

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Безпека комп'ютерних систем та мереж»

Група: 4КБ-02

# Дипломний проєкт

здобувача освіти денної форми навчання

КБ.02.26.000.ДП

**ДИДИЧА**  
**ІВАНА МИКОЛАЙОВИЧА**

м. Одеса  
2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Безпека комп'ютерних систем та мереж»

Група: 4КБ-02

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломного проекту на тему:

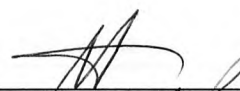
**Розробка оптоволоконної мережі для забезпечення надійного і високошвидкісного обміну даними між населеними пунктами**

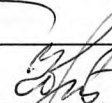
Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 69 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 12 аркушах (слайдах).

Дипломник  ( Дидич І.М. )

Керівник  ( Краснієнко Н.В. )

**Консультанти:**

з економічного розділу  ( Канський М.Ю. )

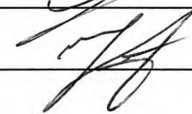
з розділу охорони праці та техніки безпеки  ( Чорновол Н.І. )

з нормоконтролю  ( Петрашова В.І. )

старший консультант  ( Кривченко Ю.В. )

**До захисту допущений**

Голова циклової комісії  ( Кривченко Ю.В. )

Завідувач відділення  ( Краснокутська Т.Г. )

Захист « 27 » червня 2025 р.

Протокол ЕК № 6

Оцінка ЕК 4 (добре) / 75 б.

Секретар ЕК 

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Відділення комп'ютерних систем Комісія КТ та ПІ  
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Освітня програма «Безпека комп'ютерних систем і мереж»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР Беркань І.В.

“ 19 ” 06 2025 року

**ЗАВДАННЯ**  
на дипломний проєкт

Здобувачу освіти Дидичу Івану Миколайвичу

1. Тема проєкту Розробка оптоволоконної мережі для забезпечення надійного і високошвидкісного обміну даними між населеними пунктами

Затверджена наказом по коледжу від “ 14 ” 11 2024 р., наказ № 246

2 Термін здачі закінченого проєкту 16.06.2025

3. Вихідні дані до проєкту \_\_\_\_\_

1. Передбачити розробку оптоволоконної мережі із запасом потужності не менше 3дБ.

2. Застосовувати емпіричні моделі для розрахунку показників ВОСП

3. Впровадити моделювання загасання потужності сигналу у системі MATLAB

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

1. Основна частина. Моделювання загасання потужності сигналу у системі MATLAB

2. Економічний розділ. Резюме. Розрахунок ціни НДР.

3. Охорона праці та техніка безпеки.

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)

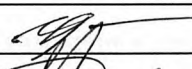
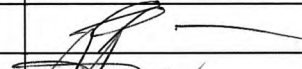

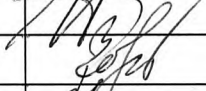
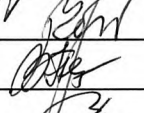
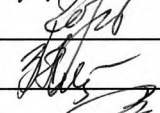
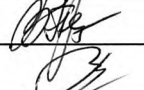



Презентація Power Point

(Мета проєкту. Топології мереж. Структурні компоненти ВОСП. Вибір обладнання.

Прокладання кабелю у ґрунті. Моделювання у MATLAB. Перелік обладнання Висновки до

Проєкту)

6. Консультанти по проекту, із зазначенням розділів проекту, що їх стосується

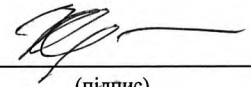
Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Основний розділ	Краснієнко Н.В.		
Економічний розділ	Канський М.Ю.		
Розділ охорони праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		
Старший консультант	Кривченко Ю.В.		

7. Дата видачі завдання

14.11.2024

Керівник


Краснієнко Н.В.



(підпис)

Завдання прийняв до виконання

Дидич І.М.



(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

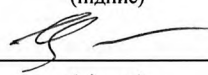
№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1	Формування вступу	10.05.25	виконано
2	Аналіз предметної області	12.05.25	виконано
3	Підбір науково-технічної літератури	16.07.25	виконано
4	Аналіз технології розробки ВОСП	18.05.25	виконано
5	Проектування системи ВОСП	19.05.25	виконано
6	Проведення розрахунків емпіричної моделі ВОСП	20.05.25	виконано
7	Вибір обладнання для мережі	23.08.25	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	24.05.25	виконано
9	Оформлення графічної (презентаційної) частини	25.08.25	виконано
10	Економічний розрахунок	30.05.25	виконано
11	Опис охорони праці та техніки безпеки	01.06.25	виконано
12	Аналіз результатів розробки	10.06.25	виконано
13	Підготовка доповіді для захисту	20.06.25	виконано

Дипломник



(підпис)

Керівник



(підпис)



# ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	6
1 Основний розділ.....	7
1.1 Аналіз технічного завдання.....	7
1.2 Переваги і недоліки ВОСП.....	7
1.3 Структура ВОСП.....	9
1.4 Топологія та код передачі.....	11
1.5 Характеристика систем передачі.....	13
1.6 Траса прокладки оптичного кабелю .....	20
1.7 Розрахунок числа каналів на магістралі.....	25
1.8 Вибір обладнання.....	27
1.9 Розрахунок регенераційної ділянки .....	33
1.10 Розрахунок енергетичного бюджету мережі.....	33
1.11 Моделювання загасання потужності у MATLAB.....	35
1.12 Розрахунок надійності ВОСП .....	35
1.13 Спосіб проколу ґрунту.....	41
1.14 Підсумки розробки мережі проєкту.....	43
2 Економічний розділ.....	44
2.1 Резюме.....	44
2.1 Розрахунок собівартості і ціни виконання НДР.....	46
3 Розділ охорони праці та техніки безпеки.....	49
3.1 Аналіз умов праці й забезпечення безпеки при виконання основних видів робіт на об'єкті дипломного проєктування.....	49
3.2 Пожежна безпека.....	51
Висновки.....	54
Перелік використаних інформаційних джерел.....	55
Додаток А Лістинг програмного коду у MATLAB.....	56
Додаток Б Слайди мультимедійної презентації.....	60

## ВСТУП

У країнах, де існує загроза або триває збройний конфлікт, захист критичної інфраструктури є пріоритетним завданням для забезпечення функціонування держави та її ключових секторів, таких як паливно-енергетичний, фінансовий, інформаційний, цифрові технології, захист інформації та інші життєво важливі сфери. В умовах воєнного стану в Україні особливу роль відіграють волоконно-оптичні системи передачі (ВОСП), що працюють у полудуплексному режимі на відстані до 50 км [1]/

Вони мають низку критичних переваг:

- Стійкість до перешкод – Оптичні мережі не піддаються електромагнітним завадам і забезпечують стабільну передачу даних, що важливо в умовах бойових дій.
- Безпека та захист інформації – На відміну від радіозв'язку чи мідних кабелів, ВОСП складніше перехопити або прослухати.
- Енергоефективність – Оптимізоване використання ресурсів допомагає знизити енергоспоживання та підвищити стійкість інфраструктури.
- Надійність комунікацій – Використання ВОСП забезпечує захищений зв'язок між стратегічними об'єктами, такими як військові штаби, енергетичні станції, медичні установи та урядові структури.
- Мінімізація витрат – Полудуплексний режим спрощує інфраструктуру та зменшує обсяг необхідного обладнання.

Актуальність теми підтверджується тим фактом, що в умовах військових загроз волоконно-оптичні мережі залишаються одним із найбільш надійних рішень для підтримки стратегічного зв'язку та захисту критичної інфраструктури.

Метою дипломного проектування є розробка ВОСП на відстані 11 км між населеними пунктами м.Одеса і смт Хлібодарське.

					<b>КБ 02. 26 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						6
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОСНОВНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Аналіз технічного завдання

Згідно технічному завданню в дипломному проєкті розроблено волоконно-оптичну лінію зв'язку м. Одеса – смт. Хлібодарське, яку можна прокласти двома способами: в ґрунт (поряд з автомобільною дорогою) або підвісити до ЛЕП (лінії електропередач, за якою надходить електрика).

З двох варіантів потрібно вибрати один. У даному проєкті ми виходили з мінімуму витрат.

- При співвідношенні довжин "земляний" і "повітряної" трас, як 2: 3 на коротких дистанціях до 30 км прокладати оптичний кабель (ОК) в ґрунт дешевше, ніж підвішувати.

Виходячи з цього вибираємо "земляну" трасу, тобто прокладка в ґрунт і відповідний кабель ОКЛ-4-ДА (2,7)П-1\*4Е1-0,36Ф3,5/0,22Н18-4/0 Одескабель.

Обрані компоненти ВОСП - передавальний модуль та приймальний модуль з високим ступенем надійності повинні забезпечувати мінімальний енергетичний бюджет 3 дБм.

## 1.2 Переваги та недоліки ВОСП

Розглянемо переваги та недоліки волоконно-оптичної лінії зв'язку [1,2].

### 1) Переваги ВОСП.

- Мінімальні втрати сигналу. Оптичні кабелі забезпечують малий рівень загасання, що дозволяє передавати дані на значні відстані без необхідності підсилювачів.
- Висока пропускна здатність. Оптичне волокно має широкий спектр передачі, що дає змогу передавати одночасно відео, аудіо та цифрові дані на одному кабелі без втрати якості.
- Стійкість до зовнішніх перешкод. Волоконно-оптичний кабель не реагує на електромагнітні наведення і зовнішні електричні перешкоди, що забезпечує

					<i>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

стабільність сигналу навіть при близькому розташуванні мереж електроживлення.

– Електрична безпека. Оскільки оптичне волокно не проводить електричний струм, воно усуває ризики, пов'язані зі змінами земного потенціалу, що часто трапляються на електростанціях та залізничних вузлах.

Такий тип кабелю захищає обладнання від грозових перенапруг.

– Компактність та мала вага. Оптичні кабелі мають мінімальні габарити, що дозволяє ефективно використовувати обмежений простір у кабельних трасах. Наприклад, один коаксіальний кабель займає стільки ж місця, як 24 волоконно-оптичні кабелі, кожен з яких здатен передавати до 64 відеоканалів та 128 аудіосигналів.

– Тривале використання та легка модернізація. Заміна лише кінцевого обладнання, а не самих кабелів, дає змогу легко оновлювати мережу для збільшення обсягу переданої інформації.

Крім того, волокно може використовуватися для інших завдань, наприклад, об'єднання локальних обчислювальних мереж та відеоспостереження в єдину систему.

– Безпека на промислових об'єктах. Оптичне волокно не створює іскр, що робить його ідеальним для використання на хімічних та нафтопереробних підприємствах, а також у середовищах з підвищеним ризиком займання.

– Економічність. Основа оптичного волокна – кварц, який містить двоокис кремнію – широко доступний і недорогий матеріал у порівнянні з міддю, що значно знижує витрати на виробництво кабелів.

– Тривалий строк експлуатації. Оптичне волокно має низьку швидкість деградації.

Що означає мінімальне зростання загасання навіть після десятиліть використання. Завдяки цьому сучасні волоконно-оптичні лінії зберігають

					<i>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						8
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективність до 25 років, забезпечуючи стабільну роботу навіть при зміні стандартів передачі даних.

## 2) Недоліки ВОСП

- Висока вартість початкового впровадження.
- Вразливість до механічних пошкоджень.
- Оптичне волокно крихке, чутливе до перегинів і механічного навантаження.
- Пошкодження кабелю часто вимагає складного ремонту або заміни.
- Складність монтажу та ремонту.
- Необхідне спеціальне зварювальне обладнання для відновлення зв'язку.
- Тривалість ремонту може бути значно довшою, ніж для мідних кабелів.
- Енергозалежність активного обладнання оптичних приймачів та передавачів.
- Обмежений радіус вигину та чутливість до зовнішніх факторів.
- Складність інтеграції з мідними мережами, тому що підключення оптичної магістралі до старої інфраструктури Ethernet потрібні перетворювачі медіа або додаткове мережеве обладнання.
- Вплив на екологію при виробництві.

### 1.3 Структура ВОСП

Волоконно-оптична лінія зв'язку (ВОСП) – це система передачі інформації, що використовує діелектричні оптичні волокна, тобто спеціальні хвилеводи, виготовлені з діелектриків. Такі мережі складаються з оптичних ліній передачі, які з'єднують вузли та забезпечують ефективний обмін даними.

Технології ВОСП включають в себе аспекти, пов'язані з електронним передавальним обладнанням, його стандартизацією, протоколами зв'язку, архітектурою мережі та її побудовою.

Зазвичай ВОСП застосовуються при створенні об'єктів, де необхідно інтегрувати структуровану кабельну систему (СКС), наприклад, у великих будівлях чи багатоповерхових спорудах. Вони також використовуються для

					<b>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						9
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

об'єднання об'єктів, розташованих на значній відстані один від одного. На рис.1.1 та рис.1.2 приведено структурну та функціональну схеми ВОСП.

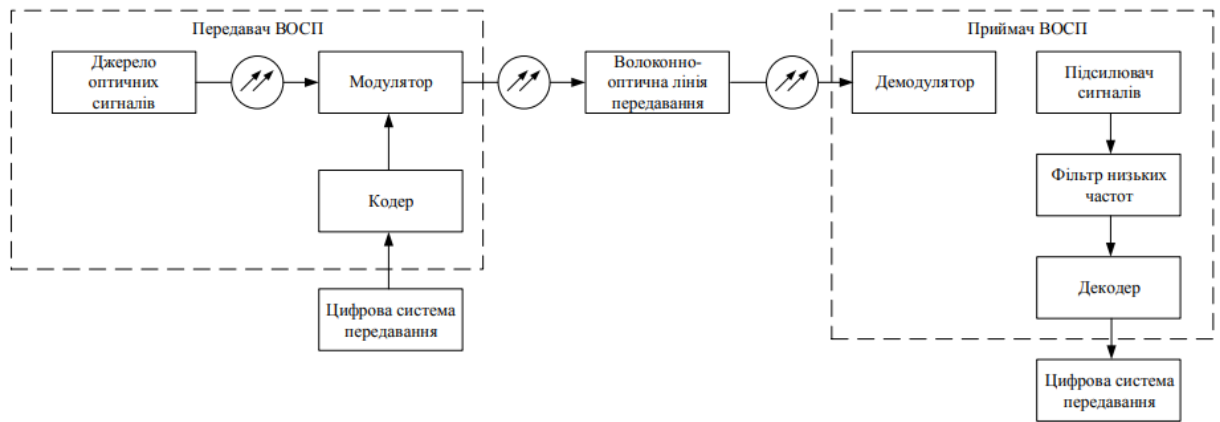


Рисунок 1.1. Узагальнена структурна схема волоконно-оптичної системи передачі

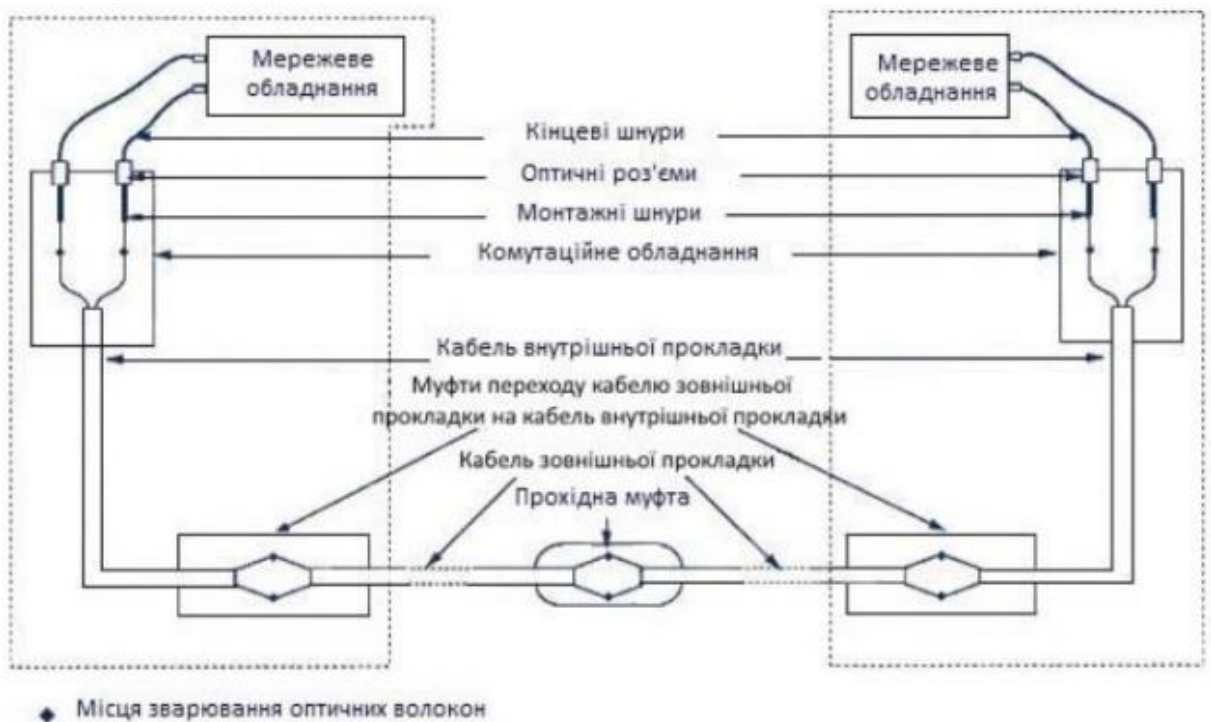


Рисунок 1.2. Функціональна схема ВОСП, яка застосовується для створення підсистеми зовнішніх магістралей

Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

10

## 1.4 Топологія та код передачі

Топологія ВОСП цілком повторює топологію традиційних кабельних комп'ютерних мереж.

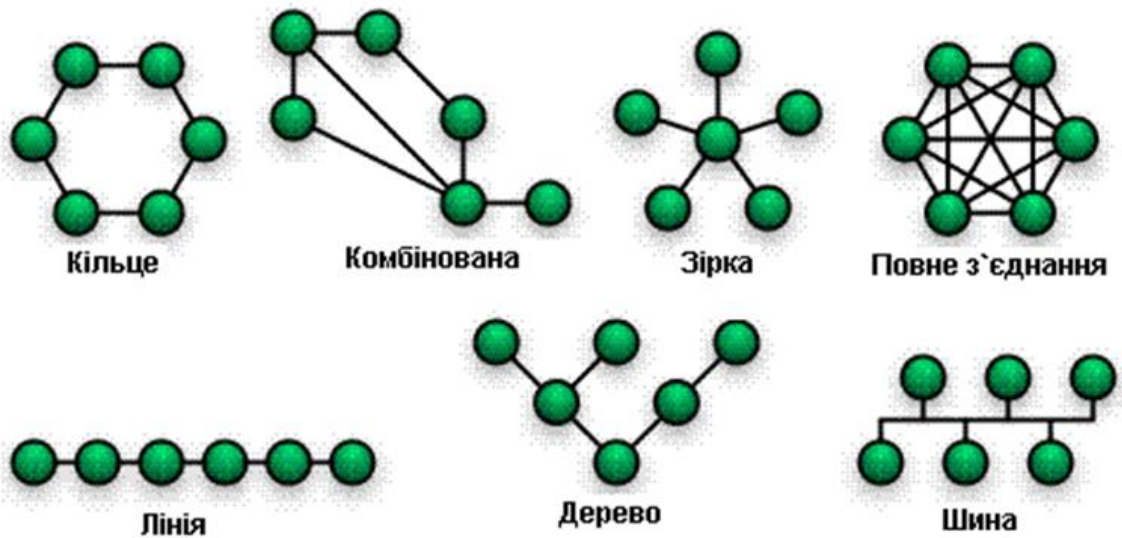


Рисунок 1.3. Приклади топологій цифрових мереж

Топологія волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОСП) визначає структуру мережі та спосіб з'єднання її елементів. Вона впливає на продуктивність, надійність і ефективність передачі даних. Основні топології ВОСП включають:

- 1) Шинна топологія – всі пристрої підключені до одного оптичного кабелю. Вона проста у реалізації, але може бути менш надійною через єдину лінію зв'язку.
- 2) Зіркова топологія – всі вузли під'єднані до центрального комутатора або маршрутизатора. Забезпечує високу швидкість передачі даних і легкість керування, але залежність від центрального вузла може бути критичною.
- 3) Кільцева топологія – вузли з'єднані у замкнене кільце, що забезпечує резервування. Якщо один зв'язок порушено, дані можуть передаватися у зворотному напрямку.
- 4) Деревоподібна топологія – комбінація зіркової та шинної структури, використовується для великих мереж із розгалуженою структурою.
- 5) Ячеїста (Mesh) топологія – кожен вузол має декілька з'єднань, що забезпечує максимальну надійність та резервування.

Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

11

б) Лінійна топологія- послідовне з'єднання вузлів уздовж одного оптичного кабелю. створює просту та пряму структуру мережі. Такий підхід може бути ефективним для довгих магістральних з'єднань між вузлами, але має обмеження щодо відмовостійкості – рр якщо виникне розрив у кабелі, передача даних буде порушена.

Кожна схема має свої переваги та недоліки, і вибір топології залежить від вимог до мережі, її розмірів та рівня надійності.

Волоконно-оптична лінія зв'язку м. Одеса-сmt Хлібодарське являє собою магістраль, для якої оптимальної, з точки зору надійності зв'язку та економічності, буде топологія типу "лінія" з резервуванням.

У разі пошкодження одного з волокон всередині кабелю, можна передбачити можливість резервного перемикання (дублювання) на додаткові волокна всередині кабелю.

Решта типів топологій, такі як: зірка, кільце, - не придатні в плані їх неекономічність і ненадійності для даної траси.

## 2) Код передачі.

У ВОСП використовують методи кодування:

- NRZ (англ. NonReturntoZero, без повернення до нуля).
- NZRI (англ. NonReturntoZero, Inverted, без повернення до нуля, інвертований).
- Manchester.
- RZ (англ. ReturntoZero, з поверненням до нуля).
- MLT-3 (англ. Multi-Level Transmit 3, багаторівневий транспортинй 3) — є схожим з кодуванням NZRI, але використовує тири рівні напруги.

Код повинен бути лінійним, тому як система оптична і передача сигналу різної полярності неможлива.

З точки зору завадостійкості оптоелектронної системи передачі інформації найбільш оптимальним є код NRZ (NoReturntoZero - без повернення до нуля), тому енергетичний запас каналу падає через зменшення середньої потужності

					<b>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						12
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

джерела випромінювання і для коду NRZ це падіння дорівнює 3 дБ, а для RZ - 6 дБ. Виходячи з вищевикладеного вибираємо код NRZ.

## 1.5 Характеристики систем передачі даних

Залежно від структурних параметрів розрізняють багатомодові і одномодові оптичні волокна.

Багатомодові оптичні волокна мають таке співвідношення діаметрів оболонки і серцевини, яке дозволяє передавати одночасно кілька сотень дозволених світлових мод, вводяться в волокно під різними кутами в рамках числової апертури волокна.

Усі дозвалені моди мають різні траєкторії розповсюдження і, відповідно, різний час поширення по світловоду.

Головний недолік багатомодових волокон - велика величина модової дисперсії, обмежує як смугу пропускання, так і дальність роботи цифрової системи передачі.

Однак, багатомодові оптичні волокна активно застосовуються в коротких волоконно-оптичних лініях зв'язку, що пояснюється дешевизною виробництва як волокон, так і джерел випромінювання.

Одномодове оптичне волокно (Single Mode Fiber) — це тип волокна, що має дуже тонке серцевинне ядро (зазвичай близько 9 мікрон), яке дозволяє передавати лише одну моду світла.

Це мінімізує дисперсію сигналу, що робить одномодові волокна ідеальними для передачі даних на великі відстані, що критично важливо для зв'язку на великі відстані, оскільки низька дисперсія означає збереження чіткості сигналу, менші втрати інформації та можливість роботи на більш високих швидкостях без значного погіршення якості даних. Саме тому одномодові волокна широко використовуються у магістральних лініях зв'язку та високошвидкісних оптичних мережах.

До основних характеристик відносяться: діаметр серцевини ~9 мікрон, що зменшує модальну дисперсію; Іжерело світла - лазерні діоди, які забезпечують

					<b>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

вузький промінь високої інтенсивності та овжина хвилі: 1310 нм та 1550 нм — оптимальні для мінімізації втрат.

Пропускна здатність: висока, що дозволяє передавати дані на великі відстані без значних втрат. Застосування: міжміський зв'язок, високошвидкісні мережі, телекомунікації.

Основні переваги одномодових оптичних волокон - мале загасання, мінімальна величина модової дисперсії, широка смуга пропускання (рис. 1.1). Основні характеристики оптичних волокон наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Основні характеристики оптичних волокон

Тип оптичного волокна	Діаметр оболонки волокна (мкм)	Діаметр серцевини волокна (мкм)	Числова апертура волокна	Номінальне затухання (дБ/км)	Ширина полоси пропускання (мГц/км)
Багатомодове із ступінчастим показником заломлення	125	50 62,5	0,242	2,5/0,81 2,8/0,6	До 40
Багатомодове градієнтне	125	50 62,5	0,206	2,5/0,81 2,8/0,6	До 1000
Одномодове	125	9 10	0,113	0,2/0,152 0,2/0,15	До 106

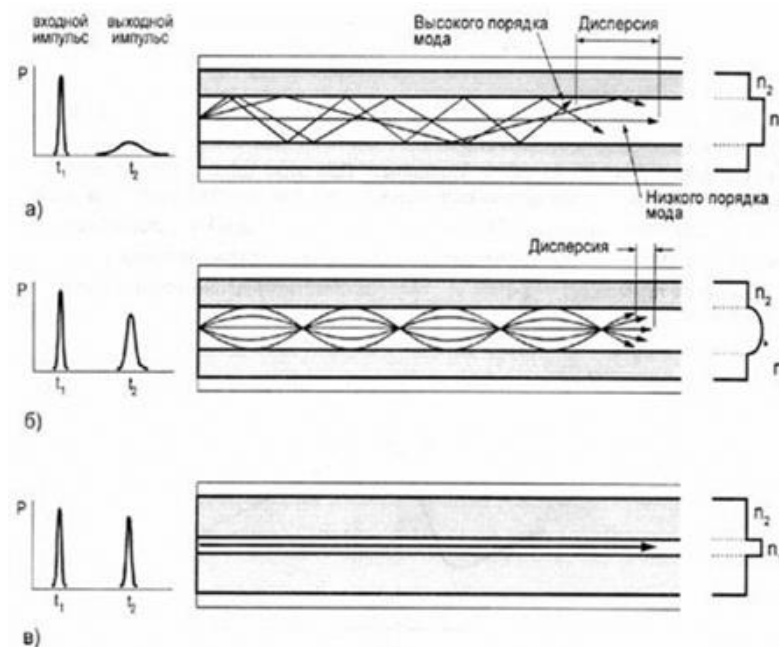


Рисунок 1.1. Багатомодові (а), градієнтне (б) та одномодове (в) оптичні волокна

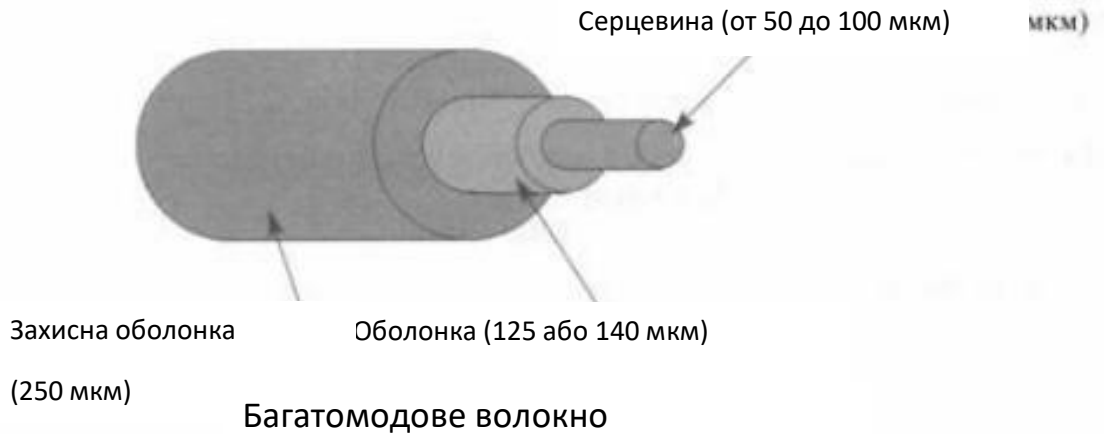


Рисунок 1.2. Конструкція багатомодового оптичного волокна

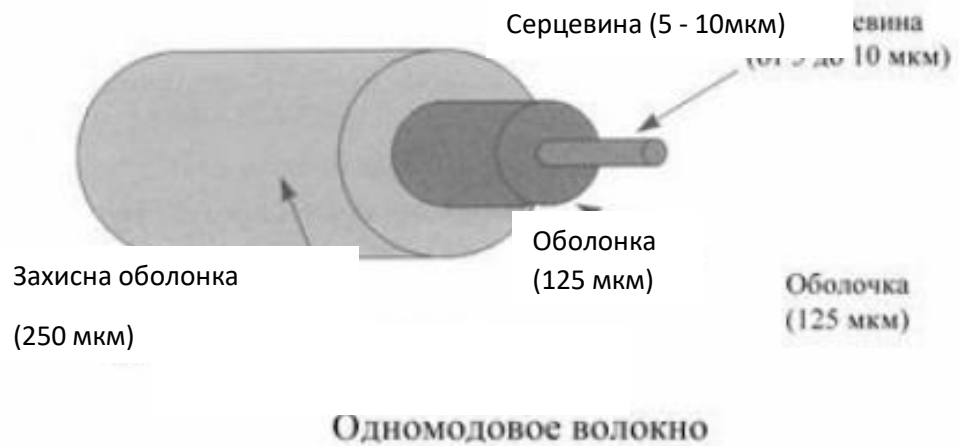


Рисунок 1.3. Конструкція одномодового оптичного волокна

При встановленні та тестуванні волоконно-оптичних систем важливо знати одиниці вимірювання. Використовується метрична система:

- Довжина кабелю вимірюється у метрах або кілометрах.
- Діаметр кабелю – у сантиметрах або міліметрах.
- Діаметр оптоволокна – у мікронах (1 мікрон = 1 мільйонна частка метра).

Серцевина багатомодового волокна зазвичай має діаметр 62,5 мікрон, одномодового – 8 мікрон. Оболонка скловолокна в комунікаційних системах

становить 125 мікрон. Типові співвідношення серцевина/оболонка: 62,5/125, 50/125, 100/140.

Довжина хвилі оптичного сигналу вимірюється у нанометрах (нм), де 1 нм = 1 мільярдна частка метра. Джерела сигналу використовують хвилі 850, 1300 або 1550 нм. Старі системи працюють з 780 і 1310 нм.

Оптична потужність вимірюється у міліватах або децибелах (переважно децибелах).

- Децибел (дБ) – це логарифмічне співвідношення потужностей, що обчислюється за формулою.
- dВm (дБм) – це потужність відносно 1 мВт (0,001 Вт).

Специфікації передавачів і детекторів сигналу зазвичай подаються у децибелах.

Таблиця 1.2. Відносні рівні в дБ

№№ з/с	Характеристики	
1	Вихідний рівень потужності оптичного джерела або трансмітера	
2	Світлодіодний:	від -10 дБм до -25 дБм (для кабелю 62,5 / 125 мікрон)
3	Лазерний:	від 0 дБм до -13 дБм (для одномодового оптичного кабелю)
4	Вихідний рівень потужності ВОК, що підключається до детектора або приймача	
5	Від -20 дБм до -35 дБм	(для кабелю 62,5 / 125 мікрон)
6	Від -20 дБм до -45 дБм	(для одномодового ВОК)

У Таблиці 1.2. вказані значення, що представляють деякі відносні рівні сигналів у волоконно-оптичній системі в децибелах.

Оптичні втрати в системах на основі волоконно-оптичного кабелю також виражаються в децибелах. Оптичні втрати приносить сам волоконно-оптичний кабель, роз'єми, з'єднувальні муфти, стики і т. ін.

Існує декілька основних міжнародних стандартів, що регламентують характеристики оптичного кабелю.

Документи європейського комітету стандартів приведено нижче:

- ІЕС 793 Оптичні волокна.
- ІЕС 794-1 Оптичні волоконні кабелі ІЕС.
- ІЕС 61350 Вимірювачі потужності та їх калібрування.
- ІЕС 61746 Калібрування оптичних рефлектометрів.

Стандарти міжнародного союзу електрозв'язку:

- G.651 Характеристики 50/125 многомодового волокна з градієнтним індексом.
- G.652 Характеристики одномодового волоконно-оптичного кабелю.
- G.653 Характеристики одномодового волоконно-оптичного кабелю з дисперсійним зміщенням.
- G.654 Характеристики втрат для передачі сигналу 1550 нм по одномодовому волоконнооптичному кабелю.

В даний час всі системи цифрової передачі, застосовувані на цифрових мережах, прийнято розділяти на системи PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy - плезиохронна цифрова ієрархія) і SDH (Synchronous Digital Hierarchy - синхронна цифрова ієрархія). SDH має принцип побудови цифрових систем передачі, який вимагає мультиплексування цифрових потоків, але з більшою базовою швидкістю передачі і синхронізацією усього каналотворюючого і передавального устаткування від загального генератора, у порівнянні з PDH.

Своїми назвами вони зобов'язані відповідним режимам роботи по синхронізації.

Нижче більш докладно розглянемо PDH порівняно з принципами SDH.

В проєкті будемо спиратися на системи SDH.

Системи передачі SDH (синхронної цифрової ієрархії) на сьогоднішній день є найбільш швидкісними, в той час як PDH (плезиохронна Цифрова Ієрархія) не відповідає сучасним запитам передачі даних і поступово виводиться з обігу. Для

					<i>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						17
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечення необхідної нам швидкості підходить система передачі: STM-4 622Мбіт / с.

Таблиця 1.3. Системи передачі STM

Система	STM-1	STM-4	STM-16	STM-64
Швидкість передачі, Мбіт/с	155	622	2488	9952

STM-4 (Synchronous Transport Module level 4) є важливою частиною SDH (Синхронної цифрової ієрархії) та широко використовується в телекомунікаційних мережах. Ключові практичні застосування STM-4:

- 1) Опорні мережі (Backbone) – Використовується для створення високошвидкісних магістральних каналів, що забезпечують зв'язок між основними вузлами операторів зв'язку.
- 2) Передача голосу та даних – Мультиплексування великої кількості телефонних каналів РСМ (64 кбіт/с), а також передача інтернет-трафіку, відеоконференцій та інших даних.
- 3) Підключення до оптоволоконних мереж – STM-4 працює поверх оптоволоконних ліній, що забезпечують високу надійність і низьку затримку передачі даних.
- 4) Зв'язок між базовими станціями мобільних мереж – Забезпечує високошвидкісне з'єднання між базовими станціями та комутаційними вузлами операторів мобільного зв'язку.
- 5) Резервування та захист мережі – SDH-мережі використовують механізми автоматичного відновлення (наприклад, MSP та APS), що забезпечують безперебійний зв'язок навіть у разі виходу з ладу частини мережі.
- 6) Підключення до міжнародних телекомунікаційних систем – Використовується для передачі трафіку між країнами через магістральні оптичні лінії.

У даному підрозділі я також привожу основні характеристики використовуваного оптичного кабелю.

1) Принцип маркування оптичного кабелю (ОК):

NNN РВ - М6П - 10 - 0,4 - 8 (8000 Н)

NNN - найменування кабелю (обумовлений робочою довжиною хвилі);

Р - позначення типу силового елемента;

В - позначення типу "бронепокрів";

М - модульна чи інша конструкція;

6 - кількість елементів у повиві;

П - тип центрального силового елемента;

10 - тип оптичного волокна (NZDS, SM, MM);

0,4 - граничне значення коефіцієнта загасання на км;

8 - число ОВ у кабелі;

8000 Н - максимальне розтяжне зусилля.

Оптичний кабель слід вибирати виходячи з довжини каналу і швидкості передачі.

Залежно від довжини каналу розрізняють:

- магістральні канали ( $600 \text{ км} < L < 2500 \text{ км}$ );
- зональні ( $100 \text{ км} < L < 600 \text{ км}$ );
- Внутрішньо об'єктові (міські) ( $10 \text{ км} < L < 80 \dots 100 \text{ км}$ );
- локальні ( $0,2 \text{ км} < L < 3 \dots 5 \text{ км}$ ).

У даному проєкті розглядаються варіант прокладки кабелю: в ґрунт, то слід розглянути одну конструкцію оптичного кабелю.

Так само слід визначитися з кількістю оптичного волокна в кабелі.

2) Число оптичного волокна у кабелі:

Для передачі всіх каналів нам потрібно одне оптичне волокно в одну сторону (м. Одеса – смт Хлібодарське) і одне у зворотний (смт Хлібодарське –

					<i>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						19
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

м.Одеса), разом 2. Візьмемо виходячи з надійності та перспективи зростання трафіку кількість ОВ рівне 4.

3) Оптичний кабель для прокладки в ґрунт:

Довжина траси 11 км. У наших умовах кабель прокладається тільки в ґрунт. Траса прокладки не проходить через міст тощо. У зонах міст кабель прокладається в каналізації. Більш за все до проєкту підходить ОКЛ-4-ДА (2,7) П-1\*4Е1-0,36Ф3,5/0,22Н18-4/0 Одескабель, тому що він містить 4 число необхідних волокон.

## 1.6 Траса прокладки оптичного кабелю

У технології прокладки оптичного кабелю багато спільного з технологією прокладки електричних кабелів зв'язку. Специфікою прокладки ОК є обмеження на величину вигину кабелю і рівень прикладається механічного навантаження. Перевищення навантажень може привести до обриву оптичного кабелю, або до дефектів волокна, які в подальшому стануть причиною відмов у роботі оптичної лінії.

Прокладка ОК може проводитися:

- в каналах кабельної каналізації;
- в ґрунті;
- шляхом підвіски оптичного кабелю до опор повітряних ліній електропередачі або контактної мережі залізниць;
- по стінах будівель і всередині приміщень.

Маршрут прокладання оптичного кабелю залежить від розташування кінцевих точок. При його виборі необхідно враховувати три ключові фактори: мінімізацію витрат на будівництво, зниження експлуатаційних витрат та зручність технічного обслуговування.

Кінцевими пунктами для проєкту обрано Одеський голопоштамт м.Одеса. вул Садова, 2 та Укрпошта смт Хлібодарське вул. Маяцька дорога, 3.

Для прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку м. Одеса-сmt Хлібодарське обрано "земляну" трасу, тобто прокладка в ґрунт і відповідний

					<b>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

кабель. Одномодові кабелі ОКЛ підходять для прокладання в кабельних каналах, трубах, шахтах та ґрунтах — як вручну, так і механізованим способом. Для ВОСП

Одеса-Хлібодарське обрано кабель ОКЛ-4-ДА (2,7) П-1\*4Е1-0,36Ф3,5/0,22Н18-4/0 Одескабель, який буде задутий у поліетиленову трубу.

Кабель призначений для прокладки телекомунікаційних мереж в каналах кабельної каналізації, а також деяких типах ґрунтів, що не піддавалися деформаціям і сертифіковані для використання в Україні. покритий поліетиленовою оболонкою, яка захищає від механічних пошкоджень та вологи.

Переваги цього кабелю: вогнестійкість, мала вага, висока електрична ізоляція, стійкість до механічних навантажень, низький коефіцієнт тертя, зручність при монтажі та транспортуванні.



Рисунок 1.4. Зовнішній вигляд: кабель ОКЛ-4-ДА (2,7) П-1\*4Е1-0,36Ф3,5/0,22Н18-4/0 Одескабель

Нижче приводжу основні технічні характеристики кабелю ОКЛ-4-ДА (2,7)П-1\*4Е1-0,36Ф3,5/0,22Н18-4/0 Одескабель [6].

- 1) Вес кабелю: ~80-250
- 2) Діаметр кабелю: 13-20
- 3) Діаметр модового поля: @1310 нм -  $9,3 \pm 0,5$  мкм @1550 нм -  $10,5 \pm 0,5$  мкм
- 4) Діаметр оболонки світловода:  $125 \pm 1,0$
- 5) Діаметр покриття світловода:  $245 \pm 10$
- 6) Діапазон допустимої температури при монтажі: -10...+60
- 7) Діапазон допустимих температур при зберіганні: -50...+60
- 8) Допустима розтягуюча навантаження: 2,7
- 9) Кількість модулів/заповнювачів: 1 модуль

Доповнюючі характеоистики:

- 1) Коефіцієнт затухання: @1310 нм -  $\leq 0,40$  дБ/км @1550 нм -  $\leq 0,30$  дБ/км
- 2) Мінімальний радіус згину, монтаж/експлуатація: 20 діаметрів кабелю
- 3) Наклон нулевої дисперсії:  $\leq 0.092$

					<b>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

- 4) Погрішність концентричності покриття:  $\leq 0.8$
- 5) Погрішність покриття від круглої форми:  $\leq 1$
- 6) Поляризаційна модова дисперсія:  $\leq 0.2$
- 7) Стійкість до ударів: 10

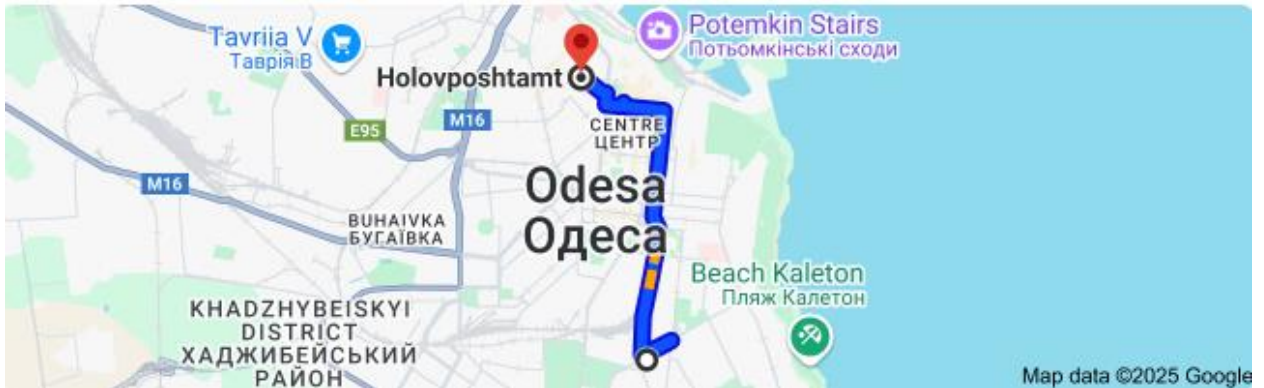


Рисунок 1.5. План місцевості прокладки ВОСП м. Одеса-сmt Хлібодарське

## 1.7 Вибір системи передачі

Під час вибору цифрової волоконно-оптичної системи передачі було прийнято рішення використовувати синхронну цифрову ієрархію (SDH), оскільки технології плезіохронної цифрової ієрархії (PDH) не забезпечують достатніх можливостей для організації службових каналів контролю та управління потоками.

Сучасні вимоги до цифрових мереж значною мірою задовольняє саме SDH, яка має низку переваг у порівнянні з PDH:

- Висока пропускна здатність каналів;
- Гнучкість управління мережею;
- Надійність та здатність до самовідновлення завдяки різним механізмам резервування;
- Можливість нарощування ємності мережі без переривання трафіку;
- Простота масштабування та адміністрування.

Технологія SDH зайняла стабільне місце у світовій телекомунікаційній галузі, зберігаючи спадковість та підтримку стандартів PDH. Сьогодні вона

використовується практично у всіх типах зв'язкових мереж: регіональних, національних та міжнародних.

Архітектура SDH базується на функціональних модулях, що забезпечують ефективну передачу високошвидкісних потоків у волоконно-оптичних мережах.

Ці модулі виконують такі ключові операції:

- Агрегація вхідних потоків;
- Передача даних із можливістю виділення сигналів у проміжних вузлах;
- Формування потоків більш високого рівня;
- Корекція та регенерація сигналів для збереження їх якості на великих дистанціях.

До складу SDH можуть входити такі модулі: термінальні мультиплексори, мультиплексори введення-виводу, регенератори, концентратори та комутатори. Основним елементом SDH є мультиплексор, який об'єднує низькошвидкісні потоки у високошвидкісний канал на етапі передачі, а також виконує локальну комутацію, концентрацію та регенерацію цифрових потоків, що дозволяє ефективно використовувати пропускну здатність мережі.

Оптичні мультиплексори введення/виведення каналів відіграють ключову роль у волоконно-оптичних мережах, дозволяючи додавати та видаляти окремі канали без необхідності перетворення сигналів в електричну форму.

Існують пасивні та активні OADM (Optical Add-Drop Multiplexer):

- Пасивні OADM (Optical Add-Drop Multiplexer) – працюють без додаткового живлення, використовуючи фільтри на основі дифракційних решіток або тонкоплівкових технологій.
- Активні OADM (Optical Add-Drop Multiplexer) – мають можливість динамічного управління каналами та використовують оптичні комутатори для зміни конфігурації потоку.

Дистанційно керовані мультиплексори введення/виведення значно спрощують роботу операторів зв'язку, оскільки дозволяють оптимізувати

					<i>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

пропускну здатність мережі без необхідності фізичного втручання. На рис. 1.6. представлена схема мультиплексора.

Залежно від функціональних можливостей, мультиплексори поділяються на термінальні та введення-виводу.

Мультиплексори для волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОСП) використовуються для об'єднання кількох потоків даних в один оптичний канал,

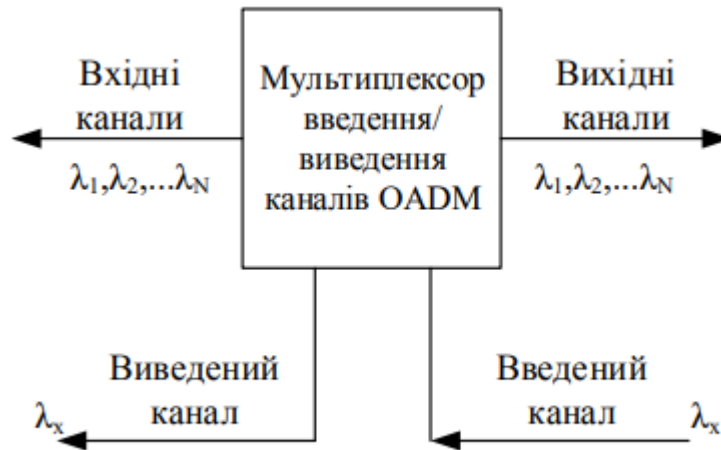


Рисунок 1.6. Узагальнена схема мультиплексора

Приводжу варіанти таких пристроїв:

- Модульний керований мультиплексор FMUX1001/FMUX101 – підтримує до 16 каналів E1/T1 та Ethernet 10/100/1000Base-T, має можливість гарячої заміни компонентів.
- Оптиволоконний мультиплексор PDH FMUX1600/FMUX800 – передає до 16/8 потоків E1/T1 та 4 порти Gigabit Ethernet, підтримує резервування оптичної лінії.
- Оптичний мультиплексор FlexGain FOM-16OG-L – забезпечує передачу до 16 потоків E1 та Giga Ethernet-трафіку зі швидкістю до 1000 Мбіт/с, підтримує резервування оптичного тракту.
- Мультиплексор: якщо потрібна передача кількох каналів (наприклад, Ericsson OMS 860, Huawei OptiX).

Для проєкту ВОСП довжиною 11 км м.Одеса-сmt Хлібодарське я обираю мультиплексор Ericsson OMS 860 та такі пристрої:

- Оптичний кабель: одномодовий з низьким затуханням (G.652D або G.655).
- Трансмітер: SFP або XFP-модуль на 1550 нм з потужністю -3 дБм або більше.
- Ресивер: приймач з чутливістю до -28 дБм.
- Підсилювач (якщо потрібно): EDFA (оптичний підсилювач на 1550 нм).
- Система OTDR (рефлектометр) для контролю стану оптичної лінії

## 1.7 Розрахунок числа каналів на магістралі

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

Чисельність населення визначається на підставі статистичних даних останнього перепису населення (2022 рік).

Наразі в м.Одеса налічується 992874 чол.

Смт Хлібодарське налічує 3202 чол.

Число каналів, що з'єднують кінцеві точки, визначається кількістю користувачів, які потребують доступу до ліній зв'язку. Зокрема, при проектуванні міжміських телефонних каналів спочатку розраховується їх необхідна кількість між заданими пунктами. Для цього використовується наближена математична модель.

$$n_{m\phi} = \alpha_1 * f_1 * y * \frac{m_a m_b}{m_a + m_b} + \beta_1, \quad (1.1)$$

де  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$  – 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 автоматичною міжміською телефонною станцією (АМТС).

					<b>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						25
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаючи середній коефіцієнт оснащеності населення телефонними апаратами в межах від 0,4 до 0,8, кількість абонентів у зоні АМТС можна визначити за формулою:

$$m = \gamma * N, \quad (1.2)$$

де  $\gamma$  – коефіцієнт оснащеності населення телефонними апаратами;

$N$  – кількість населення, чол.

Для міста Одеса  $N_O = 256474$  чол.

Для смт Хлібодарське  $N_X = 1741$  чол

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

Для м. Одеса:

$$m_a = \gamma * N_O = 0,7 * 256474 \approx 179532 \text{ чол.}$$

Для смт Хлібодарське:

$$m_b = \gamma * N_X = 0,7 * 1741 \approx 1219 \text{ чол.}$$

Звідси знайдемо кількість телефонних каналів тональної частоти (КТЧ):

$$n_{mf} = 1,3 * 0,05 * 0,05 * 179532 * 1219 + 5,6 \approx 13 \text{ ктч.}$$

Загальне число каналів між двома пунктами визначається сумою:

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

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

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

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

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

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

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

Беручи до уваги реалі сьогодення потреба в передачі даних зростає, ніж потреба в телефонних каналах, тому число каналів передачі даних приймемо як

$$n_{\text{пд}} = 1,3 * n_{\text{тф}} \quad (1.3)$$

					<b>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						26
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для мережі Internet виділимо 4500 ктч, для оренди –1000 ктч та двосторонній телевізійний канал займе 1600 ктч.

Тоді загальне число каналів складе:

$$n_{\text{заг}}=2*n_{\text{тф}}+n_{\text{пд}}+n_{\text{тв}}+n_{\text{інт}}+n_{\text{ор}}+n. \quad (1.4)$$

Підставимо чисельні значення в формулу та отримаємо:

$$n_{\text{заг}}= (2+1,3) *13+4500+1000+1600=7143 \text{ ктч.}$$

Далі необхідно визначити швидкість передачі даних  $B$ .

Пропускна здатність одного КТЧ складає 64 кбіт/с.

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

Згідно технічному завданню у системі SDH (Синхронна цифрова ієрархія) STM-4 має пропускну здатність 622,08 Мбіт/с, і вона може передавати певну кількість потоків РСМ (Pulse Code Modulation) зі стандартною швидкістю 64 кбіт/с на канал.

Розрахунок максимальної кількості каналів:

$$N=622.08*10^6/64*10^3=9718$$

Отже, STM-4 може забезпечити приблизно 9718 телефонних каналів РСМ без компресії.

Для забезпечення необхідної нам швидкості підходить система передачі: STM-4 622 Мбіт / с.

Таблиця 1.5. Системи передачі STM

Система	STM-1	STM-4	STM-16	STM-64
Швидкість передачі, Мбіт/с	155	622	2488	9952

## 1.8 Вибір обладнання

Оптичне мультисервісне обладнання Ericsson серії OMS 800 забезпечує одночасне надання послуг Ethernet та традиційних TDM-сервісів в межах однієї точки замовлення. Це сприяє спрощенню розгортання нових сервісів та

розширенню можливостей SDH-рішень завдяки інтеграції сучасних технологій, уже присутніх у мережах:

- Ethernet – гнучка передача даних з високою пропускнуою здатністю.
- GFP (Generic Framing Procedure) – ефективне інкапсулювання Ethernet-кадрів у SDH-контейнери (VC).
- LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme) – механізм динамічного коригування пропускнуої здатності каналів відповідно до потреб мережі.
- VCAT (Virtual Concatenation) – оптимізація використання та розподілу мережевих ресурсів.

Завдяки цим технологіям OMS 800 дозволяє побудувати гнучку, масштабовану та надійну мережу, адаптовану до сучасних вимог. Серед представлених на ринку трьох окремих продуктів серії OMS 800 обрано Ericsson OMS 860. Це гнучкий і модульний мультиплексор

введення/виведення (ADM) рівня STM-1/4, який має широкий спектр мультисервісних інтерфейсів та підтримує функціональність Ethernet.

Його основні механічні параметри:

- Висота – 44 мм
- Довжина – 445 мм
- Глибина – 240 мм

У порівнянні з іншими рішеннями серії OMS 800:

- OMS 870 – також гнучкий ADM, але підтримує рівень STM-1/4/16 і має розширені можливості Ethernet.
- OMS 846 – оптимізований для STM-1, пропонує велику кількість E1 (до 16) та меншу кількість інтерфейсів FE (4) або GE (10).

Вибір OMS 860 забезпечує оптимальне поєднання мультисервісних можливостей та розмірів, що відповідає вимогам проекту.

Зовнішній мультиплексора вигляд наведено на рис.1.7.



Рисунок 1.7. Зовнішній вигляд мультиплексора Ericsson OMS 860

Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

28

Фотоприймачі для волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОСП) з мультиплексором Ericsson OMS 860 використовуються для прийому оптичного сигналу та його перетворення в електричний.

Вони є ключовими компонентами у мережах SDH та Ethernet, забезпечуючи стабільну передачу даних.

Мультиплексор Ericsson OMS 860 – це SDH-мультиплексор рівня STM-4 з функціями Ethernet-комутатора L2, що забезпечує ефективне управління пропускнуою здатністю та пріоритизацію Ethernet-послуг.

Основні характеристики:

- Швидкість передачі: 155 Мбіт/с (STM-1) або 622 Мбіт/с (STM-4).
- Топології: точка-точка, зірка, кільце, ланцюг.
- Пропускна здатність Ethernet-шини: 20 Гбіт/с.
- Резервування: MSP 1+1 для STM-1 і STM-4, SNCP для кільцевих топологій.
- Крос-комутація: 24×24 STM-1.

Інтерфейси:

- Оптичні: STM-1 (1310 нм, 1550 нм).
- Ethernet: 10/100 Base-T, 1000 Base-TX (RJ45).
- PDH: E1 (2 Мбіт/с), E3/T3 (34/45 Мбіт/с).

Функції комутатора: VLAN, QoS, STP/RSTP, тунелювання трафіку (QinQ).

Управління: SNMP, IP, DCC.

Конструкція: шасі 1U для монтажу в 19” або ETSI-стійку.

OMS 860 може використовуватися як термінальний мультиплексор або мультиплексор вводу/виводу, що робить його гнучким рішенням для операторів зв'язку та бізнес-додатків.

Технічні дані мультиплексора Ericsson OMS 860 приведено у таблиці 1.6

Для визначення інтерфейсів рівня STM-4 використовують характеристики, що наведені в таблиці 1.7.

					<i>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						29
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.6. Характеристики мультиплексора Ericsson OMS 860

<i>№№ з/с</i>	<i>Назва параметра</i>	<i>Значення параметра</i>	<i>Примітка</i>
1	Вихідна пропускна здатність	2xSTM-1/4	В залежності від модулю SFP
2	Вбудований модуль емуляції каналів STM1, STM4	16xE1	
3	Додаткові трибутарні модулі	2 слота	
4	Пропускна спроможність матриці крос-комутації: неблокована	24*24 еквівалентів STM-1	
5	Комутація Ethernet	5Гбіт/с	
6	Базове шасі	BM-9100 2xSTM1/4	
7	Можлива потужність	50 Вт	

У рамках проекту буде використовуватися інтерфейс L-4-2, який забезпечує максимальну довжину регенераційних ділянок та функціонує у третьому вікні прозорості (довжина хвиль загасання 1550 нм), що відповідає вимогам технічного завдання.

Кількість необхідних волокон визначається виходячи з обраної системи передачі.

Одна система потребує двох оптичних волокон – одне для передачі,

Якщо два волокна використовуються для резервування, що загалом складає чотири волокна то два волокна використовуються для основної передачі даних, а ще два призначені для резервування, загалом у кабелі має бути чотири оптичні волокна.

Резервні волокна в одномодових оптичних системах забезпечують додаткову надійність та можливість переключення сигналу у разі пошкодження основного волокна, мінімізуючи ризики переривання зв'язку.

З огляду на це, кількість SFP-модулів залишається чотири, оскільки кожна система передачі потребує двох модулів, а резервні волокна поки не використовуються для активної передачі. Якщо резервні волокна планується

					<b>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						30
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

також залучати для передачі (наприклад, у випадку аварійного перемикання або балансування навантаження), тоді слід розглянути додаткові SFP-модулі.

Таблиця 1.7. Визначення інтерфейсів рівня STM-4

№№ з/с	Назва параметра	Одиниця виміну	Значення параметрів			
			S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2
1	Код застосування інтерфейсу		S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2
2	Номинальна швидкість передавання	Мбіт/с	622.08	622.08	622.08	622.08
3	Діапазон довжини робочої хвилі	нм	1293 - 1334	1430 - 1580	1280 - 1335	1480 - 1580
4	Тип джерела випромінювання	-	MLM	SML	MLM/SML	SLM
5	Мін. рівень вихідної оптичної потужності	дБм	-15	-15	-3	-3
6	Макс. рівень вихідної оптичної потужності	дБм	-8	-8	+2	+2
7	Мін. рівень чутливості	дБм	-28	-28	-28	-28
8	Діапазон загасання	дБ	0-12	0-12	10-24	10-24
9	Довжине секцій регенерації	км	15	15	40	60

Для проєкту обираю основні характеристики модуля SFP-WDM-SM-0220BD, який має такі характеристики:

- Швидкість передачі: 1 Гбіт/с
- Дальність: 20 км
- Довжина хвилі: 1550 нм
- Тип волокна: одномодове (SM)
- Технологія: WDM

Якщо кожен мультиплексор OMS 860 має 2 порти, і в проєкті використовується одноволоконне з'єднання, то для 2 мультиплексорів потрібно 4 SFP-модуля (по 2 на кожен).

Розрахунок показників траси ВОСП для проекту м.Одеса-сmt Хлібодарське

При виборі оптичного кабелю (ОК) необхідно враховувати як технічні характеристики, так і параметри конкретної волоконно-оптичної лінії зв'язку (ВОСП), включаючи пропускну здатність, рівень загасання, вологостійкість, захист від корозії та впливу зовнішніх факторів.

Важливими аспектами також є надійність в експлуатації, доступна вартість, широкосмуговість (швидкість передачі даних), довжина хвилі оптичного випромінювання, енергетичний потенціал, допустима дисперсія та ступінь скручування.

Через значну різницю в ціні та відсутність суттєвих переваг кабелі закордонного виробництва не розглядаються, а перевага надається вітчизняним аналогам.

Одномодові оптичні кабелі марок ОКЛІ призначені для прокладання в кабельних комунікаційних каналах, трубах, блоках, шахтах та різних типах ґрунтів, незалежно від способу укладання – ручного чи механізованого.

Їх конструкція забезпечує високу механічну стійкість, довговічність та надійний захист волокон від зовнішніх впливів, а резервні волокна гарантують додаткову надійність і можливість переключення сигналу у разі пошкодження основного волокна, мінімізуючи ризики переривання зв'язку

У дипломному проєкті використовується інтерфейс L-4-2, який забезпечує максимальну довжину регенераційних ділянок та працює в третьому вікні прозорості (1550 нм).

Для передачі даних потрібно два оптичні волокна, ще два будуть резервними — загалом чотири.

При виборі оптичного кабелю (ОК) слід також враховувати пропускну здатність, загасання, вологостійкість, захист від корозії та механічних впливів, надійність в експлуатації, економічність, широкий спектр частот, довжину хвилі випромінювання, енергетичний потенціал, допустиму дисперсію та ступінь

					<i>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						32
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

скручування. Кабелі закордонних виробників не розглядаються через високу вартість та відсутність суттєвих переваг над вітчизняними аналогами.

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

Розрахуємо загальну довжину кабелю, враховуючи додаткові витрати:

- Основна довжина траси: 11 км
- Додаткові витрати на прокладку в ґрунт:  $2\% = 11 \times 0,02 = 0,22$  км
- Додаткові витрати на прокладку в кабельній каналізації:  $5,7\% = 11 \times 0,057 = 0,627$  км

Загальна довжина кабелю:

$$L_{\text{загальна}} = 11 + 0,22 + 0,627 = 11,847 \text{ км}$$

Необхідна кількість кабелю для прокладки траси ВОСП становить 11,85 км (з округленням до сотих) або 12 км.

### 1.9 Розрахунок регенераційної ділянки

Для даної волоконно-оптичної лінії зв'язку м.Одеса – смт Хлібодарське розрахунок регенераційної ділянки недоцільний, тому що довжина регенераційної ділянки повинна перевищувати 30 км. У даному проєкті максимальна довжина кабелю становить для прокладки в ґрунт не більше  $12 \text{ км} + 25\% = 15 \text{ км}$ .

За проведеними розрахунками видно, що траса м.Одеса – смт Хлібодарське є однією регенераційною ділянкою.

### 1.10 Розрахунок енергетичного бюджету мережі

Для забезпечення заданої швидкості прийому та енергетичного бюджету приймаємо такі вихідні дані (див.табл.1.6)

Швидкість прийому: 622 Мбіт / с.

Чутливість: -28 дБм

Напруга живлення: +5, -5, +45.

					<b>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

Розрахунок потужності сигналу проводимо за алгоритмом обчислень:

- 1) Визначаємо втрати в оптичному волокні оптичного кабелю (0,2 дБ/км для одномодового волокна).
- 2) Враховуємо втрати на роз'ємах (0,5 дБ на кожне з'єднання).
- 3) Визначаємо потужність передавача ( -3 дБм) і чутливість приймача (до -28 дБм).
- 4) Якщо загальні втрати перевищують поріг приймача, потрібні підсилювачі.

Рівень оптичної потужності сигналу, що падає на вхідний пристрій, залежить від енергетичного бюджету волоконно-оптичної мережі передач, втрат потужності в оптичному волокні, втрат потужності в розніманнях, втрат на нероз'ємних з'єднаннях.

Сумарні втрати в каналі визначаються таким співвідношенням:

$$A = 2 \cdot A_{роз} + q \cdot A_{ноз} + \alpha l \cdot l + A_t + A_v + A_{кода}, \text{ дБ}, \quad (1.8)$$

де  $A_{роз}$  – загасання, що вноситься роз'ємним оптичним з'єднувачем, рівне 0,5...1,5 дБ;

$q$  – число нероз'ємних оптичних з'єднувачів (дорівнює шести: три на зварювання ремонтних ділянок і три на непередбачені обставини);

$A_{ноз}$  – загасання, що вноситься нероз'ємним оптичним з'єднувачем, дБ (прийнято рівним 0,2 дБ);

$\alpha l$  – коефіцієнт затухання ОВ, дБ/км;

$l$  – довжина каналу, км (для цієї траси 11 км);

$A_t$  – допуски на температурні зміни параметрів, в тому числі ОК, для типових ВОСП рівняють 0,5...1,5 дБ;

$A_v$  – допуски на погіршення параметрів елементів з часом (старіння, деградація і т.ін.),  $A_v=2...6$  дБ (залежить від типів джерела і приймача оптичного випромінювання та їх комбінацій).

$A_{кода}$  – втрати енергії при передачі інформації по лінії (для обраного коду NRZ становить 3 дБ)

					<b>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						34
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведемо розрахунок за формулою:

$$A=2\cdot 0,5+0,2\cdot 6+0,4\cdot 15+0,5+2+3=13,7 \text{ дБ.}$$

Рівень потужності визначається в дБм:

$$P_{\text{пер}}=10\lg(P_{\text{пер}}/P_0), \quad (1.9)$$

где  $P_0=1\text{мВт}$ .

$$P_{\text{пер}}=10\lg(0,3\text{мВт}/1\text{мВт})=-3,01 \text{ дБм.}$$

Мінімально допустимий енергетичний бюджет елементарного каналу розраховується за формулою:

$$\mathcal{E}_{\text{мін}} = P_{\text{пер}} - A, \quad (1.10)$$

$$\mathcal{E}_{\text{мін}} = |-3,01 - 13,7| = 16,71 \text{ дБм.}$$

Розрахуємо енергетичний бюджет:

$$\mathcal{E} = -3,01 \text{ дБм} - (-28 \text{ дБм}) = 24,99 \text{ дБм}$$

$$\text{Запас потужності: } 24,99 - 16,71 = 8,28 \text{ дБ}$$

Отриманий запас потужності (+8,28 дБ) перевищує необхідний (+3 дБ).

Таким чином, даний проект можна вважати прийнятним.

Тобто, компоненти передавача і приймача проєктованої ВОСП забезпечують мінімальний енергетичний бюджет.

## 1.11 Моделювання процесу загасання потужності у MATLAB

Для моделювання ВОСП можна використовувати різні методи та програмні засоби моделювання залежно від цілей дослідження:

Методи моделювання:

Аналітичне моделювання – використовує математичні рівняння для опису поведінки оптичних систем.

Чисельне моделювання – застосовує алгоритми для розв'язання складних рівнянь, наприклад, метод скінченних елементів (FEM).

Імітаційне моделювання – дозволяє створювати віртуальні експерименти для аналізу роботи ВОСП у різних умовах. Статистичне моделювання –

					<b>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

використовується для оцінки впливу випадкових факторів, таких як шум та затухання сигналу.

Програмні засоби: MATLAB – потужний інструмент для чисельного моделювання та аналізу оптичних систем.

OptiSystem – спеціалізоване програмне забезпечення для проектування та аналізу ВОСП. ANSYS – використовується для моделювання фізичних процесів, включаючи оптичні явища.

Simulink – доповнення до MATLAB для імітаційного моделювання складних систем.

Для візуалізації втрат сигналу залежно від довжини оптичного волокна згідно технічного завдання на дипломне проектування я проводжу моделювання процесу загасання потужності сигналу шляхом отримання графіку залежності потужності сигналу (дБм) від довжини оптичного волокна (км).

Побудову графіка загасання сигналу проведемо у системі MATLAB.

Система MATLAB використовується для чисельного моделювання та аналізу сигналів.

Дозволяє створювати скрипти та алгоритми для оптимізації параметрів ВОСП.

Має гнучкість у розробці власних моделей та інтеграції з іншими програмами. Підтримує Simulink для імітаційного моделювання складних систем. OptiSystem Спеціалізоване ПЗ для оптичного моделювання та аналізу. Має

вбудовані компоненти для проектування ВОСП без необхідності програмування. Дозволяє візуалізувати параметри оптичних сигналів та їхнє поширення.

Підтримує спільну роботу з MATLAB, що дозволяє комбінувати аналітичні розрахунки з графічним моделюванням.

Вихідні дані для моделювання:

`L_fiber = 50; % Довжина оптичного волокна (км)`

`alpha_fiber = 0.2; % Загасання у волокні (дБ/км)`

`num_connectors = 4; % Кількість роз'ємів`

					<i>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						36
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

`connect_loss = 0.5; % Втрати на одному роз'ємі (дБ)`

`P_tx = -3; % Потужність передавача (дБм)`

`P_rx_sensitivity = -28; % Чутливість приймача (дБм).`

Якщо загальні втрати перевищують поріг приймача, потрібні підсилювачі.  
Код скрипта файлу приведено у ДОДАТКУ А. Результат моделювання приведено на рис.1.7. та рис.1.8.

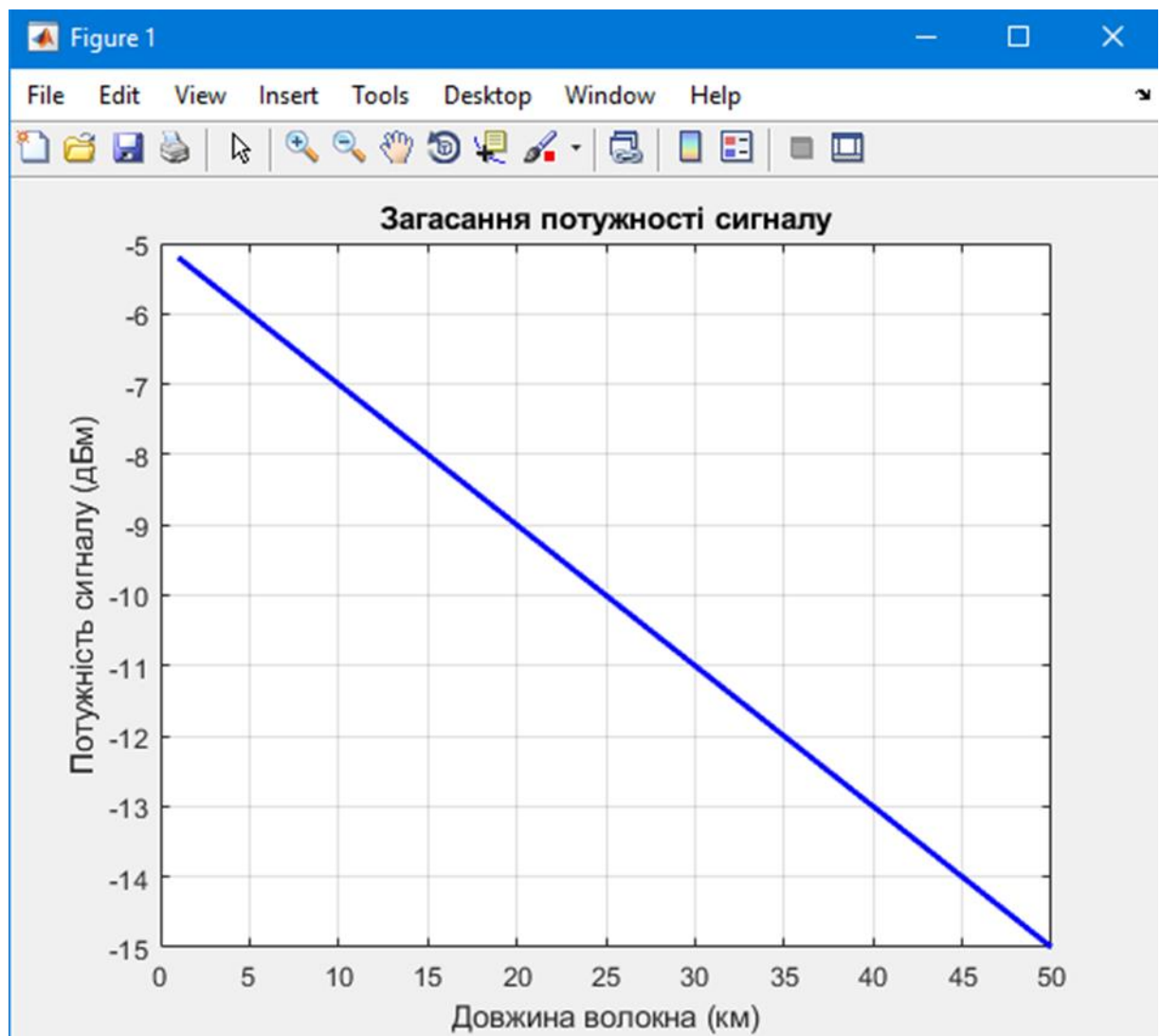


Рисунок 1.7. Графік загасання потужності сигналу для проектованої ВОСП

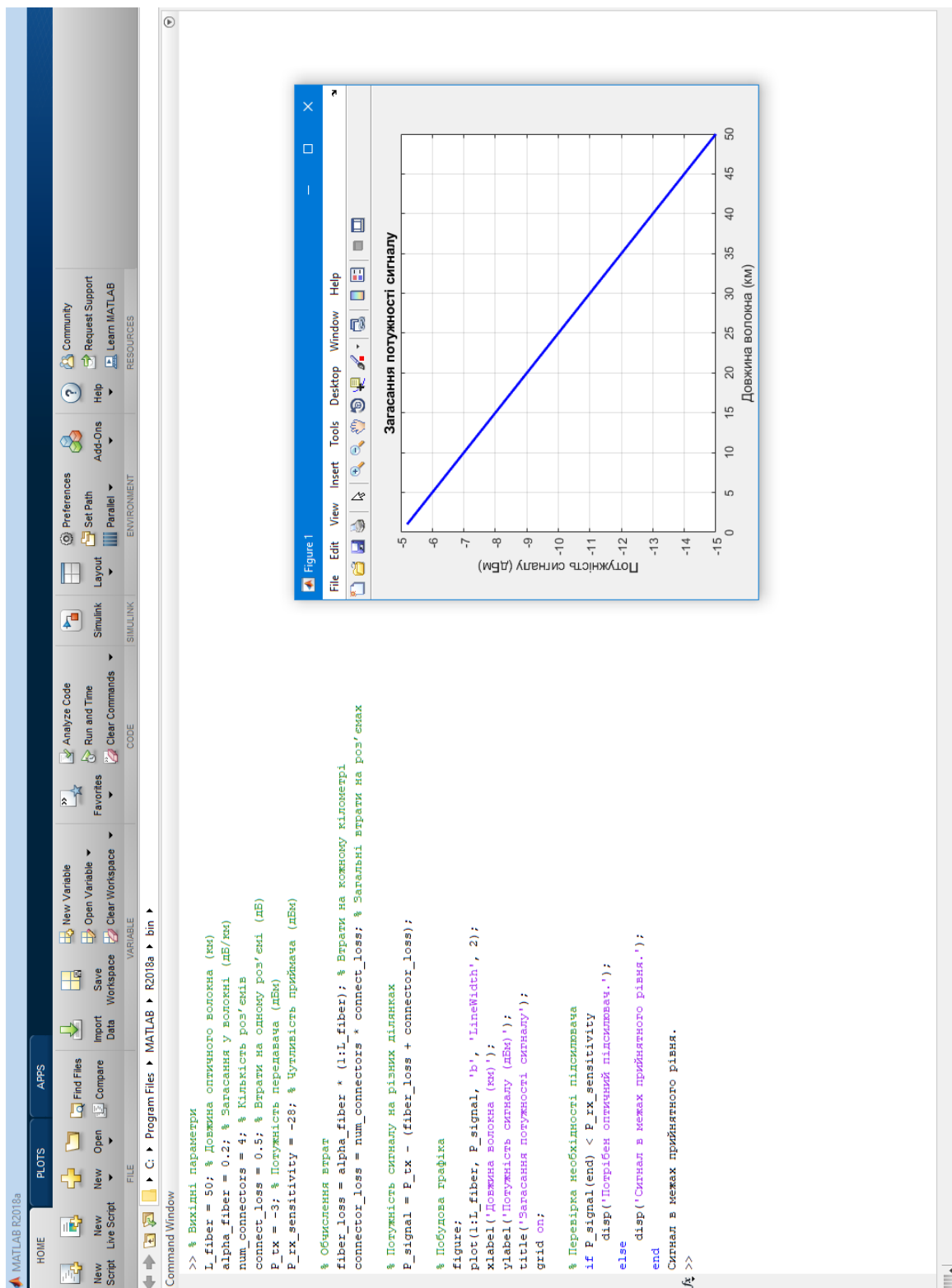


Рисунок 1.8. Моделювання процесу загасання потужності сигналу у системі MATLAB

Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Більш детальний графік дає чітке уявлення, чи втрата сигналу на 11 км перевищує допустимий рівень (рис.1.9, рис.1.10.)

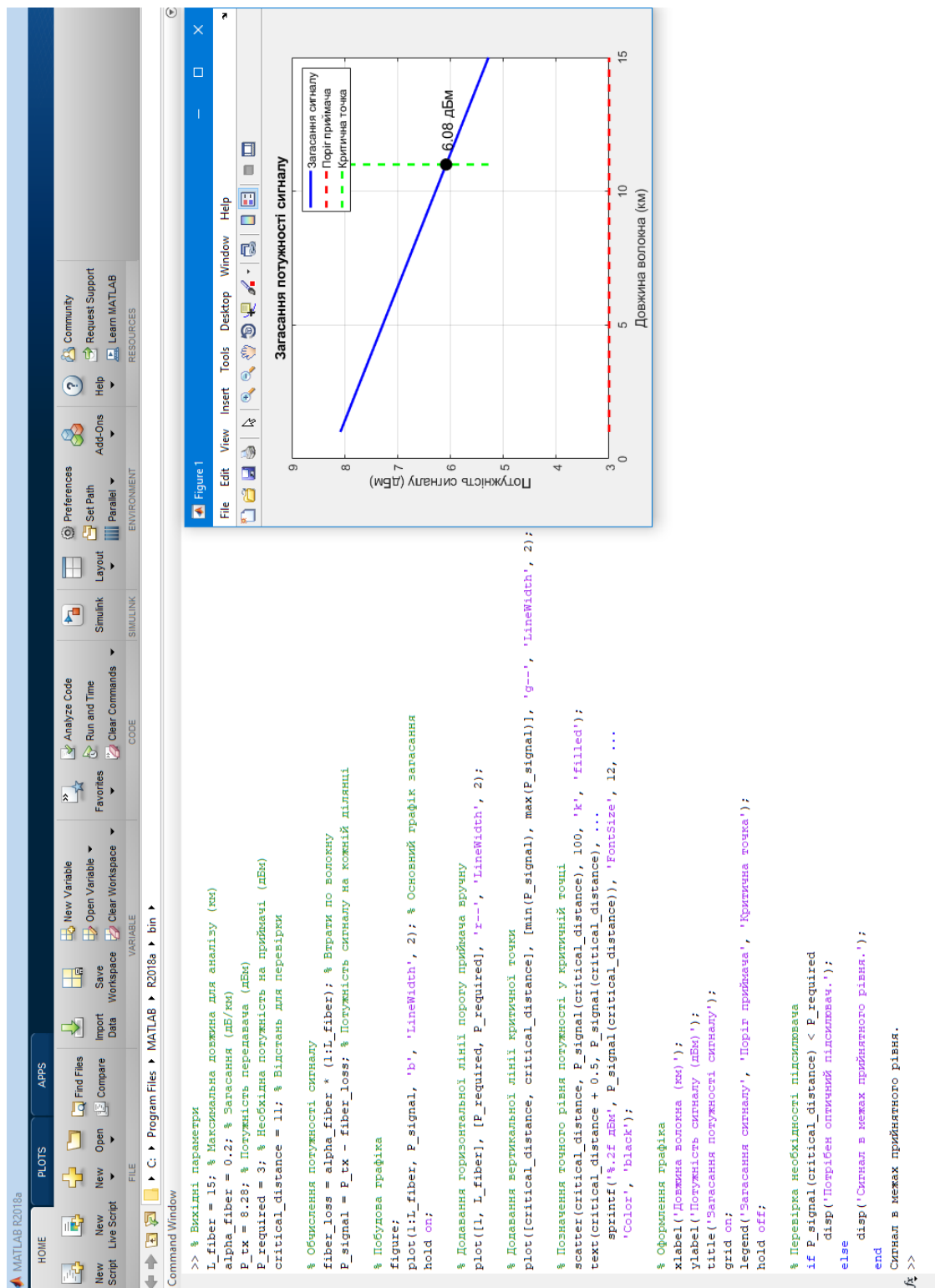


Рисунок 1.9. Моделювання втрати сигналу на довжині ПОЛЗ 11 км у системі MATLAB

Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

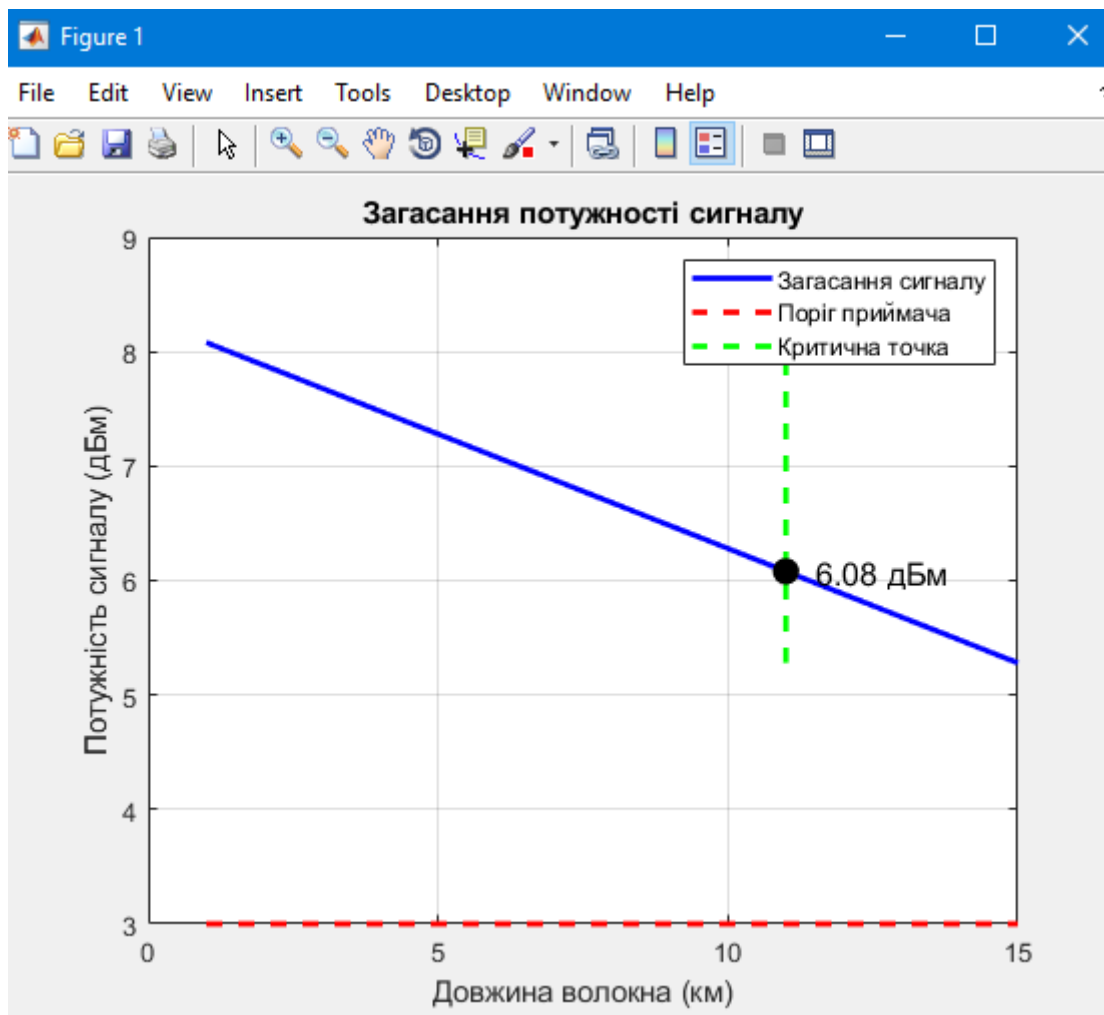


Рисунок 1.10. Графік втрати сигналу на довжині ВОСП 11 км

Пояснення до графіку:

Зелена пунктирна лінія: точка 11 км, де потрібно перевірити рівень сигналу.

Синя пунктирна лінія-графік загасання сигналу. Червона пунктирна лінія- поріг приймача 3дБм. Зелений колір-позначає критичну точку. Точка перетину вказує на значення потужності в критичній точці 6,08 дБм.

Якщо сигнал на 11 км опускається нижче порога то підсилювач буде необхідним.

- 1) Згідно проведеного моделювання можна провести оптимізацію точки встановлення підсилювача, тобто якщо загасання сигналу занадто велике, можна визначити оптимальне місце для оптичного підсилювача.
- 2) У якості розширення можливостей моделювання у кодї можна додати поріг допустимого загасання й автоматично визначати точку встановлення підсилювача.

Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

У підсумку результати моделювання демонструють, що проєктуємая ВОСП має довжину 11 км, тому не потребує встановлення підсилювача сигналу на лінії мережі тому що сигнал на відстані 11 км в межах прийнятого рівня (8,28 дБм).

## 1.12 Розрахунок надійності ВОСП

Безвідмовність це здатність системи передач (СП) працювати без збоїв протягом певного часу або напрацювання. Основні показники: Коефіцієнт готовності (Кг) та Напрацювання на відмову ( $T_0$ ) — середній час між збоями (години). Для обладнання лінійних трактів на МСП, ВЗПС і СМП час відновлення необслуговуваного регенераційної пункту (НРП), що обслуговується регенераційної пункту і кінцевого пункту (ОРП, ОКП) і ОК повинні бути відповідно менше:

$$V_{nrp} < 2.5 \text{ ч (в тому числі час під'їзду до місця аварії — 2 ч);}$$

$$V_{orp} < 0,5 \text{ ч:}$$

$$V_{ok} < 10 \text{ ч(в тому числі час під'їзду — 3,5ч)}$$

За даними статистики пошкоджень коаксіальних кабелів на магістральній первинної мережі зв'язку середнє число (щільність) відмов ОК через зовнішніх пошкоджень на 100 км кабелю на рік  $M = 0,34$ .

Тоді інтенсивність відмов ОК за 1 рік на довжині траси волоконно-оптичної лінії зв'язку  $L$  визначається як:

$$A_{OK} = M \times L / 8760 \times 100, \quad (1.11)$$

Для нашої лінії:

$$A_{OK} = 0,34 \times 11 / 8760 \times 100 = 4,269 \times 10^{-6}$$

При існуючій на експлуатації стратегії відновлення, що починається з моменту виявлення відмови (аварії), коефіцієнт простою (неготовність) визначається за широко відомою формулою:

$$K_{na} = A \times V (1 + A \times V) = V / (T_0 + V), \quad (1.12)$$

Для нашої лінії:

$$K_{na} = A_{OK} V_{OK} (1 + A_{OK} V_{OK}) = 4,269 \times 10^{-5}$$

					<b>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						41
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

а коефіцієнт готовності:

$$K_2=1-K_n=To/(To+V), (3.3) \quad (1.13)$$

$$K_2=1-K_n=1-4,269*10^{-5}=0,999$$

де:  $T_0$  - середній час між відмовами (або середній час напрацювання на відмову) можна визначити за допомогою рівняння:

$$T_0=K_2*V/1-K_2 \quad (1.14)$$

$$T_0=9.99*10^3 \text{ ч}$$

$V$  - час відновлення, год;

Дана лінія є достатньо надійною, тому що середній час відмов становить близько 10 000 годин. Це є однією з переваг волоконно-оптичної лінії зв'язку перед іншими лініями зв'язку.

### 1.13 Спосіб проколу ґрунту

Розглянемо способи прокладки оптоволоконного кабелю у ґрунт. Прокладка оптоволоконного кабелю у ґрунт забезпечує захист від механічних пошкоджень, погодних умов та вандалізму.

Існує два основних методи: траншейний та бестраншейний.

Розглянемо траншейний метод.

Цей спосіб передбачає копання траншеї, укладання кабелю та його захист.

Етапи:

- Розмітка маршруту – визначення оптимального шляху прокладки.
- Риття траншеї – глибина залежить від типу ґрунту (зазвичай 0,7–1,2 м).
- Підготовка основи – засипка піском для амортизації.
- Укладання кабелю – використання бронированого кабелю для захисту.
- Засипка траншеї – спочатку пісок, потім ґрунт.
- Маркування – встановлення сигнальної стрічки для майбутніх розкопок.

Траншейний метод прокладки оптоволоконного кабелю передбачає риття траншеї, укладання кабелю та його захист від зовнішніх впливів.

					<b>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						42
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Це один із найпоширеніших способів прокладки ВОСП, особливо у місцевостях без розвиненої підземної інфраструктури.

Етапи траншейного методу:

1) Розмітка маршруту

- Визначення оптимального шляху прокладки.
- Аналіз ґрунту та можливих перешкод.

2) Риття траншеї

- Глибина траншеї зазвичай становить 0,7–1,2 м, залежно від типу ґрунту.
- Використовуються екскаватори або ручні методи, якщо місцевість складна.

3) Підготовка основи

- Засипка піском для амортизації та захисту кабелю.
- Використання захисних труб у місцях з високим ризиком пошкодження.

4) Укладання кабелю

- Використання бронированого кабелю, що захищає від механічних пошкоджень.
- Дотримання мінімального радіусу вигину для запобігання пошкодженню волокон.

5) Засипка траншеї

- Спочатку пісок, потім ґрунт.
- Встановлення сигнальної стрічки для майбутніх розкопок.

6) Маркування та тестування

- Встановлення ідентифікаційних знаків для обслуговування.
- Перевірка цілісності кабелю та рівня сигналу.

До переваги траншейного методу відносяться висока надійність та захист від погодних умов.

Можливість масштабування та прокладки довгих магістралей.

Відносно низька вартість у порівнянні з бестраншейними методами.

					<i>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						43
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

До недоліків відноситься:

- Трудомісткість – потребує значних земляних робіт.
- Ризик пошкодження – можливі механічні впливи під час прокладки.
- Вплив на довкілля – потребує відновлення території після робіт.

Приведемо технічні характеристики траншейного методу

Глибина траншеї: 0,7–1,2 м (залежно від типу ґрунту та вимог до прокладки).  
Ширина траншеї: 0,3–0,6 м (визначається діаметром кабелю та захисних елементів). Тип ґрунту: піщаний, глинистий, кам'янистий (впливає на вибір техніки). Захист кабелю: пісочна подушка (10–15 см), сигнальна стрічка, захисні труби. Методи засипки: пошарове засипання піском, потім ґрунтом для стабільності. Продуктивність: залежить від техніки, може досягати 500–1000 м/день.

Обладнання для траншейного методу:

1) Траншейні екскаватори:

- Ланцюгові – ефективні для м'яких ґрунтів, забезпечують рівномірне риття.
- Фрезерні – використовуються для кам'янистих ґрунтів, мають високу потужність.
- Скребкові – оптимальні для глибоких траншей, забезпечують точність.

2) Кabelleукладники:

- Автоматизовані системи для одночасного укладання кабелю та засипки.
- Використовуються для швидкої прокладки магістральних ліній.

3) Вимірювальне обладнання:

- Оптичні тестери – перевіряють рівень сигналу після прокладки.
- Георадар – оцінює стан ґрунту та можливі перешкоди.

4) Захисні матеріали:

- Полімерні труби для додаткового захисту кабелю.
- Сигнальні стрічки для маркування місця прокладки.

					<i>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						44
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянемо бестраншейний метод.

Наявності перешкод (бестраншейний метод підходить для міських зон). Горизонтально-спрямоване буріння (ГСБ) використовується для прокладання каналів без розкопування ґрунту.

Основне обладнання: бурова установка, бурова головка, штанги, бурове середовище, локатор та система зворотного відбору.

Процес складається з кількох етапів:

- Прокладання чорнового каналу – буріння за визначеною траєкторією з подачею бентоніту, який зміцнює стінки та полегшує прохід.
- Розширення каналу – після пілотного проходу ґрунт видаляється спеціальним розширювачем, щоб діаметр став на 20–30% більшим за трубу.
- Очищення та укріплення – забезпечує стабільність каналу.
- Протяжка труби – трубу приєднують до бурової штанги та протягують, використовуючи систему локації для уникнення пошкодження комунікацій.

Установка ГСБ здатна працювати в різних режимах і прокладати підземні кабельні переходи довжиною до 1200 м на глибині до 30 м. Використовується кабелеукладники або горизонтально направлене буріння для мінімізації впливу на ґрунт.

Етапи:

- Буріння отворів – створення каналів для кабелю.
- Протягування кабелю – використання спеціальних механізмів.
- Закріплення – герметизація отворів для захисту від вологи.
- Перевірка – тестування цілісності та якості сигналу.
- Вибір методу залежить від:
- Типу ґрунту (піщаний, кам'янистий, глинистий).
- Довжини маршруту (траншейний метод ефективний на коротких дистанціях). Приклад проколу ґрунту показано на рис. 1.10.

					<i>КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						45
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

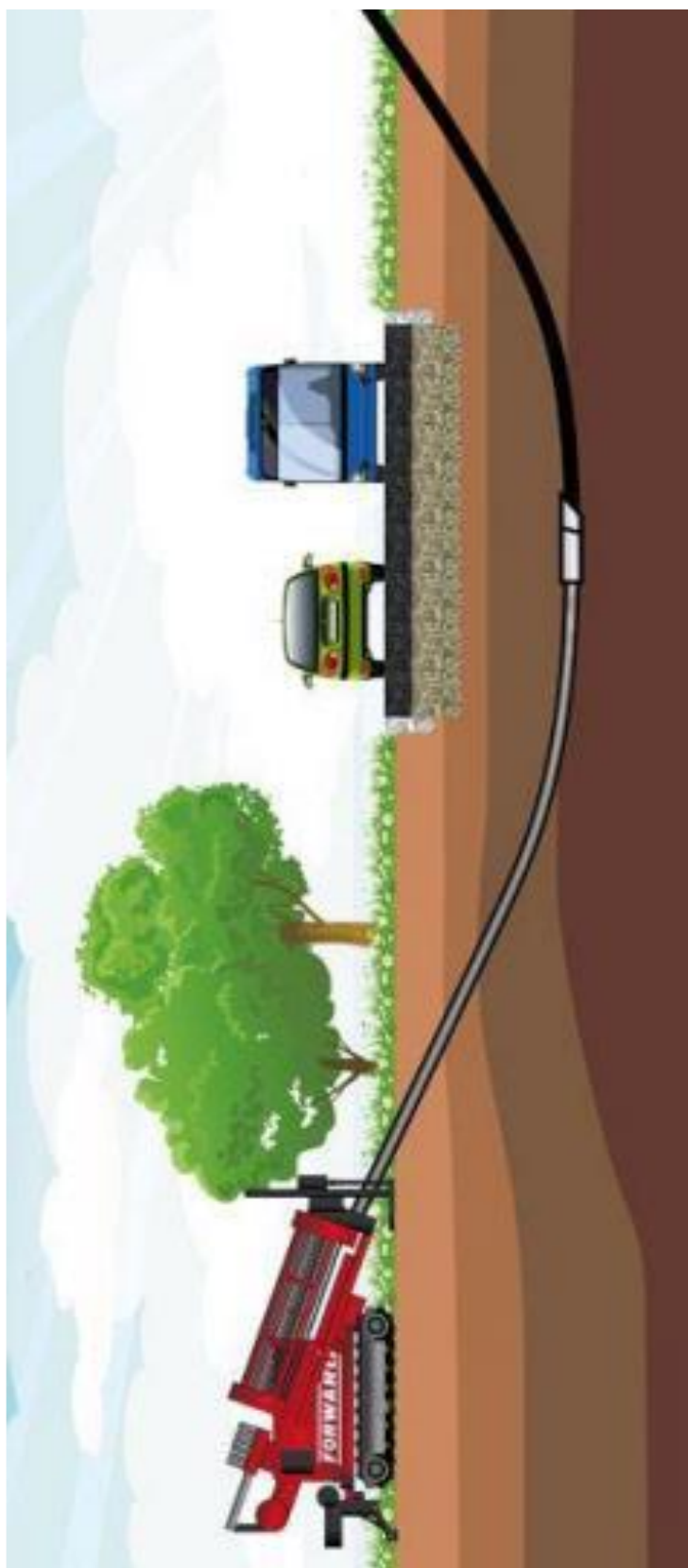


Рисунок 1.10. Приклад проколу ґрунту під дорогою з використанням установки ГСБ

Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КБ 02. 26 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

46

## 1.14 Результати розробки мережі проєкту

Список необхідного обладнання для проєкту ВОСП м.Одеса-сmt Хлібодарське зведено в табл. 1.15.

Таблиця 1.15. Перелік необхідного обладнання для проєкту ВОСП м.Одеса-сmt Хлібодарське

<i>№№з/с</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кількість</i>
1	Оптичний кабель ОКЛ-4-ДА (2,7)П-1*4Е1-0,36Ф3,5/0,22Н18-4/0 Одескабель, км	15
2	Мультиплексор Ericsson OMS 860, шт	4
3	Трансмітер Модуль SFP 1G, 20km, SC, Tx 1550nm RCI (SFP-WDM-SM-0220BD), шт	8

## 2 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Резюме

В умовах воєнного стану в Україні особливу роль відіграють волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОСП), що працюють у полудуплексному режимі на відстані до 50 км.

Вони мають низку критичних переваг: стійкість до перешкод, безпеку та захист інформації, енергоефективність, надійність комунікацій. Використання ВОСП забезпечує захищений зв'язок між стратегічними об'єктами, такими як військові штаби, енергетичні станції, медичні установи та урядові структури.

Впровадження ВОСП забезпечує мінімізація витрат, тому що полудуплексний режим спрощує інфраструктуру та зменшує обсяг необхідного обладнання.

Актуальність теми підтверджується тим фактом, що в умовах військових загроз волоконно-оптичні мережі залишаються одним із найбільш надійних рішень для підтримки стратегічного зв'язку та захисту критичної інфраструктури.

Метою даних розрахунків є обчислення вартості виконання науково-дослідної розробки «Розробка оптоволоконної мережі для забезпечення надійного і високошвидкісного обміну даними між населеними пунктами».

У даному дипломному проєкті вирішуються питання створення та розрахунку ВОСП, яка починається з визначення початкових даних, конфігурації і складу мережевого устаткування.

Даний вид проєкту відноситься до науково-дослідницької розробки. Оцінка якості розробленого проєкту включає визначення трудомісткості і вартості його створення.

Перелік етапів і робіт, що виконуються при проведенні НДР, приведений в таблиці 2.1.

					<i>КБ 02. 26 002. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						48
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1. Розподіл робіт по етапах і видах виконавців

<i>Етап проведення НДР</i>	<i>Вигляд робіт</i>	<i>Посада виконавця</i>
Розробка технічного завдання (ТЗ)	1.Складання і затвердження ТЗ для НДР до проекту	Дипломник керівник
Вибір напрямку дослідження	1.Збір і вивчення науково-технічної літератури, технічної документації і інших матеріалів, на основі яких будуватиметься робота. 2.Формулювання можливих напрямів вирішення завдань, поставлених в технічному завданні НДР і їх порівняльна оцінка. 3.Вибір напрямку проведення досліджень для подальшої розробки. 4.Розробка плану проведення досліджень для подальшої розробки.	Дипломник керівник
Теоретичні і експериментальні дослідження	1.Збір і вивчення науково-технічної літератури, технічної документації і інших матеріалів, на основі яких будуватиметься робота. 2.Формулювання можливих напрямів вирішення завдань, поставлених в технічному завданні НДР і їх порівняльна оцінка. 3.Вибір напрямку проведення досліджень для подальшої розробки. 4.Розробка плану проведення досліджень для подальшої розробки.	Дипломник керівник консультанти
Узагальнення і оцінка результатів досліджень	1.Узагальнення результатів попередніх етапів роботи. 2.Оцінка повноти вирішення поставлених завдань. 3.Проведення додаткових досліджень, розробка рекомендацій по використанню результатів проведення НДР, а також рекомендацій по реалізації проекту в цілому. 4.Складання і оформлення звіту. Розгляд результатів проведеною НДР і прийняття результатів в цілому.	Дипломник керівник консультанти

Оцінка тривалості виконання робіт. В умовах відсутності нормативної бази тривалість виконання окремих робіт розраховується на основі вірогідних оцінок робіт, що задаються виконавцями.

Таблиця 2.2 Очікувана трудомісткість робіт

Вигляд роботи	Очікуваний час виконання (дні)
1.Складання і затвердження ТЗ для НДР до проекту.	1
2.Збір і вивчення науково – технічної літератури, технічної документації і інших матеріалів.	2
3.Формулювання можливих напрямів вирішення завдань, поставлених в технічному завданні НДР і їх порівняльна оцінка.	1
4.Вибір напрямку проведення досліджень і способів вирішення поставлених завдань. Розробка плану проведення досліджень для подальшої розробки.	1
5.Огляд технологій ВОСП	5
6.Реалізація ВОСП довжиною 11 км	5
7.Узагальнення результатів попередніх етапів роботи. Оцінка повноти вирішення поставлених завдань	5
9.Економічний розділ	2
10.Охорона праці і техніка безпеки	2
Всього:	24

## 2.1 Розрахунок собівартості і ціни виконання НДР

Виходячи з особливостей створення науково – технічної продукції і її залежності від інтелектуальної праці, розрахунок собівартості і ціни виконання НДР включає наступні статті витрат: витрати на матеріали, основна і додаткова заробітна плата, відрахування до єдиного соціального фонду страхування, витрати на роботи, що виконуються сторонніми організаціями, і деякі інші.

1) Витрати на матеріали складають 500 грн.

2) До витрат «Основна заробітна плата» відносяться оплата праці виконавців, безпосередньо притягнених до її виконання. Розмір основної зарплати встановлюється виходячи з чисельності різних категорій виконавців, трудомісткості, що витрачається ними на виконання різних видів робіт, а також їх середньої заробітної плати (ставки) за один робочий день. Відповідно до статті 8 «Закону про Державний бюджет України на 2024» встановлено мінімальну заробітну плату у місячному розмірі з 1 квітня 2024 року - 8000 гривень; мінімальну погодинну тарифну ставку – 46 грн.

Середня зарплата за один робочий день для кожного виконавця визначена по формулі:

					<b>КБ 02. 26 002. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						50
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Зден = п.т.с. * 8; \quad (2.1)$$

де п.т.с – погодинна тарифна ставка, грн.;

8 – тривалість робочого дня, год.

$$Зден дипломника = 46 * 8 = 388 \text{ грн.}$$

$$Зден керівника = 80 * 8 = 640 \text{ грн}$$

$$Зден консультантів = 80 * 8 = 640 \text{ грн.}$$

Витрати на основну заробітну плату, НДР, що включаються в собівартість, приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Витрати на основну заробітну плату

<i>Виконавець</i>	<i>Погодинна тарифна ставка, грн</i>	<i>Денна ставка, грн</i>	<i>Трудоємність робочих днів</i>	<i>Сума основної зарплати, грн</i>
Дипломник	46,00	388,00	24	9312,00
Керівник	80,00	640,00	1	640,00
Консультант по економічній частині	80,00	640,00	0,25	160,00
Консультант по охороні праці	80,00	640,00	0,25	160,00
Нормоконтроль	80,00	640,00	0,25	160,00
Всього (Зо)				10432,00

3) Витрати на додаткову заробітну плату визначаються у відсотках від основної. У наукових закладах додаткова заробітна плата складає 10-12% від основної заробітної плати.

$$Зд = 10\% * Зо = 10432,00 * 0,1 = 1043,20 \text{ грн} \quad (2.2)$$

1) До собівартості НДР включаються податки, збори і інші обов'язкові платежі, що встановлені діючою системою оподаткування. Відрахування до єдиного соціального внеску складає:

$$Зесв = 0,22 * (Зо + Зд) = 0,22 * (10432 + 1043,20) = 2524,54 \text{ грн} \quad (2.3)$$

5) До накладних витрат відносять витрати на управління і господарське обслуговування, що відноситься до всіх виконуваних НДР, що складають 40 - 120% від основної і додаткової заробітної плати.

$$R_{\text{накл}} = (Z_0 + Z_d) * 0,4 = (10432 + 1043,20) * 0,4 = 4590,08 \text{ грн} \quad (2.4)$$

На підставі отриманих даних по окремих статтях витрат складена калькуляція планової собівартості в цілому НДР за формою, приведеною в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4. Калькуляція планової собівартості

<i>Статті витрат</i>	<i>Сума, грн.</i>
1. Матеріали	500,00
2. Основна заробітна плата	10432,00
3. Додаткова заробітна плата	1043,20
4. Відрахування до єдиного соціального внеску	2524,54
5. Накладні витрати	4590,08
Планова собівартість (Спл)	19097,82

Плановий прибуток визначений по формулі:

$$Ппл = 0,1 * Спл = 0,1 * 19097,82 = 1909,78 \text{ грн} \quad (2.5)$$

Де 0,1 – норматив, який враховує граничний рівень рентабельності, встановлений чинним законодавством для науково-технічної продукції.

Договірна ціна визначається по формулі

$$Ц_{\text{нір}} = Спл + Ппл = 19097,82 + 1909,78 = 21007,60 \text{ грн.} \quad (2.6)$$

Ціну реалізації встановлюємо з урахуванням ПДВ

$$Цр = Ц_{\text{нір}} + ПДВ = 21007,60 + 21007,60 * 0,2 = 25209,12 \text{ грн.} \quad (2.7)$$

Висновок. Ціна реалізації складає 25209,12 грн

### 3 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Охорона праці і здоров'я громадян в Україні є одним із пріоритетних напрямків соціальної політики. Це важлива сфера, оскільки забезпечення безпеки праці та збереження здоров'я населення впливає на якість життя та продуктивність суспільства. Уряд, разом з різними організаціями, приділяє значну увагу розробці та впровадженню нормативно-правових актів, програм і заходів з покращення умов праці, запобігання нещасним випадкам на роботі, підвищення рівня медичного обслуговування та профілактики захворювань.

Основним законодавчим документом у галузі охорони праці є Закон України "Про охорону праці", дія якого поширюється на юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

Безпека праці на підприємстві може бути на належному рівні тільки тоді, коли всебічно виконуються вимоги трудового законодавства, державних стандартів України, норм і правил, розроблених для збереження здоров'я працюючих. Важливе місце при цьому належить виконанню організаційних вимог з охорони праці, а також трудовій та виробничій дисципліні працюючих.

Темою дипломного проектування є розробка оптоволоконної мережі для забезпечення надійного і високошвидкісного обміну даними між населеними пунктами. Розглядаючи проектування структури ВОСП з точки зору охорони праці, важливо враховувати аспекти безпеки працівників, ергономіку робочого місця та техніку безпеки. Нижче розглянемо основні ключові напрями захисту працівника.

#### **3.1 Аналіз умов праці й забезпечення безпеки при виконання основних видів робіт на об'єкті дипломного проектування**

Захист працівників при монтажі та обслуговуванні.

– Дотримання інструкцій з техніки безпеки при прокладанні кабелів.

– Використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) – рукавиць, окулярів, касок.

					<i>КБ 02. 26 003. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

Безпечна робота з лазерними джерелами – уникнення прямого контакту зі світловими випромінюваннями, використання захисних окулярів.

Монтаж кабелів на висоті та у вузьких приміщеннях – запобігання травмам через падіння або перенапруження.

Захист від хімічного впливу – контакти з оптичним клеєм та спеціальними речовинами.

Високопотужні лазерні випромінювання можуть бути шкідливими для зору. Контроль витоку сигналу, щоб уникнути стороннього впливу на чутливі компоненти.

Електробезпека та мінімізація ризиків ураження струмом під час монтажу пристроїв, що живляться змінним струмом необхідно використання ізольованих кабельних трас та правильного заземлення.

- Перевірка відповідності електромережі нормам безпеки.
- Захист від коротких замикань та перевантажень (автоматичні вимикачі, UPS).

Автоматичні запобіжники 10А для запобігання перевантаження.

Ергономіка та комфорт працівників.

Правильне розміщення кабельних каналів для уникнення травм через спотикання. Організація зон технічного обслуговування, щоб уникнути незручних робочих поз.

Врахування шкідливих факторів (шумове забруднення від активного обладнання).

Для забезпечення ергономіки працівника повинне бути організовано оптимальне розташування кабельних каналів у місцях розташування обладнання мультиплексорів із параметрами: Висота прокладання кабелів  $\geq 2$  м для уникнення травм. Мінімальна відстань 80 см між стійками для зручного доступу.

Температура приміщення 18-25°C. Рівень шуму  $\leq 50$  дБ.

Електромагнітна безпека та випромінювання.

Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого

					<i>КБ 02. 26 003. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						54
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, застосовувати негорючу ізоляцію.

- Мінімізація впливу на здоров'я працівників (відстань, екранування).
- Використання сертифікованого обладнання для зниження електромагнітного випромінювання.

Ризики кібербезпеки та захист даних

Ризики перехоплення інформації – оптичні кабелі складніше прослуховувати, але можливе застосування нелегального відведення світла (оптичні розгалужувачі).

Фізичний захист обладнання – серверні кімнати, де встановлені оптичні термінали, повинні мати надійні системи контролю доступу.

Захист від DDoS та зловмисних атак – оптичні мережі можуть бути ціллю для атак на рівні протоколів передачі даних.

Шифрування сигналів – передача чутливої інформації через ВОСП потребує використання потужних алгоритмів шифрування для запобігання втратам або крадіжці даних.

Екологічність та утилізація.

Необхідна безпечна утилізація відпрацьованих кабелів та електронного обладнання. Використання енергоефективних технологій, що зменшують вплив на довкілля.

. Використання перероблених матеріалів для корпусів мережевого обладнання. Безпечне зберігання та передача відходів на ліцензовані підприємства. Споживання енергії обладнанням  $\leq 800$  Вт на одиницю.

### **3.2 Пожежна безпека**

Пожежна безпека – стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей. Причинами пожеж та вибухів на підприємстві є порушення правил і норм пожежної безпеки, невиконання Закону “Про пожежну безпеку”.

					<i>КБ 02. 26 003. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						55
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення пожежної безпеки при монтажу СКС потрібно застосування таких попереджаючих факторів.

- Використання вогнестійких матеріалів для кабельних трас.
- Встановлення систем пожежного оповіщення та засобів гасіння (вогнегасники, датчики диму).

Запобігання перегріву та накопиченню пилу в комутаційних вузлах. Захист серверного приміщення від загоряння.

Для реалізації приведених умов потрібно виконати такі матеріали і системи пожежогасіння. Кабельні канали з негорючих матеріалів (LSZH). Встановлення автоматичних систем пожежогасіння (типу FM-200). Встановлення автоматичної системи пожежогасіння (типу FM-200) - це комплекс робіт, спрямованих на монтаж та автоматичну систему, яка використовує FM-200 як вогнегасну речовину. Це важливо для швидкої та ефективної ліквідації пожежі в автоматичному режимі.

Переваги системи FM-200:

- Ефективність: Швидка та ефективна ліквідація пожежі.
- Безпека: Відсутність токсичних продуктів горіння.
- Безпека для людей: Відсутність загрози здоров'ю людей.
- Захист обладнання: Захист обладнання від пошкоджень.
- Економічність: Зниження витрат на ремонт та відновлення.

Для гасіння пожеж на робочому місці користувача ВОСП використовують вуглекислотні та порошкові вогнегасники. Наявність первинних засобів пожежогасіння і вогнегасників, їхня кількість і зміст відповідає вимогам Наказу №25 від 15.01.2018 Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників. У приміщенні виконуються усі вимоги по пожежній безпеці відповідно до вимог ДБН В 1-1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» 15 серпня 2024 р. У приміщенні серверної також є план евакуації на випадок виникнення пожежі.

Для приміщень важливо використовувати вогнегасники, які не пошкоджують електроніку та ефективно гасять пожежу. Ось основні типи

					<i>КБ 02. 26 003. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56

вогнегасників, які підходять для таких приміщень:

1) Вуглекислотні (CO<sub>2</sub>) вогнегасники ВВК-3,5 (ОУ-5) – місткість 3,5 кг CO<sub>2</sub>, ефективний для електрообладнання. Вони охолоджують осередок займання без залишкових речовин. Не проводить електрику, тому безпечні для серверів. Використовується для гасіння пожеж класу В (горючі рідини) та Е (електрообладнання).

2) Хладонові (газові) вогнегасники: Хладон-227еа – газовий вогнегасник, що витісняє кисень. Він не залишає слідів, не пошкоджує електроніку. Використовується у автоматичних системах пожежогасіння.

Також у приміщеннях, де знаходиться обладнання повинні бути датчики диму з чутливістю  $\geq 0.1\%/м$  для раннього виявлення.

Впровадження комфортних й безпечних умов праці - один з основних факторів, що впливає на здоров'я працівників та продуктивність праці.

					<i>КБ 02. 26 003. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						57
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті розроблено ВОСП на ділянці 11 км між м.Одеса та смт Хлібодарське. .

Проектована система цифрової передачі застосовує SDH (синхронна цифрова ієрархія). Основний акцент при виборі кабельної системи зроблений на волоконно-оптичну. Було зроблено аналіз устаткування, запропонованого компанією Ericsson, і на його основі вибраний оптимальний склад устаткування з урахуванням подальшого розширення мережі.

Обґрунтовано вибір одномодового оптичного кабелю ОКЛ-4-ДА (2,7)П-1\*4Е1-0,36Ф3,5/0,22Н18-4/0 Одескабель.

На основі емпіричної моделі розраховано що мережа має запас потужності 8,28дБ. Отриманий запас потужності (+8,28 дБ) перевищує необхідний (+3 дБ). Таким чином, даний проєкт можна вважати прийнятним.

За проведеними розрахунками видно, що траса м.Одеса – смт Хлібодарське є однією регенераційною ділянкою що на відстані 11 км.

Дана лінія є достатньо надійною, тому що середній час відмов становить близько 10 000 годин. Це є однією з переваг волоконно-оптичної лінії зв'язку перед іншими лініями зв'язку.

У проєкті обрана траса прокладки і розглянуто можливі прокладки кабелю у ґрунті. Проведено обґрунтування вибору траси.

Розраховано ціну науково – дослідної розробки 25209,12 грн та описано вимоги до охорони праці під час розробки проєкту.

Таким чином, мною був запропонований проєкт, в якому враховані всі основні етапи побудови інформаційної високошвидкісної мережі яка пропонує нові можливості для поліпшення захищення інформації між населеними пунктами.

					<b>КБ 02. 26 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						58
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

# ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Волоконно-оптичні системи передачі інформації (ВОСПІ): навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О.В. Щекотихін, В.П. Дмитренко, М.В. Проскурін з.20 Запоріжжя • НУ «Запорізька політехніка» . 2022
2. Вишняков В.М. Сучасні технології побудови комп'ютерних мереж: Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2004. – 128 с.
3. ДБН В.1.1-7:2016 "Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги" [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3080743763845318619](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080743763845318619) (дата звернення 19.05.2025)
4. Ланмаркет [Веб-сайт]. URL: <https://lanmarket.ua/dlya-ukladki-v-grunt/okl-4-da-2-7-p-1-4e1/> ( дата звернення 19.05.2025)
5. Будівництво ВОЛЗ [Веб-сайт]. URL: <https://webpro.ua/building-an-foc1> (дата звернення 19.05.2025)
6. Канський М.Ю. Методичні вказівки до виконання розділу Економічний розрахунок. ВСП ОТФК ОНТУ, Одеса, 2025
7. Чорновол Н.І. Методичні вказівки до виконання розділу Охорона праці. ВСП ОТФК ОНТУ, Одеса, 2025
8. Harstead E., van Heyningen P. H. «Optical Access Networks», Chap. 10 in
9. «Optical Fiber Telecommunications», Vol. IVB, 2002, pp. 438–513.

					<i>КБ 02. 26 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

# ДОДАТОК А

## Лістинг програмного коду у MATLAB

### Моделювання процесу загасання потужності сигналу ВОСП протяжністю до 50 км у системі MATLAB

*Matlab*

*% Вихідні параметри*

*L\_fiber = 50; % Довжина оптичного волокна (км)*

*alpha\_fiber = 0.2; % Загасання у волокні (дБ/км)*

*num\_connectors = 4; % Кількість роз'ємів*

*connect\_loss = 0.5; % Втрати на одному роз'ємі (дБ)*

*P\_tx = -3; % Потужність передавача (дБм)*

*P\_rx\_sensitivity = -28; % Чутливість приймача (дБм)*

*% Обчислення втрат*

*fiber\_loss = alpha\_fiber \* (1:L\_fiber); % Втрати на кожному кілометрі*

*connector\_loss = num\_connectors \* connect\_loss; % Загальні втрати на роз'ємах*

*% Потужність сигналу на різних ділянках*

*P\_signal = P\_tx - (fiber\_loss + connector\_loss);*

*% Побудова графіка*

*figure;*

*plot(1:L\_fiber, P\_signal, 'b', 'LineWidth', 2);*

*xlabel('Довжина волокна (км)');*

*ylabel('Потужність сигналу (дБм)');*

*title('Загасання потужності сигналу');*

*grid on;*

*% Перевірка необхідності підсилювача*

*if P\_signal(end) < P\_rx\_sensitivity*

*disp('Потрібен оптичний підсилювач.');*

*else*

*disp('Сигнал в межах прийняттого рівня.');*

end

## Моделювання втрати сигналу на довжині ВОСП 11 км у системі

### MATLAB

Matlab

*% Вихідні параметри*

*L\_fiber = 15; % Максимальна довжина для аналізу (км)*

*alpha\_fiber = 0.2; % Загасання (дБ/км)*

*P\_tx = 8.28; % Потужність передавача (дБм)*

*P\_required = 3; % Необхідна потужність на приймачі (дБм)*

*critical\_distance = 11; % Відстань для перевірки*

*% Обчислення потужності сигналу*

*fiber\_loss = alpha\_fiber \* (1:L\_fiber); % Втрати по волокну*

*P\_signal = P\_tx - fiber\_loss; % Потужність сигналу на кожній ділянці*

*% Побудова графіка*

*figure;*

*plot(1:L\_fiber, P\_signal, 'b', 'LineWidth', 2); % Основний графік загасання*

*hold on;*

*% Додавання горизонтальної лінії порогу приймача вручну*

*plot([1, L\_fiber], [P\_required, P\_required], 'r--', 'LineWidth', 2);*

*% Додавання вертикальної лінії критичної точки*

*plot([critical\_distance, critical\_distance], [min(P\_signal), max(P\_signal)], 'g--', 'LineWidth',*

*2);*

*% Позначення точного рівня потужності у критичній точці*

*scatter(critical\_distance, P\_signal(critical\_distance), 100, 'k', 'filled');*

*text(critical\_distance + 0.5, P\_signal(critical\_distance), ...*

*sprintf('%0.2f дБм', P\_signal(critical\_distance)), 'FontSize', 12, ...*

*'Color', 'black');*

*% Оформлення графіка*

*xlabel('Довжина волокна (км)');*

```
ylabel('Потужність сигналу (дБм)');  
title('Загасання потужності сигналу');  
grid on;  
legend('Загасання сигналу', 'Поріг приймача', 'Критична точка');  
hold off;
```

```
% Перевірка необхідності підсилювача  
if P_signal(critical_distance) < P_required  
    disp('Потрібен оптичний підсилювач.');
```

else

```
    disp('Сигнал в межах прийняттого рівня.');
```

end

Синя лінія: зміна потужності сигналу на кожному км.

Червона пунктирна лінія: необхідний рівень потужності приймача (+3 дБм).

# ДОДАТОК Б

## Слайди мультимедійної презентації

### Дипломний проєкт на тему:

Розробка оптоволоконної мережі для забезпечення надійного і високошвидкісного обміну даними між населеними пунктами

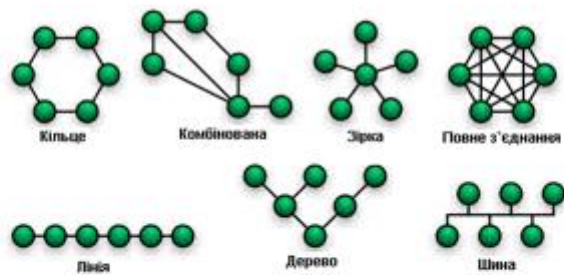
Виконав:

**Дидич Іван Миколайович**

### Узагальнена структурна схема волоконно-оптичної системи передачі



## Топології цифрових мереж



## Обладнання для проекту оптоволоконної мережі

Одномодовий кабель ОКЛ-4-  
ДА (2,7)П-1\*4Е1-  
0,36Ф3,5/0,22Н18-4/0  
Одескабель

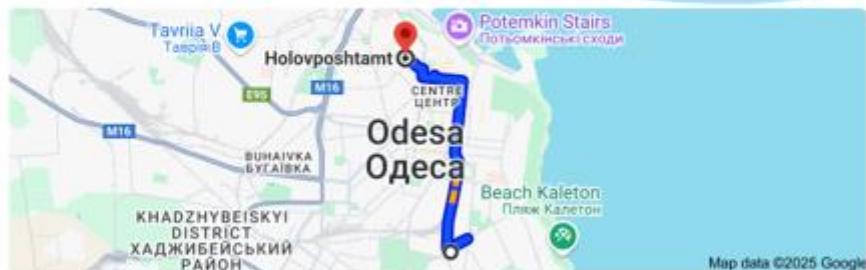
Зовнішній вигляд  
мультиплексора Ericsson OMS  
860



## Вимоги до розрахунку оптичного кабелю

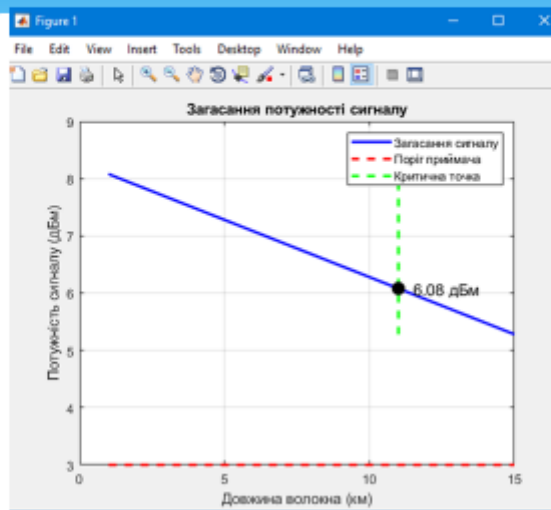
- \* Запас на оброблення встановлюється чисельно рівним по 3 метра на кожному кінці.
- \* Лінійна частина приймається рівною довжині кабельного каналу.
- \* Коефіцієнт подовження в лінійної частини приймається рівним 10%.
- \* Кількість кабелів залежить від:
  - \* загального числа ланцюгів передачі;
  - \* наявності резервних трактів.

## Мапа об'єкту





## Побудова графіку втрати сигналу у системі MATLAB



## Приклад проколу ґрунту під дорогою з використанням установки ГСБ



# Перелік обладнання для проекту ВОСП м.Одеса – смт Хлібодарське

Таблиця 1.15. Перелік необхідного обладнання для проекту ВОСП м.Одеса-смт Хлібодарське

№№з/с	Найменування	Кількість
1	Оптичний кабель ОКЛ-4-ДА (2,7)П-1*4Е1-0,36Ф3,5/0,22Н18-4/0 Одескабель, км	15
2	Мультиплексор Ericsson OMS 860, шт	4
3	Трансмітер Модуль SFP 1G, 20km, SC, Tx 1550nm RCI (SFP-WDM-SM-0220BD), шт	8

## Висновки до проекту

- У дипломному проекті розроблено ВОСП на ділянці 11км між м.Одеса та смт Хлібодарське.
- Проектована система цифрової передачі застосовує SDN (синхронна цифрова ієрархія). Основний акцент при виборі кабельної системи зроблений на волоконно-оптичну. Було зроблено аналіз устаткування, запропонованого компанією Ericsson, і на його основі вибрані оптимальні склад устаткування з урахуванням подальшого розширення мережі.
- Обґрунтовано вибір одномодового оптичного кабелю ОКЛ-4-ДА (2,7)П-1\*4Е1-0,36Ф3,5/0,22Н18-4/0 Одескабель.
- На основі емпіричної моделі розраховано що мережа має запас потужності 8,28дБ. Отриманий запас потужності (+8,28 дБ) перевищує необхідний (+3 дБ). Таким чином, даний проект можна вважати прийнятним.
- За проведеними розрахунками видно, що траса м.Одеса – смт Хлібодарське є однією регенераційною ділянкою що на відстані 11 км.
- Дана лінія є достатньо надійною, тому що середній час відмов становить близько 10 000 годин. Це є однією з переваг волоконно-оптичної лінії зв'язку перед іншими лініями зв'язку.
- У проекті обрана траса прокладки і розглянуто можливі прокладки кабелю у ґрунті. Проведено обґрунтування вибору траси.
- Розраховано ціну науково – дослідної розробки 25209,12 грн та описано вимоги до охорони праці під час розробки проекту.

**РЕЦЕНЗІЯ**

на дипломний проект (роботу) здобувача (здобувачки) освіти  
відділення комп'ютерних систем

Дидича Івана Миколайовича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Освітньо-професійна програма Безпека комп'ютерних систем та мереж

Керівник дипломного проекту (роботи) Краснієнко Наталія Володимирівна

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Розробка оптоволоконної мережі для забезпечення надійного і високошвидкісного обміну даними між населеними пунктами

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 65 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 12 аркушів (слайдів)

**ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)**

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту (роботи) завданню

Робота відповідає технічному завданню до дипломного проекту. Виконана у відповідності з вимогами

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту (роботи)

При виконанні дипломного проекту здобувач продемонстрував уміння використовувати останні досягнення науки та техніки, уміння працювати з літературою. Так, здобувач грамотно дослідив та проаналізував усі етапи проектування емпіричної моделі ВОСП та використанням системи MATLAB

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проекту

(роботи) Пояснювальна записка та графічна частина відповідає вимогам, виконана якісно та відображає основні елементи проектування ВОСП із мультиплекторами між населеними пунктами м.Одеса-сміт Хлібодарське довжиною 11 км.

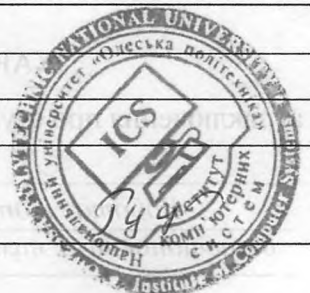
г) перелік позитивних якостей дипломного проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
*Тема дипломного проекту є актуальною, виконана у достатньому обсязі, якісно, відповідно до поставленого завдання. В проєкті забезпечено захист від електромагнітних завад – оптичне середовище не піддається впливу електромагнітних перешкод, що підвищує безпеку передачі даних. Проєкт має гнучкість масштабування шляхом можливості розширення мережі без значних змін у фізичній інфраструктур.*

д) основні недоліки дипломного проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
*Волоконно-оптичні системи передачі даних мають високу вартість впровадження – прокладання оптоволоконної мережі та встановлення мультіплексорів потребує значних фінансових вкладень. ВОСП мають складність ремонту та обслуговування – пошкодження оптичного кабелю або вихід з ладу мультіплексорів може вимагати спеціалізованого обладнання та кваліфікованих фахівців.*

Оцінка розрахункової частини \_\_\_\_\_ *Добре*  
Оцінка графічної частини \_\_\_\_\_ *Добре*  
Загальна оцінка \_\_\_\_\_ *Добре*

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента \_\_\_\_\_ *к.т.н. Рудніченко Микола Дмитрович*

Місце роботи і посада рецензента \_\_\_\_\_ *Національний університет «Одеська політехніка», доцент кафедри інформаційних технологій*

Підпис: \_\_\_\_\_  


« 23 » \_\_\_\_\_ 06 \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ВІДГУК**

керівника на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти  
відділення комп'ютерних систем

**Дидича Івана Миколайовича**

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: Безпека комп'ютерних систем та мереж

Тема дипломного проекту: **Розробка оптоволоконної мережі для  
забезпечення надійного і високошвидкісного  
обміну даними між населеними пунктами**

**ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) обсяг і якість виконання роботи (розрахунково-пояснювальної записки)

Пояснювальна записка виконана якісно, у достатньому обсязі – 65 арк., відповідно до індивідуального завдання та теми дипломного проекту, розділи пояснювальної записки відповідають етапам рішення завдання, поставленого у дипломному проекті

Презентація виконана якісно, у достатньому обсязі – 12 слайдів. Презентація наочно демонструє результати роботи. Дипломний проект перевірено на плагіат StrikePlagiarism системою. Схожість складає 22,59%.

б) самостійність роботи над проектом: Здобувач освіти Дидич Іван Миколайович самостійно обрав тему дипломного проекту та виявив навички самостійного опрацювання матеріалу над темою дипломного проекту

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): відповідає вимогам, що надаються до фахового молодшого бакалавра зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

г) вміння розв'язувати виробничі та конструкторські питання \_\_\_\_\_

У даному дипломному проєкті розроблена оптоволоконна мережа для забезпечення надійного і високошвидкісного обміну даними між населеними пунктами м.Одеса-сmt Хлібодарське протяжністю 11 км на базі ВОСП із застосуванням мультиплексора Ericsson OMS 860, що сприяє покращенню зв'язку та доступу до інтернету для мешканців регіону, забезпечуючи стабільне з'єднання навіть у складних умовах воєнного стану.

Оцінка розрахункової частини 4 (добре)

Оцінка графічної частини 5 (відмінно)

Загальна оцінка 4 (добре)

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проєкту \_\_\_\_\_

Краснієнко Наталія Володимирівна

Місце роботи і посада керівника дипломного проєкту \_\_\_\_\_

ВСП «Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ» завідувач лабораторії

аналітико-інформаційних технологій

Підпис \_\_\_\_\_



« 16 » 06 2025 р.

**ДОЗВІЛ  
НА РОЗМІЩЕННЯ  
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
(ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ)  
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

*Дидич Іван Миколайович*,  
здобувач освіти гр. 4КБ-02, та

*Краснієнко Наталія Володимирівна*,  
керівник дипломного проекту,

не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до дипломного проекту фахового молодшого бакалавра на тему:

*«Розробка оптоволоконної мережі для забезпечення надійного і високошвидкісного обміну даними між населеними пунктами» (автор роботи – Дидич І.М., керівник роботи – Краснієнко Н.В.)*

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2025 році, у повному обсязі в електронному репозитарії ВСП «ОТФК ОНТУ» для вільного доступу через мережу Інтернет.

Несемо відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів випускної кваліфікаційної роботи і даємо згоду на обробку персональних даних.

Виконавець

  
\_\_\_\_\_

/ Дидич І.М./

Керівник

  
\_\_\_\_\_

/ Краснієнко Н.В. /

«16» червня 2025 р.

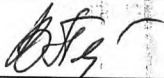
# Д О В І Д К А

циклової комісії КТ та ПІ  
про допуск до захисту дипломного проекту  
здобувача (здобувачки) освіти ІV курсу  
відділення комп'ютерних систем групи 4КБ-02

*Дидича Івана Миколайовича*

на тему Розробка оптоволоконної мережі для забезпечення надійного  
і високошвидкісного обміну даними між населеними пунктами

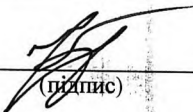
Висновок відповідальної особи за проведення нормоконтролю:  
пояснювальна записка до дипломного проекту виконана з несуттєвими  
порушеннями ДСТУ та оформлена відповідно до вимог Положення про  
дипломне проектування

  
(підпис)

16.06.2025  
(дата)

Петрашова В.І.  
(П.І.Б.)

Висновок відповідальної особи за перевірку роботи на наявність академічного  
плагіату згідно звіту про перевірку від 22.05.2025 р. значення коефіцієнту  
подібності в роботі становить 22,59%, коефіцієнт цитування – 1,00%.

  
(підпис)

16.06.2025  
(дата)

Краснокутська К.Г.  
(П.І.Б.)

**Попередня експертиза (малий захист) дипломного проекту**

здобувача (здобувачки) освіти

Дидича І.М.  
(П.І.Б.)

проведена « 16 » червня 2025 р.

Висновки Пояснювальна записка до дипломного проекту виконана у повному  
обсязі. Випускна кваліфікаційна робота (дипломний проект) відповідає  
вимогам Положення про дипломне проектування та рекомендована до  
захисту.

Голова ЦК КТ та ПІ

  
(підпис)

Кривченко Ю.В.  
(П.І.Б.)

## Звіт подібності

## метадані

Назва організації

Odesa Technical Professional College of Odesa National University of Technology

Заголовок

Розробка оптоволоконної мережі для забезпечення надійного і високошвидкісного обміну даними між населеними пунктами

Автор

Науковий керівник / Експерт

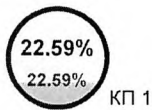
Дидич Іван МиколайовичКраснієнко Наталія Володимирівна

підрозділ

Відокремлений структурний підрозділ "Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету"

## Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

9115

Кількість слів

70656

Кількість символів

## Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		43
Інтервали		0
Мікропробіли		58
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		124

## Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

## 10 найдовших фраз

порядковий НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	Колір тексту
		КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/88804/1/Bac_Postoienko.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/88804/1/Bac_Postoienko.pdf</a>	131 1.44 %
2	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download</a>	116 1.27 %
3	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download</a>	87 0.95 %
4	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download</a>	79 0.87 %
5	<a href="http://uadoc.zavantag.com/text/29361/index-1.html">http://uadoc.zavantag.com/text/29361/index-1.html</a>	74 0.81 %

6	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/88804/1/Bac_Postoienko.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/88804/1/Bac_Postoienko.pdf</a>	58 0.64 %
7	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/88804/1/Bac_Postoienko.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/88804/1/Bac_Postoienko.pdf</a>	51 0.56 %
8	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download</a>	51 0.56 %
9	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/9908b7a9-6b3e-46f5-a46e-84d83787cfd4/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/9908b7a9-6b3e-46f5-a46e-84d83787cfd4/download</a>	49 0.54 %
10	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download</a>	45 0.49 %

з домашньої бази даних (0.00 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
------------------	-----------	--

з програми обміну базами даних (0.91 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	2016_6050903_Herus_Andriana_Lurivna_10101 10/25/2024 National University "Lviv Politechnika" (National University Lviv Politechnika)	36 (3) 0.39 %
2	Проектування волоконно-оптичної лінії зв'язку Суми-Юнаківка 6/14/2022 Sumy State University (Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки)	24 (2) 0.26 %
3	ФАЕТ_2020_172_ГондарукТ.В 7/10/2024 Ukrainian national aviation university (Ukrainian national aviation university)	23 (2) 0.25 %

з Інтернету (21.68 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download</a>	692 (22) 7.59 %
2	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/88804/1/Bac_Postoienko.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/88804/1/Bac_Postoienko.pdf</a>	446 (19) 4.89 %
3	<a href="https://knowledge.allbest.ru/radio/3c0a65635b2bd78b5d53a88421206c37_0.html">https://knowledge.allbest.ru/radio/3c0a65635b2bd78b5d53a88421206c37_0.html</a>	101 (8) 1.11 %
4	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/9908b7a9-6b3e-46f5-a46e-84d83787cfd4/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/9908b7a9-6b3e-46f5-a46e-84d83787cfd4/download</a>	100 (5) 1.10 %
5	<a href="http://uadoc.zavantag.com/text/29361/index-1.html">http://uadoc.zavantag.com/text/29361/index-1.html</a>	97 (3) 1.06 %
6	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/29489599-0581-4ce6-8890-c3b13d9f2e0e/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/29489599-0581-4ce6-8890-c3b13d9f2e0e/download</a>	61 (3) 0.67 %
7	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/89033/1/Klumenko_bac_rob.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/89033/1/Klumenko_bac_rob.pdf</a>	51 (3) 0.56 %
8	<a href="https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=537370">https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=537370</a>	47 (2) 0.52 %
9	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3302e08a-9549-43ba-8861-728bff7dc7ff/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3302e08a-9549-43ba-8861-728bff7dc7ff/content</a>	44 (2) 0.48 %
10	<a href="https://ronl.org/referaty/kommunikacii-i-svyaz/118302/">https://ronl.org/referaty/kommunikacii-i-svyaz/118302/</a>	40 (1) 0.44 %
11	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/dfa57ac3-98fa-4c22-86e7-0549d1254d89/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/dfa57ac3-98fa-4c22-86e7-0549d1254d89/download</a>	37 (3) 0.41 %
12	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/53ed22ad-8700-4162-b97a-082a1ad472d6/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/53ed22ad-8700-4162-b97a-082a1ad472d6/download</a>	35 (1) 0.38 %
13	<a href="https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%28%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D1%83%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97%29">https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%28%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D1%83%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97%29</a>	25 (2) 0.27 %

