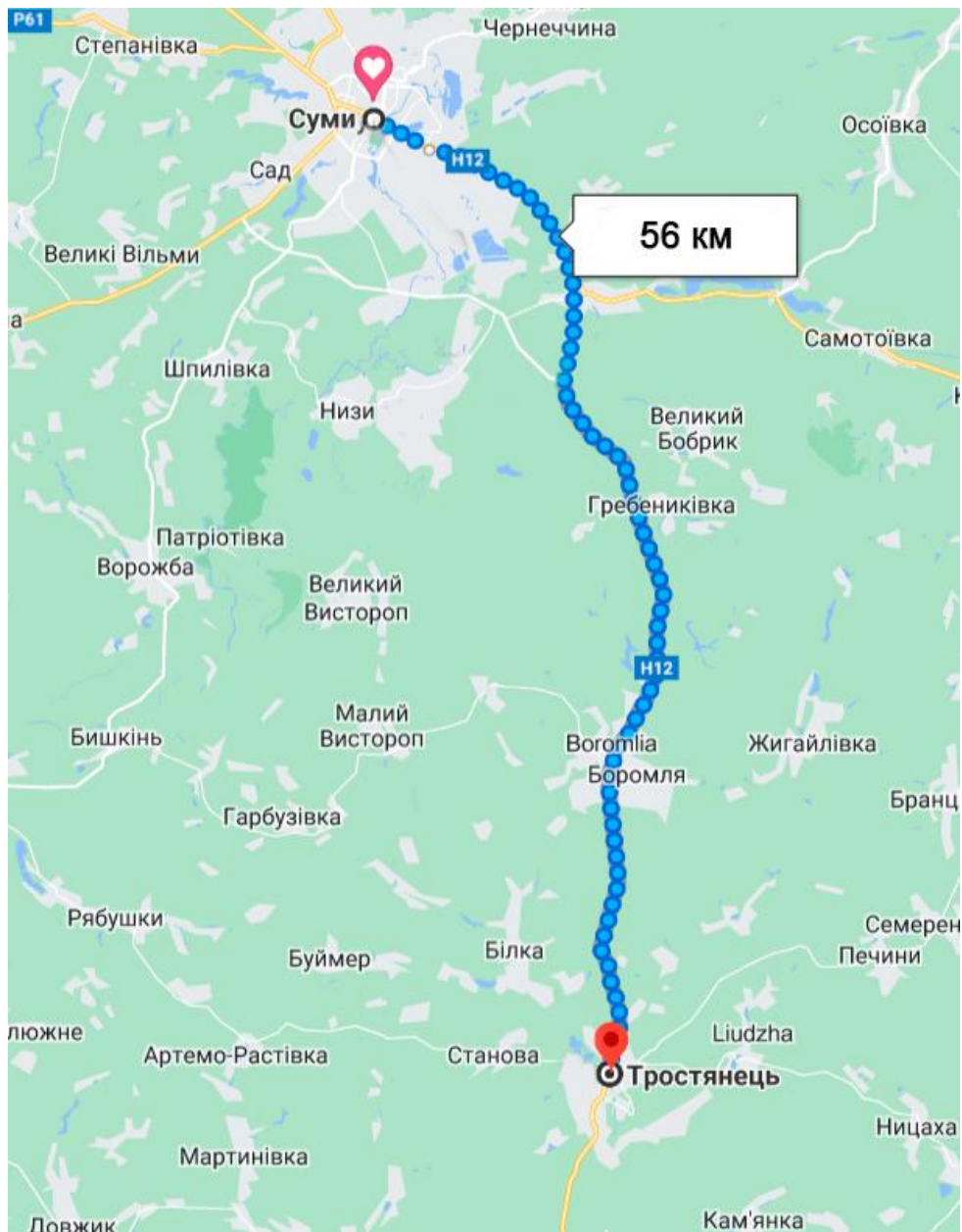


Рисунок 3 – Маршрут прокладання траси Суми - Тростянець

					ЕЛІТ 6.172.00.02.387 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		37