

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

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування

комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-58

Дипломний проект

здобувача освіти денної форми навчання

КС.58.10.000.ДП

КВАЧУКА

ДМИТРА ДМИТРОВИЧА

**м. Одеса
2025 р.**

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

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-58

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту на тему:

Модернізація проекту муніципальної мережі на базі технологій оптичного зв'язку

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 79 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 15 аркушах (слайдах)

Дипломник _____ (Квачук Д.Д.)

Керівник _____ (Шувалова І.О.)

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 К.Г.)

Захист «23» червня 2025 р.

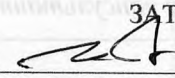
Протокол ЕК № 3

Оцінка ЕК 4(добре) / 85%

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»
Освітньо-професійна програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Заст. дир. з НВР 
Беркань І.В.
« 10 » 05 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

Здобувачеві (здобувачці) освіти Квачуку Дмитру Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Модернізація проекту муніципальної мережі на базі технологій оптичного зв'язку

затверджена наказом по коледжу від «14» 11 2024 р. № 246

2. Термін здачі закінченого проекту 16.06.25.

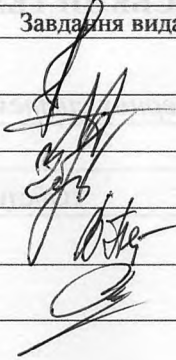
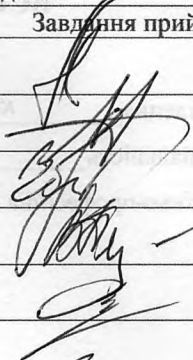
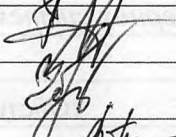
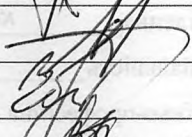
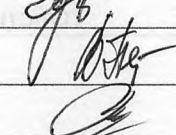
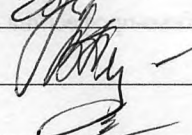
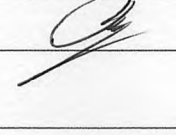
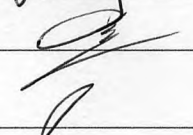
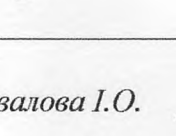
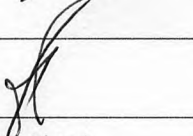
3. Вихідні дані до проекту (роботи) 1. Модернізувати лінію зв'язку між м.Одесою та м.Балтою з використанням оптоволоконних пристроїв з виділенням потоків у с.м.т. Іванівка та с.м.т. Ширяєве; 2. Використовувати опори електрифікованої залізничної дороги; 3. Передбачити для користувачів мережі послуги телефонії, інтернет, мобільного зв'язку та цифрового ТБ; 4. Передбачити резервування оптичних волокон; 5. Обрати обладнання синхронної цифрової ієрархії SDH

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

Аналіз місцевості; Розрахунок пропускної спроможності; Схема організації зв'язку; Побудова оптичної системи передачі та аналіз її характеристик; Вибір оптичного кабелю; Визначення ширини смуги частот; Розрахунок проекційної довжини регенераційної ділянки; Визначення сумарних втрат в оптичному тракті; Розрахунок характеристик потужності лінії зв'язку; Визначення швидкодії лінії оптичного зв'язку; Розрахунок надійності мережі

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)
Загальний план прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку; Принцип передачі інформації у оптоволоконній лінії зв'язку; Структурна схема мережі; Інтелектуальна оптична система передачі STM; Схема оптичного кабелю та профілі його показників; Характеристики лазерних випромінювачів; Схема укладання пігтейлів у розподільній панелі; Організація перемичок на оптичному кросі вузла доступу с.м.т. Іванівка; Схема організації зв'язку між населеними пунктами Одеської області; Таблиця результатів розрахунку параметрів системи

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

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

7. Дата видачі завдання 15.05.25.

Керівник

Шувалова І.О.

(підпис)


Завдання прийняв до виконання

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

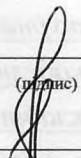
№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1.	Постановка задачі проектування	17.05.25	виконано
2.	Аналіз характеристик та побудови ліній зв'язку	18.05.25	виконано
3.	Принципи побудови і основні особливості оптичних ліній	21.05.25	виконано
4.	Оцінка пропускної здатності оптичних ліній зв'язку	22.05.25	виконано
5.	Розрахунок кількості абонентів та цифрових потоків	23.05.25	виконано
6.	Вибір системи передачі даних модернізованої мережі	26.05.25	виконано
7.	Вибір типу оптичного кабелю у оптоволоконній мережі	27.05.25	виконано
8.	Побудова схеми зв'язку між населеними пунктами	28.05.25	виконано
9.	Розрахунок параметрів модернізованої мережі	30.05.25	виконано
10.	Визначення ширини смуги частот модернізованої мережі	02.06.25	виконано
11.	Розрахунок довжини регенераційної ділянки	04.06.25	виконано
12.	Визначення сумарних втрат в оптичному тракті	06.06.25	виконано
13.	Розрахунок рівня та запасу потужності системи	09.06.25	виконано
14.	Розрахунок енергетичного запасу та надійності	10.06.25	виконано
15.	Виконання графічної частини проекту	12.06.25	виконано
16.	Виконання економічних розрахунків та опис заходів ТБ	13.06.25	виконано

Дипломник



(підпис)

Керівник



(підпис)

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Основний розділ.....	8
1.1 Аналіз місцевості для впровадження технології оптичного зв'язку.....	8
1.2 Розрахунок пропускної спроможності системи оптичного зв'язку.....	9
1.2.1 Розрахунок кількості телефонних каналів.....	11
1.2.2 Розрахунок кількості абонентів мобільного зв'язку.....	13
1.2.3 Розрахунок кількості абонентів при передачі даних Internet.....	15
1.2.4 Розрахунок кількості абонентів цифрового ТБ.....	17
1.2.5 Розрахунок потрібності в організації локальних мереж.....	17
1.2.6 Розрахунок сумарної швидкості передачі по лінії.....	18
1.2.7 Розрахунок кількості переданих цифрових потоків.....	19
1.3 Схема організації зв'язку між населеними пунктами.....	21
1.4 Побудова оптичної системи передачі та аналіз її характеристик.....	23
1.5 Вибір оптичного кабелю для модернізованої мережі.....	27
1.6 Визначення ширини смуги частот модернізованої мережі.....	31
1.7 Розрахунок проектної довжини регенераційної ділянки та довжини оптичного лінійного тракту.....	33
1.7.1 Розрахунок втрат потужності на регенераційній ділянці.....	33
1.7.2 Розрахунок довжини регенераційної ділянки за втратами потужності.....	34
1.7.3 Розрахунок довжини регенераційної ділянки за дисперсією.....	34
1.7.4 Порівняння результатів розрахунків та висновки.....	35
1.8 Визначення сумарних втрат в оптичному тракті мережі.....	36
1.9 Розрахунок характеристик потужності лінії зв'язку.....	38
1.9.1 Розрахунок повного запасу потужності лінії оптичного зв'язку.....	38
1.9.2 Розрахунок енергетичного запасу оптичного тракту.....	39
1.9.3 Визначення ймовірності помилки на довжині регенераційної ділянки.....	40
1.9.4 Визначення рівня передачі потужності	

оптичного випромінювання.....	42
1.9.5 Визначення рівня мінімальної виявленої потужності.....	42
1.10 Визначення швидкодії лінії оптичного зв'язку.....	44
1.10.1 Допустима швидкодія системи.....	44
1.10.2 Загальна очікувана швидкодія системи.....	45
1.10.3 Запас по швидкодії.....	46
1.11 Розрахунок надійності мережі оптичного зв'язку.....	46
1.12 Модернізація мережі оптичного зв'язку.....	48
1.12.1 Підготовка оптичного волокна до зрощення.....	49
1.12.2 Зварювання оптичних волокон.....	51
1.12.3 Введення оптичного кабелю в будівлі і споруди зв'язку.....	52
1.12.4 Вибір типу і монтаж оптичного кросу для мережі оптичного зв'язку.....	53
1.12.5 Вимірювання під час будівництва мережі оптичного зв'язку.....	56
2 Економічна частина.....	58
3 Охорона праці.....	63
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників, що впливають на програміста.....	63
3.2 Розробка заходів з охорони праці.....	64
3.2.1 Виробниче освітлення.....	66
3.2.2 Шум, вібрація.....	66
3.2.3 Організація робочого місця програміста.....	67
3.3 Пожежна безпека	68
Висновки.....	69
Перелік використаних інформаційних джерел.....	70
Додаток А. Загальний план прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку між м.Одесою та м.Балтою. Масштаб 1:40000.....	71
Додаток Б. Технічні характеристики зварювального апарату Fujikura (Фуджікура) FSM-11S SpliceMate.....	72
Додаток В. Слайди мультимедійної презентації.....	73

ВСТУП

Сучасне суспільство стрімко переходить до цифрової парадигми, де інформаційні технології та телекомунікації стають ключовими чинниками економічного та соціального розвитку. Муніципальні мережі, що забезпечують зв'язок між органами влади, підприємствами та громадянами, є однією з основних інфраструктурних систем сучасного міста. Зростання обсягу даних, зокрема у зв'язку з впровадженням «розумних» технологій, вимагає негайної модернізації існуючих мереж. Використання технологій оптичного зв'язку, завдяки своїй високій пропускну здатності, низьким затримкам і підвищеній надійності, стає стратегічним напрямком для забезпечення безперебійного та ефективного функціонування муніципальної інфраструктури.

Актуальність обраної теми зумовлена необхідністю оновлення технічної бази зв'язку в умовах зростаючих вимог до якості комунікаційних послуг. Модернізація проекту муніципальної мережі через інтеграцію оптичних технологій дозволить не тільки значно підвищити швидкість та надійність передачі даних, але й оптимізувати експлуатаційні витрати, зменшити ризики збоїв та забезпечити можливості для подальшого розвитку цифрових сервісів. Крім того, впровадження сучасних рішень сприятиме підвищенню конкурентоспроможності регіону та зміцненню інформаційної безпеки всіх корпусів міської інфраструктури.

Метою даного дипломного проекту є розробка концепції модернізації муніципальної мережі з використанням передових технологій оптичного зв'язку, що дозволить забезпечити ефективну інтеграцію мережі в цифрове середовище сучасного міста. Для досягнення поставленої мети необхідно провести аналіз існуючої технічної бази муніципальної мережі, дослідити сучасні технологічні тенденції та переваги оптичного зв'язку, розробити методику впровадження інноваційних рішень з акцентом на підвищення ефективності та стабільності роботи мережі, оцінити економічну доцільність і визначити ризики, пов'язані з модернізацією, сформулювати рекомендації щодо подальшого розвитку та оптимізації мережевої інфраструктури.

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		7

1 ОСНОВНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз місцевості для впровадження технології оптичного зв'язку

При розробці проекту модернізації муніципальної мережі критично важливо базуватися на точних даних і нормативній базі. Для цього застосовуються спеціалізовані довідники з ліній та кабелів зв'язку, відомчі норми технологічного проектування, а також технічні описи обладнання SDH. Аналіз топографічних карт території планованої магістралі разом з вивченням економічно-географічного становища Одеської області дозволяє сформувати повну картину існуючих умов. Крім того, необхідно зібрати детальну інформацію про населені пункти, через які проходить проектована траса, що дозволить оцінити перспективи розвитку та застосування технології оптичного зв'язку. Отримані дані слугують базою для обґрунтування необхідності будівництва лінії зв'язку та подальшого проведення розрахунків параметрів оптичного кабелю і визначення обсягу потрібного обладнання.

Впровадження технології оптичного зв'язку в сучасних умовах вимагає ретельного аналізу місцевості, що дозволяє адаптувати проект до конкретних природних, кліматичних та інфраструктурних особливостей району. Одним із ефективних підходів є використання підвісного прокладання оптичного кабелю на існуючих опорах ЕЗД, що широко застосовується як у магістральних, так і у внутрішньозонових мережах. Такий спосіб є незамінним у важкодоступних місцях та в районах з несприятливими природними і ґрунтовими умовами, де підземне прокладання кабелю є економічно не вигідним або технічно складним через відсутність належної транспортної інфраструктури. Прикладом таких умов є маршрут між містами Одеса та Балта.

Маршрут впровадження технології оптичного зв'язку на заданій ділянці орієнтується уздовж залізничного колії, що дозволяє ефективно інтегрувати мережу із вже існуючою інфраструктурою. Регенераційні пункти, що забезпечують введення та виведення світлових потоків, розташовані в селищах міського типу Іванівка та Ширяєве. Ці об'єкти мають необхідне забезпечення –

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		8

водою, електроенергією, паливом та житловими умовами для обслуговуючого персоналу – що значно сприяє підтримці належного рівня експлуатації мережі.

Проектована траса за напрямком залізничного сполучення між містами Одеса та Балта має загальну довжину 210 км, умовно поділену на три ділянки:

- від Одеси до с.м.т. Іванівка – 72 км;
- від с.м.т. Іванівка до с.м.т. Ширяєве – 53 км;
- від с.м.т. Ширяєве до м. Балти – 85 км.

Аналіз експлуатаційних характеристик маршруту показує, що він працюватиме в умовах:

- максимальної швидкості вітру до 22 м/с;
- мінімальної температури – до -20°C ;
- абсолютного максимуму температури до 40°C ;
- середньорічної температури близько $+20^{\circ}\text{C}$;
- з характеристиками ожеледиці другого рівня;
- та опадів у розмірі близько 577 мм на рік.

З урахуванням зазначених умов доцільно використовувати самонесучий одномодовий волоконно-оптичний кабель, що характеризується коефіцієнтом загасання 0,2 дБ/км при роботі в діапазоні довжин хвиль 1,55 мкм. Обраний тип кабелю відповідає сучасним технічним вимогам і забезпечує високу надійність передачі даних у рамках впроваджуваної технології оптичного зв'язку.

Комплексне дослідження території, її кліматичних умов та інфраструктурних можливостей дозволяє сформувавши оптимальну концепцію впровадження технології оптичного зв'язку, що враховує як технічні, так і економічні аспекти проекту. Отримані дані стануть фундаментом для подальших розрахункових і проектувальних заходів з модернізації муніципальної мережі.

1.2 Розрахунок пропускної спроможності системи оптичного зв'язку

Визначення пропускної спроможності системи оптичного зв'язку базується на аналізі навантаження, яке формують потреби окремих населених пунктів, через які пролягає мережа. Основним фактором для такого аналізу

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		9

виступає актуальна чисельність населення, взята за даними останнього перепису. Це дозволяє оцінити масштаб комунікаційних послуг, які повинні бути забезпечені сучасною мережею, та врахувати специфіку регіону за його адміністративним значенням, рівнем промислового розвитку та структурою споживання інформації. Основні об'єкти розгляду мають наступні параметри (табл.1.1).

Таблиця 1.1. Орієнтовна чисельність населення у населених пунктах Одеської області

Населений пункт	Чисельність населення (Нт, чол.)
м. Одеса	1 000 000
с. м. т. Іванівка	3 100
с. м. т. Ширяєве	7 240
м. Балта	19 350

Зауважимо, що в м. Балта спостерігається невеликий приріст населення – приблизно 0,5% на рік завдяки збільшенню народжуваності та міграції з менших населених пунктів до регіонального центру. На противагу, в таких населених пунктах, як Іванівка та Ширяєве, демографічна ситуація характеризується зменшенням чисельності мешканців.

Враховуючи вищезазначені дані, при розрахунку пропускної спроможності проекту системи оптичного зв'язку використовуються реальні демографічні показники, зафіксовані останнім переписом населення. Це дозволяє сформувати базу для оцінки обсягів поточної інформації, яку буде передаватися по мережі, та визначити необхідні канали зв'язку для забезпечення високої якості надання послуг.

Ключовими параметрами розрахунку є:

- розподіл навантаження за кількістю абонентів кожного населеного пункту;
- оцінка інтенсивності міжміських комунікаційних потоків, що враховує зростання кількості дзвінків та обсяг передачі даних;
- специфіка регіональних потреб з урахуванням адміністративного значення та рівня промислового розвитку окремих населених пунктів.

За умов, коли демографічна ситуація стабілізується або навіть демонструє

незначне зниження у менших населених пунктах, проектування системи оптичного зв'язку орієнтується на реальні наявні показники. Таким чином, подальші розрахунки, що враховуватимуть специфіку передачі даних, обчислюватимуть необхідну кількість каналів зв'язку, їх пропускну здатність та обсяг необхідного обладнання.

1.2.1 Розрахунок кількості телефонних каналів

Для забезпечення надійного міжміського зв'язку сучасною оптичною системою передачі даних необхідно визначити оптимальну кількість телефонних каналів для голосових послуг, які задовольняють поточні та майбутні потреби користувачів. Сучасна система, побудована на базі Huawei OptiX OSN 1500B, яка підтримує мультиплексування на рівнях STM-16/STM-4/STM-1 та має вбудовані механізми резервування, дозволяє забезпечити високоякісну передачу як голосового, так і інформаційного трафіку.

Для розрахунку кількості телефонних каналів використовують наближену формулу:

$$n_{tf} \approx \alpha \cdot f_m \cdot y \cdot \frac{m_a \cdot m_b}{m_a + m_b} + \beta \quad (1.1)$$

де:

- α та β – постійні коефіцієнти, що враховують фіксовану доступність і задані втрати. Для сучасних систем приймаємо: $\alpha = 1.3$ та $\beta = 5.6$ (при проектних втратах на рівні 5%);
- f_m – коефіцієнт тяжіння, який відображає ступінь зацікавленості населення у використанні голосових послуг, $f_m = 10\% = 0.1$;
- y – питома навантаження, що характеризує середній трафік на одного абонента, $y = 0.05$ Ерл;
- m_a та m_b – фактична кількість абонентів, які обслуговуються автоматичними телефонними станціями (АТС) в окремих населених пунктах.

Для визначення навантаження використовується наступна модель оцінки кількості абонентів у зоні обслуговування АТС:

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		11

$$m = 0.38 \cdot H_t \quad (1.2)$$

де H_t – загальна чисельність населення даного населеного пункту, взята за останнім переписом.

За наявними даними маємо:

- м. Одеса: $H_t = 1,000,000$; \Rightarrow ; $m = 0.38 \times 1,000,000 = 380,000$ осіб;
- с.м.т. Іванівка: $H_t = 3,100$; \Rightarrow ; $m = 0.38 \times 3,100 \approx 1,178$ осіб;
- с.м.т. Ширяєве: $H_t = 7,240$; \Rightarrow ; $m = 0.38 \times 7,240 \approx 2,751$ осіб;
- м. Балта: $H_t = 19,350$; \Rightarrow ; $m = 0.38 \times 19,350 \approx 7,353$ осіб.

Розрахунок каналів між населеними пунктами:

1. м. Одеса – с.м.т. Іванівка:

Використовуючи $m_a = 380,000$ та $m_b = 1,178$, обчислюємо співвідношення:

$$\frac{m_a \cdot m_b}{m_a + m_b} = \frac{380,000 \times 1,178}{380,000 + 1,178} \approx \frac{447,640,000}{381,178} \approx 1,175$$

Підставляючи у формулу (1.1):

$$n_{tf} \approx 1.3 \cdot 0.1 \cdot 0.05 \cdot 1,175 + 5.6 \approx 0.0065 \times 1,175 + 5.6 \approx 7.64 + 5.6 \approx 13.24$$

Отже, для зв'язку між м. Одесою та с.м.т. Іванівка потрібно 13 каналів.

2. м. Одеса – с.м.т. Ширяєве:

З $m_a = 380,000$ та $m_b = 2,751$:

$$\frac{m_a \cdot m_b}{m_a + m_b} = \frac{380,000 \times 2,751}{380,000 + 2,751} \approx \frac{1,045,380,000}{382,751} \approx 2,731$$

Тоді:

$$n_{tf} \approx 1.3 \cdot 0.1 \cdot 0.05 \cdot 2,731 + 5.6 \approx 0.0065 \times 2,731 + 5.6 \approx 17.75 + 5.6 \approx 23.35$$

Округлюючи отримуємо 23 канали для забезпечення зв'язку між м. Одесою та с.м.т. Ширяєве.

3. м. Одеса – м. Балта:

З $m_a = 380,000$ та $m_b = 7,353$:

$$\frac{m_a \cdot m_b}{m_a + m_b} = \frac{380,000 \times 7,353}{380,000 + 7,353} \approx \frac{2,794,140,000}{387,353} \approx 7,213$$

Розрахунок дає:

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

$$n_{tf} \approx 1.3 \cdot 0.1 \cdot 0.05 \cdot 7,213 + 5.6 \approx 0.0065 \times 7,213 + 5.6 \approx 46.88 + 5.6 \approx 52.48$$

Отже, для зв'язку між м. Одесою та м. Балтою потрібно 52 канали.

Сукупна кількість телефонних каналів для забезпечення міжпунктового зв'язку складає:

$$n_{tf, \text{сум}} = 13 + 23 + 52 = 88 \text{ каналів.}$$

За стандартом сучасних систем, таких як Huawei OptiX OSN 1500B, швидкість передачі одного телефонного каналу залишається 64 Кб/с. Тоді сумарна пропускна здатність для передачі голосових даних становить:

$$V_{tf} = 88 \times 64, \text{Кб/с} = 5,632, \text{Кб/с.}$$

Ці розрахунки демонструють, що за допомогою сучасного обладнання з високою ємністю та вбудованими механізмами резервування можна оптимально організувати передачу голосових послуг у сучасних мережах. Наявні 88 телефонних каналів забезпечують стабільну та високоякісну роботу системи при мінімальних втратах, що є критично важливим для інтегрованого мультисервісного середовища.

1.2.2 Розрахунок кількості абонентів мобільного зв'язку

Для ефективного планування мережевої інфраструктури мобільного зв'язку важливо оцінити кількість активних абонентів, що формують навантаження на систему. За даними стільникових операторів в Україні, послугами мобільного зв'язку користуються близько 30 мільйонів осіб, що становить приблизно 70% загальної чисельності населення. При цьому у дрібних населених пунктах проникнення мобільного зв'язку знаходиться в межах 40–50%, а у великих містах і регіональних центрах – 70–75%, а в мегаполісах (наприклад, у Києві або Одесі) – до 90%. Для нашого регіону приймається середній показник у 70%.

Таким чином, приблизну кількість активних мобільних абонентів (діючих апаратів) визначають за наступними формулами:

- Для м. Одеса: $m_{\text{mob}} = 1,000,000 \times 0.70 = 700,000$ осіб;
- Для с.м.т. Іванівка: $m_{\text{mob}} = 3,100 \times 0.70 = 2,170$ осіб;

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		13

- Для с.м.т. Ширяєве: $m_{\text{mob}} = 7,240 \times 0.70 = 5,068$ осіб;
- Для м. Балта: $m_{\text{mob}} = 19,350 \times 0.70 = 13,545$ осіб.

Для розрахунку кількості необхідних мобільних телефонних каналів застосовують ту ж наближену формулу, що і для традиційної телефонії:

$$n_{\text{mob}} \approx \alpha \cdot f_m \cdot y \cdot \frac{m_a \cdot m_b}{m_a + m_b} + \beta \quad (1.3)$$

де:

- $\alpha = 1.3$ та $\beta = 5.6$ – постійні коефіцієнти, що враховують фіксовану доступність і задані втрати (проектні втрати – 5%);
- $f_m = 0.1$ – коефіцієнт тяжіння, який відображає ступінь зацікавленості населення у використанні голосових послуг (10%);
- $y = 0.05$ Ерл – питоме навантаження (середній трафік на одного абонента);
- m_a та m_b – кількість мобільних абонентів, що обслуговуються відповідними АТС у двох населених пунктах.

Розрахунок каналів між окремими населеними пунктами

1. м. Одеса – с.м.т. Іванівка

Враховуючи: $m_a = 700,000$ (Одеса), $m_b = 2,170$ (Іванівка),

обчислюємо ефективне навантаження:

$$\frac{m_a \cdot m_b}{m_a + m_b} \approx \frac{700,000 \times 2,170}{700,000 + 2,170} \approx 2,170 \quad (\text{адже } m_b \ll m_a)$$

Тоді:

$$n_{\text{mob}} \approx 1.3 \cdot 0.1 \cdot 0.05 \cdot 2,170 + 5.6 = 0.0065 \times 2,170 + 5.6 \approx 14.1 + 5.6 \approx 19.7$$

Результат округлюємо до 20 каналів.

2. м. Одеса – с.м.т. Ширяєве

Враховуючи: $m_a = 700,000$ (Одеса), $m_b = 5,068$ (Ширяєве),

маємо:

$$\frac{m_a \cdot m_b}{m_a + m_b} \approx 5,068$$

Тоді:

$$n_{\text{mob}} \approx 1.3 \cdot 0.1 \cdot 0.05 \cdot 5,068 + 5.6 \approx 0.0065 \times 5,068 + 5.6 \approx 32.9 + 5.6 \approx 38.5$$

Округлюючи, отримуємо 38 каналів.

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		14

3. М. Одеса – м. Балта

Враховуючи: $m_a = 700,000$ (Одеса), $m_b = 13,545$ (Балта),

ефективне навантаження складає:

$$\frac{m_a \cdot m_b}{m_a + m_b} \approx 13,545$$

Тоді:

$$n_{\text{mob}} \approx 1.3 \cdot 0.1 \cdot 0.05 \cdot 13,545 + 5.6 \approx 0.0065 \times 13,545 + 5.6 \approx 88.0 + 5.6 \approx 93.6$$

За результатами округлення отримаємо приблизно 92 каналів.

Сукупна кількість мобільних телефонних каналів для забезпечення міжпунктового зв'язку:

$$n_{\text{mob, сум}} = 20 + 38 + 92 = 150; \text{ каналів.}$$

Сучасна система, зокрема завдяки високопродуктивному обладнанню Huawei OptiX OSN 1500B, дозволяє організувати роботу як голосової комутації, так і мобільного інтернету. Припускається, що послугами мобільного інтернету скористаються не більше 60% абонентів, тому розподіл каналів встановлюється наступним чином:

- Мобільний інтернет: $N_{\text{mob, інтернет}} = 150 \times 0.60 \approx 90$ каналів, кожен зі швидкістю 128 Кб/с;
- Голосовий зв'язок: Решта (40%), тобто $(150 - 90 = 60)$ каналів, кожен зі швидкістю 64 Кб/с;

Обчислення сумарної пропускної здатності:

- Для мобільного інтернету: $V_{\text{mob, інтернет}} = 90 \times 128, \text{Кб/с} = 11,520, \text{Кб/с}$
- Для голосових каналів: $V_{\text{mob, голос}} = 60 \times 64, \text{Кб/с} = 3,840, \text{Кб/с}$

1.2.3 Розрахунок кількості абонентів при передачі даних Internet

Для сучасної мережевої інфраструктури важливим етапом є визначення кількості абонентів, які скористаються послугами передачі даних Internet. Це дозволяє планувати оптимальний розподіл ресурсів та забезпечити стабільну і високоякісну роботу мережі. Основні вихідні параметри для розрахунку наступні:

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		15

- Швидкість каналу передачі даних: Приймаємо $V_{\text{пд}} = 10$ Мбіт/с, що відповідає сучасним вимогам до пропускної здатності каналу даних;
- Кількість провайдерів: За умовою, один провайдер обслуговує 10 тис. користувачів. Це співвідношення дозволяє ефективно управляти мережею та забезпечувати якість обслуговування;
- Передбачувана кількість абонентів, що використовуватимуть послуги Internet ($R_{\text{аб}}$): Враховуючи, що у населених пунктах с.м.т. Іванівка, с.м.т. Ширяєве та м. Балта рівень використання послуг передачі даних складає приблизно 50% від загальної кількості абонентів, використовуємо дане співвідношення для розрахунку. За попередніми даними маємо:
 - с.м.т. Іванівка: 1178 осіб,
 - с.м.т. Ширяєве: 2751 осіб,
 - м. Балта: 7353 осіб.

Таким чином, загальна чисельність абонентів цих пунктів дорівнює:

$$1178 + 2751 + 7353 = 11282 \text{ осіб.}$$

Припустимо, що лише 50% з них активно користуватимуться послугами Internet. Тоді передбачувана кількість абонентів розраховується так:

$$R_{\text{аб}} = 11282 \times \frac{50}{100} = 5641 \text{ аб.}$$

Цей показник $R_{\text{аб}} = 5641$ абонент вказує на кількість користувачів, які будуть формувати навантаження на канали передачі даних Internet. Оскільки кожен канал забезпечує швидкість 10 Мбіт/с, а розподіл провайдерських ресурсів базується на співвідношенні 1 на 10 тис. користувачів, така оцінка дозволяє ефективно спланувати масштабування мережі та забезпечити необхідний рівень якості послуг з передачі даних.

Подібний розрахунок є критичним для побудови сучасної мультисервісної мережевої системи, де інтегрується передача голосових, цифрових та data-послуг. Використовуючи ці дані, можна визначити подальші необхідні етапи оптимізації каналів зв'язку та розподілу пропускної здатності для задоволення попиту кінцевих користувачів.

1.2.4 Розрахунок кількості абонентів цифрового ТВ

Для забезпечення високоякісного прийому цифрового телебачення через сучасну мережу, передбачається організація трансляції 32 цифрових телебачення каналів.

Система використовує передові методи стиснення сигналу (MPEG-4), що дозволяють ефективно використовувати пропускну здатність каналів та забезпечувати якість відео навіть при мінімальних затратах ресурсів. Основні параметри проєкту:

- Кількість цифрових ТВ каналів: $N_{ТВ} = 32$;
- Швидкість передачі одного ТВ каналу (MPEG-4): $V_{ТВ} = 8$ Мбіт/с.

Для визначення загальної пропускну здатності системи цифрового телебачення виконуємо розрахунок згідно з формулою:

$$V_{ТВ,заг} = N_{ТВ} \times V_{ТВ} = 32 \times 8 = 256 \text{ Мбіт/с.}$$

Таким чином, сумарна швидкість передачі всіх цифрових ТВ каналів становить 256 Мбіт/с, що забезпечує належну якість як відеосигналу, так і аудіо для кінцевих користувачів. Реалізація даної системи відповідає сучасним вимогам мультимедійної передачі даних, даючи змогу безперебійно забезпечувати масове охоплення абонентів цифровим телебаченням.

1.2.5 Розрахунок потреби в організації локальних мереж

Для організації локальних мереж (ЛЗ) у пункті зв'язку обрано технологію Ethernet з типовою швидкістю обміну даних $V_{ЛОМ} = 100$ Мбіт/с. Цей вибір базується на необхідності забезпечити достатню пропускну здатність для внутрішньої комутації даних та задоволення всіх потреб користувачів у послугах зв'язку, які охоплюють голосовий зв'язок, доступ до Інтернету та передачу цифрового телебачення.

Розрахунок сумарного обсягу трафіку в локальній мережі проводиться шляхом оцінки сумарної швидкості передачі даних для всіх сервісів, що надаються у відповідному пункті зв'язку. Сумарний об'єм трафіку визначається за формулою:

$$V_{\text{ЛЗ}} = \sum_i V_i, \quad (1.4)$$

де V_i – швидкість передачі для (i)-го виду послуг.

Виходячи з проведених розрахунків:

- Голосовий трафік (традиційна телефонія) забезпечує приблизно $V_{\text{тел}} \approx 5.6$ Мбіт/с,
- Мобільний інтернет (передача даних) – близько $V_{\text{моб}} \approx 11.5$ Мбіт/с,
- Голосова частина мобільного зв'язку – $V_{\text{моб.голос}} \approx 3.8$ Мбіт/с.

Таким чином, сумарний обсяг трафіку для послуг, що організовуються через локальну мережу, може оцінюватися як:

$$V_{\text{ЛЗ}} \approx V_{\text{тел}} + V_{\text{моб}} + V_{\text{моб.голос}} \approx 5.6 + 11.5 + 3.8 \approx 20, \text{Мбіт/с.}$$

При цьому цифрове телебачення, яке у проекті організовано окремо (з сумарною швидкістю передачі $V_{\text{ТВ}} = 256$ Мбіт/с, може використовувати адресовану мережеву систему або виділений сегмент, що не впливає на пропускну здатність локальної мережі, призначеної для внутрішніх корпоративних і доступних сервісів.

Оскільки вибрана LAN-технологія Ethernet забезпечує швидкість обміну $V_{\text{ЛОМ}} = 100$ Мбіт/с, вона має великий запас пропускну здатності порівняно з поточними потребами (близько 20 Мбіт/с), що дозволяє не тільки забезпечити стабільну роботу мережі в умовах сучасного навантаження, але й передбачити подальше зростання потоку даних. Це забезпечує можливість інтегрувати додаткові сервіси або збільшити кількість користувачів без зниження якості зв'язку.

1.2.6 Розрахунок сумарної швидкості передачі по лінії

Для забезпечення належної роботи інтегрованої мережевої системи, що побудована на базі сучасного обладнання та підтримує мультисервісну передачу даних, необхідно визначити сумарну пропускну здатність по проєктованій лінії. Цей показник формується як сума швидкостей передачі всіх типів трафіку, що обслуговуються мережею. Враховуються такі компоненти:

- Голосова телефонія $V_{th\phi}$: Визначена за результатами розрахунків для традиційних телефонних каналів, швидкість передачі складає 5632 Кбіт/с.
- Мобільний інтернет $V_{mob.інт}$: За попередніми розрахунками для мобільного сегмента, швидкість передачі становить 11520 Кбіт/с;
- Мобільна телефонія V_{mob} : Передача голосових дзвінків у мобільному сегменті забезпечується зі швидкістю 3840 Кбіт/с;
- Передача даних $V_{p-д}$: Прийємо швидкість каналу передачі даних рівною 10 Мбіт/с, що відповідає 10000 Кбіт/с;
- Цифрове телебачення $V_{i(tv)}$: Організовано передачу 32-х цифрових ТБ каналів із швидкістю 8 Мбіт/с кожен, що сумарно дорівнює 256 Мбіт/с або 256000 Кбіт/с;
- Локальна мережа $V_{l^w_s}$: Для організації локальної мережі використовується Ethernet зі швидкістю 100 Мбіт/с, що еквівалентно 100000 Кбіт/с.

Сумарну швидкість передачі по лінії визначаємо за формулою:

$$V_{сумм} = V_{тф} + V_{mob.інт} + V_{mob} + V_{пд} + V_{тв} + V_{лвс} \quad (1.5)$$

Підставляючи обчислені значення:

$$V_{сумм} = 5632 + 11520 + 3840 + 10000 + 256000 + 100000 \quad \text{Кбіт/с.}$$

$$V_{сумм} = 386992 \quad \text{Кбіт/с.}$$

1.2.7 Розрахунок кількості переданих цифрових потоків

Для формування цифрової мережевої системи на базі SDH важливо визначити загальну кількість первинних цифрових потоків E1, кожен з яких забезпечує пропускну здатність 2 Мбіт/с. Цей розрахунок дозволяє правильно підібрати активне обладнання відповідного рівня та забезпечити оптимальну агрегацію послуг.

Сумарну кількість цифрових потоків E1 визначають за наступною формулою:

$$N_{E1} = \frac{V}{2 \text{ Мбіт/с}} \quad (1.6)$$

де V – загальна швидкість передачі відповідного виду трафіку (Мбіт/с).

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

Розрахунки для окремих сервісів проводяться наступним чином:

- Передача даних Internet: Прийmemo швидкість передачі даних для цього сегмента $V_{\text{пд}} = 10$ Мбіт/с. Тоді кількість цифрових потоків:

$$E1_{\text{пд}} = \frac{10}{2} \approx 5 \text{ потоків};$$

- Локальна мережа (Ethernet): Для організації внутрішніх корпоративних зв'язків використовується канал зі швидкістю $V_{\text{ЛОМ}} = 100$ Мбіт/с, що забезпечує:

$$E1_{\text{ЛОМ}} = \frac{100}{2} \approx 50 \text{ потоків};$$

- Цифрове телебачення (ТВ): Сумарна швидкість передачі цифрового ТВ приймається як $V_{\text{ТВ}} = 256$ Мбіт/с, що дає:

$$E1_{\text{ТВ}} = \frac{256}{2} \approx 128 \text{ потоків};$$

- Телефонія: Зі стандартом передачі голосових послуг швидкість складає $V_{\text{ТФ}} = 5.632$ Мбіт/с. Відповідно: $E1_{\text{ТЛФ}} = \frac{5.632}{2} \approx 3$ потоки. Для компенсації пікових навантажень, особливо в м. Одеса, до цього значення додається 1 додатковий потік: $E1_{\text{ТЛФ}} = 3 + 1 = 4$ потоки;

- Мобільний зв'язок: Сумарна швидкість передачі мобільного трафіку включає дані та голосову частину і складає:

$$V_{\text{МОБ}} = 11.520 \text{ Мбіт/с (дані)} + 3.840 \text{ Мбіт/с (голос)} = 15.360 \text{ Мбіт/с.}$$

Розраховуємо: $E1_{\text{МОБ}} = \frac{15.360}{2} \approx 8$ потоків, а з компенсацією пікових навантажень додаємо 2 потоки: $E1_{\text{МОБ}} = 8 + 2 = 10$ потоків.

Підсумкова кількість цифрових потоків $E1$, яка виділяється на всі послуги мережі, становить:

$$N_{E1} = E1_{\text{пд}} + E1_{\text{ЛВС}} + E1_{\text{ТВ}} + E1_{\text{ТЛФ}} + E1_{\text{МОБ}} = 5 + 50 + 128 + 4 + 10 = 197.$$

Отримане значення $N_{E1} = 197$ потоків є визначальним при виборі активного обладнання відповідного рівня SDH ієрархії та дає змогу забезпечити необхідну агреговану пропускну здатність, що відповідає сучасним вимогам проектованої мережевої системи.

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

1.3 Схема організації зв'язку між населеними пунктами

Проектована мережа організована як послідовний лінійний ланцюг, що забезпечує зв'язок між кінцевими пунктами — м. Одеса та м. Балта, а також охоплює транзитні вузли у вигляді с.м.т. Іванівка та с.м.т. Ширяєве. Така топологія обрана з огляду на її простоту та економічну доцільність, при цьому захищеність зв'язку забезпечується механізмом резервування «1 + 1» за допомогою апаратури Huawei OptiX OSN 1500B.

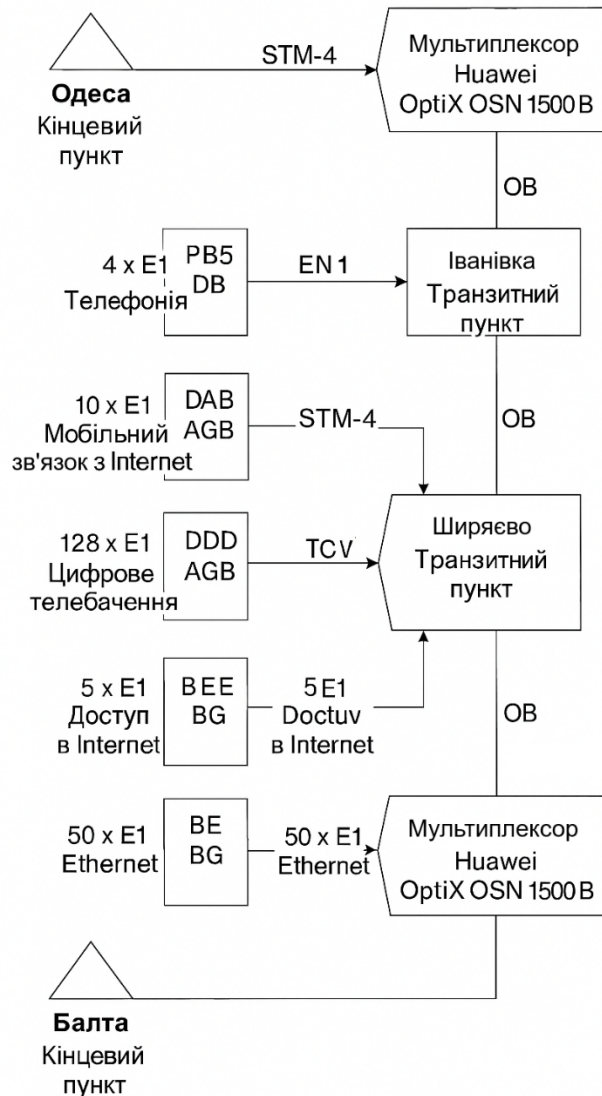


Рисунок 1.2. Схема розташування кінцевих і транзитних пунктів зв'язку

Схема розташування кінцевих і транзитних пунктів зв'язку наведена на рис.1.1. Основні елементи схеми:

- Кінцеві та транзитні пункти: м. Одеса виступає як основний вузол збору та передачі сигналу. с.м.т. Іванівка та с.м.т. Ширяєве виконують функцію

транзитних пунктів, де здійснюється агрегація та розподіл цифрових потоків, що надходять від кінцевого інтервалу; м. Балта – фінальний пункт, до якого доставляється весь агрегований трафік;

- Обладнання та резервування: На кожному пункті встановлено мультиплексори з апаратурою Huawei OptiX OSN 1500B, що дозволяють роздільно агрегувати та транспортувати додаткові послуги. Система підтримує резервування на апаратному рівні за схемою 1 + 1: для двох робочих (прийом-передача) оптичних волокон (оптичні волокна 1–2) передбачено 2 резервних (оптичні волокна 3–4). З використанням оптичного кабелю з 16 волокнами виділяється 4 волокна для організації лінійного тракту та резервування системи передачі;
- Розподіл потоків відповідно до наданих послуг: На основі проведених розрахунків забезпечується наступний розподіл цифрових потоків:
 - Телефонія: 4 потоки E1 (загальна швидкість відповідно до розрахунків забезпечує передачу голосових послуг);
 - Мобільний зв'язок: 10 потоків E1 для передачі мобільного інтернету та голосових каналів мобільного зв'язку;
 - Цифрове телебачення: для передачі сигналу цифрового ТВ передбачено трафік 256 Мбіт/с, що відповідає 128 потокам E1;
 - Доступ в Internet: забезпечується трафік 10 Мбіт/с, що еквівалентно 5 потокам E1;
 - Передача Ethernet: організація мережевих послуг із швидкістю 100 Мбіт/с (50 потоків E1).

На схемі (рис. 1.2) вказано розташування кінцевих (м. Одеса та м. Балта) і транзитних (с.м.т. Іванівка, с.м.т. Ширяєве) пунктів зв'язку. Для кожного з них зазначені відповідні мультиплексори, що здійснюють агрегацію цифрових потоків, а також з'єднання між цими пунктами. Схема демонструє послідовне формування та розподіл цифрових потоків відповідно до специфіки окремих сервісів, що узгоджується з попередніми розрахунками. Переваги

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

запропонованої схеми:

- Економічність та простота: Топологія «послідовного лінійного ланцюга» дозволяє мінімізувати витрати на прокладання мережі при збереженні необхідного рівня надійності;
- Висока надійність: Завдяки механізмам резервування (схема 1+1) забезпечується безперервність передачі сигналу навіть у випадку окремих аварійних ситуацій;
- Масштабованість: Планування мережевої архітектури з урахуванням сучасних цифрових потоків дає можливість подальшого розширення мережі для додаткових сервісів, якщо зросте потреба.

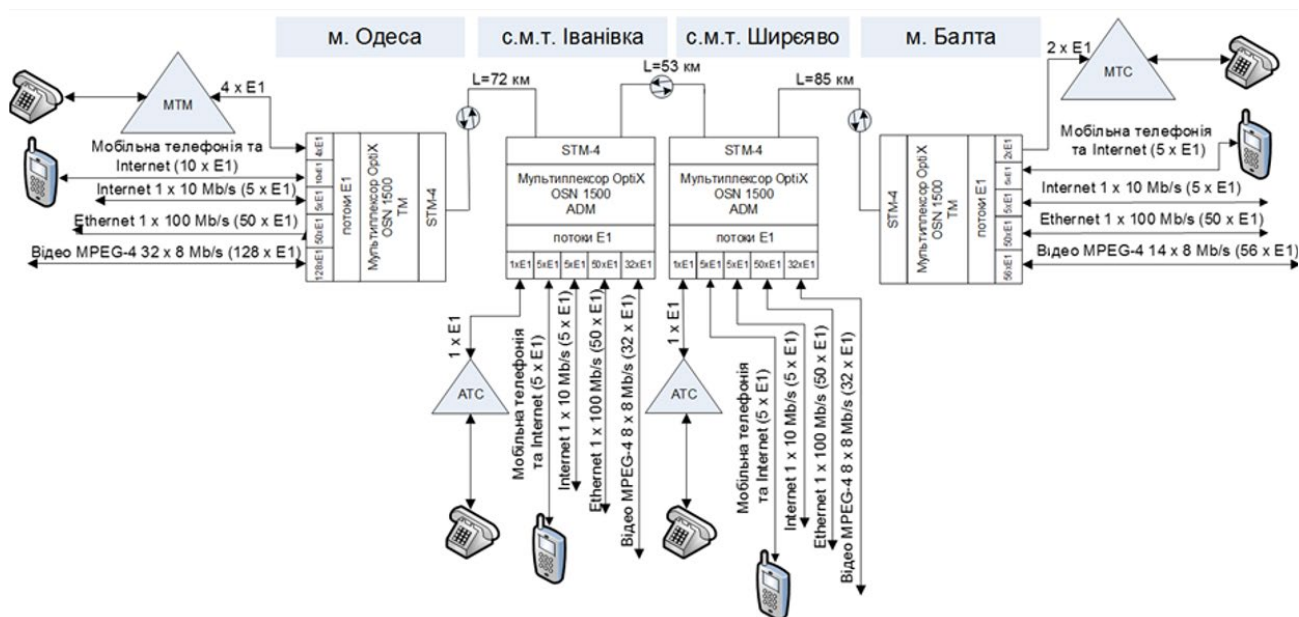


Рисунок 1.2. Схема організації зв'язку між населеними пунктами

1.4 Побудова оптичної системи передачі та аналіз її характеристик

На основі знайденого числа каналів для забезпечення необхідної пропускної спроможності було обрано обладнання синхронної цифрової ієрархії SDH рівня STM-4 (622 Мб/с).

У нашому проекті, в якому загальна кількість цифрових потоків E1 становить 197 (з кожного, що має пропускну здатність 2048 Кб/с), була обрана система передачі компанії Huawei – OptiX OSN 1500B.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ



Рисунок 1.3. Мультиплексор HUAWEI OptiX OSN 1500B

Розглядуваний мультиплексор підтримує швидкість передачі на рівні STM-4 (622 Мб/с) та може працювати до STM-16 (2,5 Гб/с). Це обладнання інтегрує такі технології:

- Синхронна цифрова ієрархія (SDH);
- Мультиплексування поділом по довжині хвилі (WDM);
- Ethernet;
- Асинхронний режим передачі (ATM);
- Плезіохронна цифрова ієрархія (PDH);
- Автоматично комутована оптична мережа (ASON).

OptiX OSN 1500B забезпечує платформу для передачі даних та мовних послуг з підтримкою механізмів резервування на апаратному рівні. Завдяки цьому оператор отримує можливість використовувати високонадійне, компактне та економічне обладнання для мережевого доступу. Комбінуючи різні технології, обладнання не лише зберігає гнучкість та надійність традиційного SDH, але й дозволяє ефективно передавати трафік ATM та IP за допомогою відповідних інтерфейсних модулів.

В опорній мережі, побудованій на пристроях OptiX OSN, реалізовано динамічний розподіл смуги пропускання із використанням статистичних методів

мультиплексування, що дозволяє користувачам отримувати необхідну пропускну здатність відповідно до обсягу трафіку.

Підтримувані модулі включають:

- До 14 плат STM-1, 14 плат STM-4, 2 плати STM-16;
- 20 плат Fast Ethernet та 6 плат Gigabit Ethernet;
- А також підтримка різноманітних інтерфейсів (E1/T1, E3/T3, мультисервісні модулі ESCON, FICON, Fiber Channel та інші).

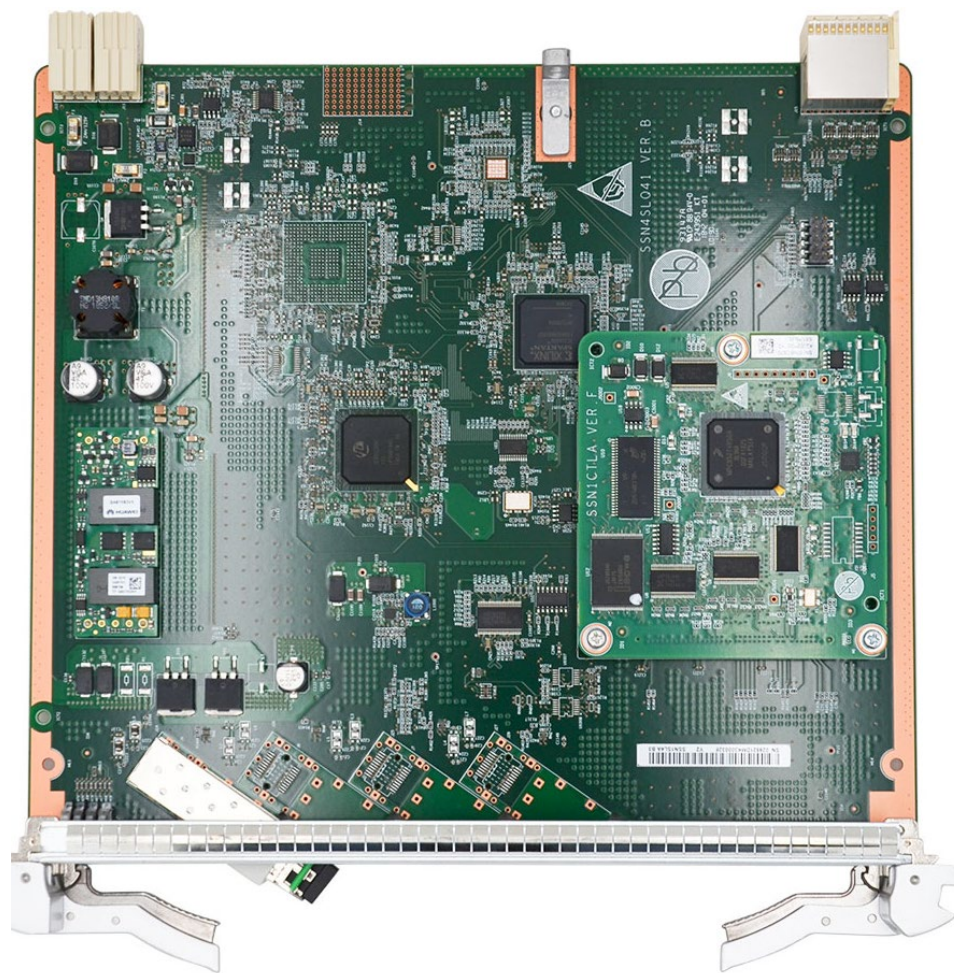


Рисунок 1.4. Ethernet-плата 8-Port 10M/100M OptiX OSN 1500

Основні особливості системи передачі на базі OptiX OSN 1500 можна узагальнити наступним чином:

1. Високорентабельна платформа. Сервісні плати та програмне забезпечення сумісні з іншими пристроями Huawei, що знижує витрати на обслуговування;

2. Гнучкість конфігурації. Обладнання підтримує STM-16/4, а також

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ

Арк

25

можливість online-оновлення від 622 Мб/с до 2,5 Гб/с;

3. Планування великої ємності. Підтримка VC-4/VC-3/VC-12 із сумісною пропускною здатністю до 20 Гбіт/с;

4. Конфігурування мультисервісних інтерфейсів. Підтримка широкого спектру сервісних інтерфейсів (STM, E1/T1/E3/T3, ATM, SAN, передача відео) з можливістю інтеграції GMPLS для кінцевих сервісів;

5. Високий ступінь інтеграції та резервування. Оптичні вирішення з підтримкою механізмів гарячого резервування (1+1 у блоках крос-комутації, синхронізації, живлення) дозволяють досягти високої надійності мережі.

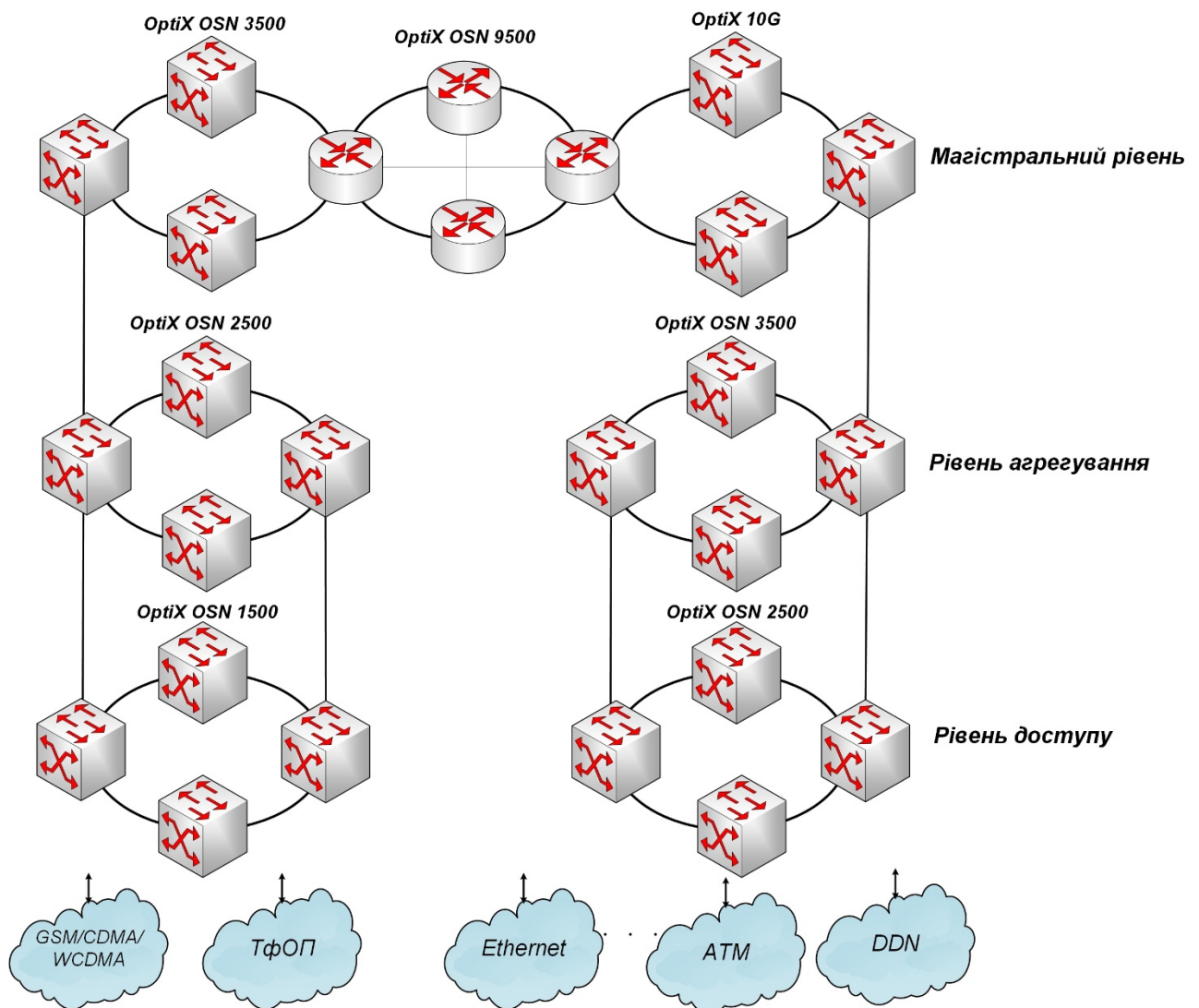


Рисунок 1.5. Інтелектуальна оптична система передачі (STM-16/STM-4/STM-1 Huawei OptiX OSN 1500)

Крім цього, платформа OptiX OSN 1500B має змогу модернізуватися з рівня STM-4 до STM-16 за рахунок додавання додаткових плат та трибутарних

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ

модулів. Завдяки застосуванню механізмів захисту (двоволоконний MSP, SNCP, DNI, MS, SPRing), систему можна використовувати для формування складних топологій SDH, зокрема ланцюгових, кільцевих і гібридних мереж.

Запропонована транспортна платформа забезпечує агрегування послуг, транспортування голосового та інформаційного трафіку з високою пропускну здатністю. Завдяки можливості швидкого розширення, модернізації та динамічного розподілу смуги пропускання, система є ефективним рішенням для сучасних мереж доступу та опорних мереж з високою надійністю.

1.5 Вибір оптичного кабелю для модернізованої мережі

Оптичні волокна мають дуже мале загасання сигналу у порівнянні з іншими середовищами передачі. Наприклад, деякі зразки вітчизняного волокна демонструють загасання на рівні 0.22 дБ/км на довжині хвилі 1.55 мкм, що дозволяє будувати лінії зв'язку довжиною до 100 км без використання регенераторів. Для порівняння, провідне волокно Sumitomo при тих же умовах має загасання 0.154 дБ/км.

При виборі оптичного кабелю у проекті враховуються:

- Умови прокладання: тип трасування кабелю, зокрема для муніципальних мереж, де кабель прокладається на опорах електрозалізничної диспетчерської (ЕЗД) мережі;
- Тип оптичного волокна: для наших цілей використовуються одномодові волокна, сертифіковані для роботи на довжинах хвиль 1,31 мкм і 1,55 мкм;
- Число необхідних волокон: для забезпечення резервування та можливості масштабування на вантажонапружених ділянках залізниць – не менше 16 волокон, а для малонавантажених ділянок або підключення віддалених об'єктів – не менше 8 волокон.

У нашому проекті запропоновано прокладення оптичного кабелю по опорах ЕЗД. Характерними особливостями конструкції обраного кабелю є:

- Малі розміри та легка вага;
- Велика будівельна довжина (до 6 км і більше без зміни конфігурації);

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		27

- Низьке кілометрове загасання сигналу;
- Відсутність потреби у підтримці кабелю під надлишковим повітряним тиском;
- Стійкість до електромагнітних впливів (наприклад, грозові розряди, вплив контактної мережі тощо).

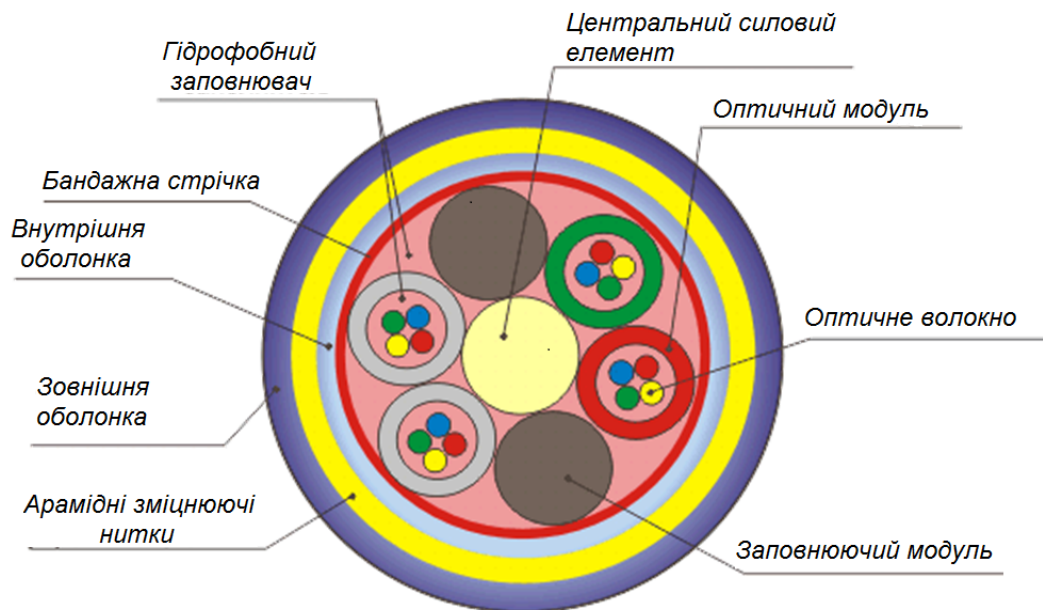


Рисунок 1.6. Схема оптичного кабелю типу NZDSF FutureGuide

Оптичні кабелі, що використовуються для побудови волоконно-оптичних систем зв'язку (ВОСП) на вантажонапружених ділянках залізниць, повинні мати не менше 16 волокон. При прокладанні на малонавантажених ділянках або для підключення віддалених об'єктів, для забезпечення резервування та захисту, використовується кабель з не менше 8 волокон. Незалежно від варіанту, оптичні волокна мають бути одномодовими та сертифікованими для заданих довжин хвиль.

При виборі типу оптичного кабелю слід віддавати перевагу стандартному одномодовому волокну, яке гарантує сумісність із системами SDH рівня STM-1 до STM-16. При цьому може використовуватися як вітчизняна продукція, так і кабелі провідних зарубіжних виробників (за наявності відповідної сертифікації Міністерства інфраструктури України).

Нині вітчизняна промисловість охопила виробництво майже всієї номенклатури оптичних кабелів для магістральних, зонових і місцевих мереж. У

конструкціях кабелів застосовуються імпортні матеріали високої якості. Оптичне волокно постачається від відомих фірм, таких як Corning, Fujikura, Samsung, Lucent Technologies тощо.

Враховуючи, що оптичний кабель підвішується на опорах контактної мережі, у нашому проекті обрано самонесучий кабель типу NZDSF марки FutureGuide, що виробляється фірмою Fujikura. Основні його характеристики:

- Застосування: Магістральний, самонесучий, діелектричний кабель для підвіски на опорах контактної мережі, залізничних лініях автоблокування, лініях електропередачі до 500 кВ, повітряних лініях зв'язку та експлуатації у суворих кліматичних умовах (від -60°C до $+70^{\circ}\text{C}$);
- Конструктивні особливості:
 - Центральний силовий елемент (ЦСЕ), який є склопластиковим стрижнем;
 - Оптичний модуль у вигляді пластмасових трубок з чотирма пофарбованими одномодовими волокнами, заповненими гідрофобним компаундом;
 - Заповнюючі модулі – поліетиленові стрижні, розташовані разом з оптичними модулями та корделі, що утворюють сердечник кабелю;
 - Захист від вологи здійснюється за допомогою бандажної стрічки та внутрішньої оболонки з поліетилену;
 - Механічне зміцнення забезпечується бронюванням із арамідних зміцнюючих ниток;
 - Зовнішня оболонка виконана із світлостабілізованого поліетилену.

Характеристика кабелю NZDSF марки FutureGuide:

- Магістральний, самонесучий, діелектричний кабель;
- Захисні покриви з арамідних ниток;
- Внутрішня оболонка з поліетилену;
- Оптичні модулі: 4 модулі, заповнюючі модулі: 2;
- Номінальний зовнішній діаметр оптичних та заповнюючих модулів – 2,4 мм;

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		29

- Центральний силовий елемент – склопластиковий прут;
- 16 одномодових волокон з ненульовою зміщеною дисперсією NZDSF, відповідно до рекомендацій ITU-T G.655;
- Допустиме розтягуюче зусилля – до 8 кН;
- Будівельна довжина кабелю – до 6 км.

Для передачі великих обсягів даних у волоконно-оптичних системах сучасними стандартами, оптичний кабель має відповідати вимогам щодо мінімальних загасань сигналу, широкого смуги пропускання та стійкості до зовнішніх впливів. У нашому проекті пропонується використання оптичного волокна FutureGuide-LA фірми Fujikura Ltd, яке має наступні технічні параметри:

Таблиця 1.2. Технічні параметри оптичного волокна FutureGuide-LA

Параметри	Одиниці вимірювання	FutureGuide-LA
Діаметр покриття	мкм	245 ± 5
Діаметр оболонки	мкм	125,0 ± 1,0
Діаметр модової плями на довжині хвилі 1550 нм	мкм	9,6 ± 0,4
Ефективний переріз A_e	кв. мм	72 (в середньому)
Загасання на довжині хвилі 1550 нм	дБ/км	< 0.2
Загасання на довжині хвилі 1625 нм	дБ/км	0.25
Неоднорідність загасання на довжині хвилі 1550 нм	дБ/км	< 0.10
Зміна загасання (1525-1575 нм)	дБ/км	0.05
Довжина хвилі відсічення	нм	1480
Діаметр поля моди на 1550 нм	мкм	9,6 ± 0,4
Хроматична дисперсія на 1550 нм	пс/(нм·км)	2.5
Хроматична дисперсія на 1625 нм	пс/(нм·км)	5.0
Поляризаційно-модова дисперсія	пс/√км	< 0.10
Питома смуга пропускання на 1550 нм	МГц·км	252000
Максимальна відносна подовження	%	1.0

Мета проекту полягає у побудові волоконно-оптичної системи передачі загальною протяжністю 210 км на ділянці м. Одеса – м. Балта. Цей проект передбачає виділення цифрових потоків у двох населених пунктах із передачею сигналу на швидкості 622 Мбіт/с за допомогою сучасного оптичного волокна

типу NZDSF FutureGuide-LA. У подальшій перспективі планується збільшення трафіку (або перехід на стандарт Fast Ethernet 1 Гбіт/с) без необхідності встановлення лінійних підсилювачів між населеними пунктами.

1.6 Визначення ширини смуги частот модернізованої мережі

Граничний обсяг інформації, який можна передати по волокну одиначної довжини, безпосередньо залежить від його пропускної здатності, тобто від ширини смуги повідомлень (bandwidth). Ширина смуги пропускання оптичного волокна визначається його дисперсією – фізичним параметром, що характеризує розширення імпульсів через розсіювання в часі спектральних або модових складових оптичного сигналу. Іншими словами, дисперсія веде до збільшення тривалості кожного імпульсу, що обмежує максимально допустиму швидкість модуляції.

Ширина смуги пропускання оптичного кабелю вимірюється у Гц·км і може бути визначена за формулою:

$$W = \frac{0.44}{\tau} \quad (1.7)$$

де:

- W – смуга пропускання в Гц·км,
- τ – результуюча дисперсія оптичного волокна в секундах на кілометр.

Величина τ визначається параметрами дисперсії. В багатомодових волокнах зазвичай домінує межмодова дисперсія, а в одномодових – лише хроматична дисперсія. Для нашого одномодового волокна NZDSF FutureGuide-LA результуюча (хроматична) дисперсія становить:

$$\tau_{chr}(\lambda) = D(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (1.8)$$

де:

- $D(\lambda)$ – питома хроматична дисперсія (в пс/(нм·км)) для даної довжини хвилі, що залежить від складу та типу кварцового скла,
- $\Delta\lambda$ – ширина спектра випромінювання джерела, в нм.

У нашому проекті, оскільки використовується одномодове волокно, результуюча дисперсія, яка впливає на смугу пропускання, рівна приблизно 2,5

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

пс/(нм·км). При застосуванні лазера на довжині хвилі 1550 нм із спектральною шириною $\Delta\lambda = 0.1$ нм, отримуємо специфічний добуток смуги пропускання: $W_{\text{спец}} = 252,000$ МГц·км. Цей добуток є характеристикою волокна, що враховує його здатність передавати високошвидкісний сигнал на довгих відстанях без значних спотворень.

Оптичний інтерфейс системи SDH використовує систему кодування 8В/10В, що відповідає частоті модуляції приблизно 778 МГц. Для визначення того, чи відповідає обрана технологія вимогам модернізованої мережі, обчислюємо ефективну смугу пропускання для сегмента оптичної мережі довжиною (L).

Якщо загальна довжина оптичного сегмента становить 210 км (ділянка м. Одеса – м. Балта), то ефективна смуга пропускання визначається як:

$$W_{\text{еф}} = \frac{W_{\text{спец}}}{L} = \frac{252,000 \text{ МГц} \cdot \text{км}}{210 \text{ км}} \approx 1200 \text{ МГц}$$

Оскільки 1200 МГц значно перевищує вимогу 778 МГц, це свідчить про те, що з точки зору дисперсії та смуги пропускання використання лазера з $\Delta\lambda = 0.1$ нм дозволяє передавати сигнал на відстані 210 км без необхідності встановлення регенераторів.

Сучасні послуги цифрової передачі (включаючи високошвидкісний доступ до Інтернету, цифрове телебачення, голосовий зв'язок та IP-трафік) вимагають не лише високої загальної швидкості передачі даних, а й стабільного сигналу з мінімальними спотвореннями. Зменшення дисперсії волокна дозволяє збільшити частотну смугу, що критично важливо для підтримки високої швидкості передачі. У нашому проекті використання одномодового волокна NZDSF FutureGuide-LA, яке має дуже невисоку питомість загасання та дисперсії, гарантує:

- Передачу сигналу на швидкості 622 Мбіт/с (що відповідає обладнанню системи SDH STM-4),
- Можливість модернізації мережі із подальшим збільшенням трафіку (за рахунок використання більш вузького спектрального джерела і/або впровадження технологій DWDM для ущільнення спектру).

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

Таким чином, сучасні вимоги до швидкості передачі і сервісів повністю забезпечуються за рахунок широкої смуги пропускання, яка визначається малими значеннями хроматичної дисперсії обраного волокна. Розрахунки показали, що ефективна смуга пропускання у 1200 МГц для сегмента довжиною 210 км задовольняє вимогу інтерфейсу SDH, що використовує модуляцію з частотою 778 МГц, таким чином забезпечуючи надійну і високошвидкісну передачу даних.

За результатами розрахунків і аналізу, обране оптичне волокно з питомою смугою пропускання 252000 МГц·км дозволяє передавати дані на відстані до 210 км із ефективною смугою 1200 МГц, що значно перевищує вимогу системи кодування 8B/10B (778 МГц). Отже, з точки зору дисперсії та частотної смуги сучасна мережа відповідає вимогам для передачі мультисервісного трафіку без необхідності використання регенераторів.

1.7 Розрахунок проектної довжини регенераційної ділянки та довжини оптичного лінійного тракту

1.7.1 Розрахунок втрат потужності на регенераційній ділянці

Довжина регенераційної ділянки визначається як функція сумарного загасання потужності у даній ділянці, яке складається з втрат у самому оптичному волокні та втрат у роз'ємних (рознімних) і нероз'ємних з'єднаннях, а також додаткових допусків, пов'язаних із температурними змінами та старінням компонентів.

Сумарні втрати регенераційної ділянки можна розрахувати за формулою:

$$a_{\Sigma} = n_{p.c} \cdot a_{p.c} + n_{n.c} \cdot a_{n.c} + a_t + a_v \quad (1.9)$$

де:

- $n_{p.c}$ – кількість роз'ємних з'єднань на одній ділянці (в нашому випадку $n_{p.c} = 4$);
- $a_{p.c}$ – втрати в роз'ємних з'єднаннях, $a_{p.c} = 0.2$ дБ (див. Додаток Б);
- $n_{n.c}$ – кількість нероз'ємних з'єднань, яку можна визначити як $n_{n.c} = \frac{L}{L_c} - 1$,

де L – довжина ділянки (для розрахунку беремо найдовшу ділянку траси

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

від с.м.т. Ширяєве до м. Балти, $L = 85$ км, а L_C – будівельна довжина кабелю (наприклад, $L_C = 6$ км). Таким чином: $n_{н.с} = \frac{85}{6} - 1 \approx 14$;

- $a_{н.с}$ – втрати в нероз'ємних з'єднаннях, $a_{н.с} = 0.02$ дБ (за даними зварювального апарату Fujikura FSM-11S SpliceMate);
- a_t – допуск на температурні зміни втрат, $a_t = 0.002$ дБ;
- a_v – допуск на зміну характеристик компонентів при експлуатації лінії довжиною до 200 км, $a_v = 3$, дБ.

Отже, сумарні втрати регенераційної ділянки складають: $a_{\Sigma} = 4 \cdot 0.2 + 14 \cdot 0.02 + 0.002 + 3 = 0.8 + 0.28 + 0.002 + 3 = 4.082$ дБ

1.7.2 Розрахунок довжини регенераційної ділянки за втратами потужності

Енергетичний потенціал волоконно-оптичної системи визначається за формулою:

$$\text{ЭП} = P_{\text{пер}} - P_{\text{пр, мін}} \quad (1.10)$$

де:

- $P_{\text{пер}}$ – рівень потужності оптичного випромінювача (для наших розрахунків $P_{\text{пер}} = 2$ дБм);
- $P_{\text{пр, мін}}$ – мінімальна чутливість приймача $P_{\text{пр, мін}} = -42$ дБм.

Таким чином: $\text{ЭП} = 2 - (-42) = 44$ дБм.

Допустимі втрати у волоконно-оптичному тракті визначаються як:

$$a_{\text{доп}} = \text{ЭП} - a_{\Sigma} = 44 - 4.082 = 39.92 \text{ дБ.}$$

За умови, що коефіцієнт загасання волокна α становить 0.2, дБ/км, максимальну довжину регенераційної ділянки можна розрахувати за формулою:

$$l_{\text{ру}} \leq \frac{a_{\text{доп}}}{\alpha} \quad (1.11)$$

Підставляючи значення: $l_{\text{ру}} \leq \frac{39.92}{0.2} = 199.6$ км.

1.7.3 Розрахунок довжини регенераційної ділянки за дисперсією

Окрім втрат потужності, довжина регенераційної ділянки обмежується дисперсійними характеристиками оптичного волокна. Смуга пропускання для

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

передачі сигналу обмежується розширенням імпульсів внаслідок дисперсії, яка у нашому випадку задається хроматичною дисперсією одномодового волокна.

Для розрахунку максимально допустимої довжини регенераційної ділянки з урахуванням дисперсії використовується формула:

$$L_D \leq \frac{4.4 \times 10^5}{D \cdot \Delta\lambda \cdot B} \quad (1.12)$$

де:

- D – сумарна дисперсія одномодового волокна (за умовами, $D = 2.5$ пс/(нм·км));
- $\Delta\lambda$ – ширина спектра джерела випромінювання, для лазерного діода (наприклад, $\Delta\lambda = 1$ нм у деяких випадках або 0.1 нм, залежно від специфікації);
- B – широкополосність цифрових сигналів, які передаються по оптичному тракту ($B = 622.08$ МГц для системи STM-4).

У нашому прикладі, якщо брати $\Delta\lambda = 1$ нм (як для класичного лазерного діода ML920J11S01), тоді: $L_D \leq \frac{4.4 \times 10^5}{2.5 \cdot 1 \cdot 622.08} \approx \frac{440,000}{1555.2} \approx 282.9$ км.

Отже, з точки зору дисперсії максимально допустима довжина регенераційної ділянки складає близько 282.9 км.

1.7.4 Порівняння результатів розрахунків та висновки

Для проєктованої траси волоконно-оптичного зв'язку, розглядаємо найбільшу за довжиною ділянку – від с.м.т. Ширяєве до м. Балти, яка має довжину $L = 85$ км. Отримані результати розрахунку:

- Допустима довжина регенераційної ділянки за втратами потужності:
 $l_{py} \leq 199.6$ км;
- Обмеження за дисперсією: $L_D \leq 282.9$ км.

Оскільки обидва значення значно перевищують фактичну довжину 85 км, встановлення додаткових регенераційних пунктів вздовж цієї ділянки не є необхідним. Для інших ділянок траси, таких як від м. Одеса до с.м.т. Іванівка або від Іванівки до Ширяєве, де довжини менші, відповідні розрахунки також

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

підтверджують можливість прямої передачі сигналу без зовнішніх регенераційних блоків. Регенерація здійснюватиметься в приміщеннях оперативних ремонтних пунктів (ОРП), розміщених у с.м.т. Іванівка та с.м.т. Ширяєве.

За результатами розрахунків з урахуванням як втрат потужності, так і обмежень, що накладаються дисперсією, максимальна допустима довжина регенераційної ділянки для системи складає до ~200 км (за втратами) та до ~283 км (за дисперсією), що значно перевищує фактичну довжину найтривалішої ділянки траси (85 км). Це свідчить про можливість побудови проектованої волоконно-оптичної системи без потреби в встановленні додаткових регенераційних пунктів на цій ділянці.

1.8 Визначення сумарних втрат в оптичному тракті мережі

Оптичну лінію зв'язку забезпечують не лише оптичний кабель, але й всі супутні компоненти, які з'єднують оптичні інтерфейси передавачів і приймачів. До складу такої кабельної системи входять:

- Оптичний кабель, що є основним середовищем передачі;
- З'єднувальні шнури та оптичні перемикачі;
- Роз'ємні з'єднувачі (конектори), які використовуються в кінцевих обробних муфтах, а також у проміжних оптичних кросах;
- Нероз'ємні з'єднання (спайси), які зазвичай виконуються за допомогою зварювальних апаратів (наприклад, Fujikura FSM-11S SpliceMate).

При проходженні кожного з цих елементів оптичний сигнал зазнає певних втрат. Компенсація втрат у кабелі забезпечується частиною енергетичного потенціалу приймачів оптичних трансиверів, а залишок резерву розподіляється на компенсацію втрат у з'єднаннях, забезпечення запасу енергії для адаптації до змін компонентів (старіння, монтажні неточності) та ін.

Для того, щоб забезпечити нормальну експлуатацію волоконно-оптичного тракту, параметри повної системи повинні відповідати наступній нерівності:

$$\sum L_j \alpha_j + n_{н.с} \cdot a_{н.с} + n_{р.с} \cdot a_{р.с} + n_{п, А\Delta} + Z \leq E_{\Pi} \quad (1.13)$$

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

де:

- $\sum L_j$ – сумарна довжина всіх сегментів оптичного кабелю, тобто L . Для нашого тракту $L = 85$ км, при цьому кожен сегмент має будівельну довжину $L_j = 6$ км;
- α_j – коефіцієнт загасання оптичного кабелю (в даному випадку $\alpha_j = 0.2$, дБ/км);
- $n_{н.с}$ – кількість нероз'ємних з'єднань, які за умовою розрахунку визначаються як $n_{н.с} = \frac{L}{L_c} - 1 = \frac{85}{6} - 1 \approx 14$;
- $a_{н.с}$ – втрати в одному нероз'ємному з'єднанні (наприклад, при зварюванні) $= 0.02$ дБ;
- $n_{р.с}$ – кількість роз'ємних з'єднань. У нашому проекті їх передбачено 4 ($n_{р.с} = 4$);
- $a_{р.с}$ – втрати в одному роз'ємному з'єднанні, які складають 0.2 дБ;
- $n_{п, А\Delta}$ – втрати при переході від волокна з однаковим діаметром до волокна з іншою діаметром серцевини або при з'єднанні волокон із різними числовими апертурами. Для обраної технології ці втрати можна прийняти як незначні (або за потреби – врахувати їх окремо);
- Z – енергетичний запас, який враховується для компенсації змін характеристик компонентів, старіння та неточностей експлуатації. Зазвичай приймається $Z = 2-3$ дБ, а у нашому випадку $Z = 3$ дБ;
- E_{Π} – енергетичний потенціал апаратури, який визначається як різниця між рівнем потужності оптичного випромінювача та мінімальною чутливістю приймача: $E_{\Pi} = P_{пер} - P_{пр, \min}$. При $P_{пер} = 2$ дБм та $P_{пр, \min} = -42$ дБм отримуємо: $E_{\Pi} = 2 - (-42) = 44$ дБ.

Розрахунок сумарних втрат:

1. Втрати на оптичному кабелі:

$$\sum L_j \alpha_j = L \cdot \alpha_j = 85, \text{км} \cdot 0.2 \text{ дБ/км} = 17 \text{ дБ};$$

2. Втрати на нероз'ємних з'єднаннях (зварних швах):

$$n_{н.с} \cdot a_{н.с} = 14 \times 0.02 \text{ дБ} = 0.28 \text{ дБ};$$

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		37

3. Втрати на роз'ємних з'єднаннях: $n_{p.c} \cdot a_{p.c} = 4 \times 0.2, \text{дБ} = 0.8 \text{ дБ}$;

4. Втрати при переходах між волокнами $n_{пАД}$: Для даної системи ці втрати можна прийняти як мінімальні або ігнорувати (бо використовуються компоненти з однаковими характеристиками). Припустимо, що їх внесок незначний;

5. Енергетичний запас: $Z = 3 \text{ дБ}$.

Таким чином, сумарні втрати регенераційної ділянки дорівнюють:
 $\sum L_j \alpha_j + n_{н.с} \cdot a_{н.с} + n_{p.c} \cdot a_{p.c} + Z = 17 + 0.28 + 0.8 + 3 \approx 21.1, \text{дБ}$.

Порівнюючи сумарні втрати з енергетичним потенціалом апаратури:
 $21.1, \text{дБ} < 44, \text{дБ}$, умова (1.13) задовольняється. Це свідчить про наявність достатнього запасу потужності для компенсації всіх втрат, що виникають у процесі проходження сигналу через оптичний тракт мережі. Таким чином:

1. Складова оптичної кабельної системи: Втрати розподіляються між оптичним волокном, роз'ємними та нероз'ємними з'єднаннями, а також враховується енергетичний запас для експлуатаційних змін. При загальній довжині треку 85 км та заданих параметрах сумарні втрати складають приблизно 21.1 дБ;

2. Енергетичний потенціал: Завдяки енергетичному потенціалу системи, що дорівнює 44 дБ, вся система працює з достатнім запасом потужності, що дозволяє передавати сигнал без додаткових втрат, які могли б вплинути на якість зв'язку;

3. Відповідність стандартам: Розрахункові параметри задовольняють вимоги стандартів до оптичних систем зв'язку, що гарантує надійну експлуатацію тракту з урахуванням як механічних, так і експлуатаційних характеристик.

1.9 Розрахунок характеристик потужності лінії зв'язку

1.9.1 Розрахунок повного запасу потужності лінії оптичного зв'язку

Для забезпечення високої якості роботи оптичного тракту важливо, щоб повний запас потужності (енергетичний потенціал системи) перевищував сукупні втрати у всіх елементах кабельної системи. Це дозволяє компенсувати

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		38

втрати, що виникають при переходах, з'єднаннях та на вході/виході з волокна, а також забезпечити додатковий резерв для адаптації до змін експлуатаційних характеристик.

Енергетичний потенціал з урахуванням втрат на введення та виведення енергії з волокна (повний запас потужності) можна обчислити за формулою:

$$P = P_{\text{пер}} - a_{\text{вх}} - a_{\text{вих}} - P_{\text{пр.мін}} \quad (1.14)$$

де:

- $P_{\text{пер}}$ – рівень потужності оптичного випромінювання на виході пристрою оптичного передавача. Для нашого прикладу $P_{\text{пер}} = 2$ дБм;
- $a_{\text{вх}}$ та $a_{\text{вих}}$ – втрати потужності, що виникають у роз'ємних з'єднаннях на вході та виході оптичного кросу. Обрані в нашій системі роз'ємні з'єднувачі (наприклад, Fibrlock™11) забезпечують втрати приблизно 0.2 дБ для кожного переходу;
- $P_{\text{пр.мін}}$ – мінімальна чутливість приймача, яка в нашій системі становить -42 дБм.

Підставляючи відомі значення, отримуємо:

$$P = 2 - 0.2 - 0.2 - (-42) = 2 - 0.4 + 42 = 43.6 \text{ дБ.}$$

Таким чином, повний запас потужності лінії оптичного зв'язку дорівнює 43.6 дБ. Цей величезний запас потужності (43.6 дБ) дозволяє системі компенсувати втрати, що відбуваються на різних етапах з'єднання оптичних елементів (роз'ємних переходів, нероз'ємних з'єднань та інших компонентів) і забезпечує надійну передачу даних навіть при наявності експлуатаційних змін або старіння обладнання.

1.9.2 Розрахунок енергетичного запасу оптичного тракту

Енергетичний запас (резерв потужності) системи визначається як різниця між повним запасом потужності, розрахованим за формулою (1.14), та сумарними втратами регенераційної ділянки, визначеними за формулою (1.9). Для працездатної системи енергетичний запас має бути позитивним, що гарантує наявність достатнього запасу для компенсації втрат у всіх елементах оптичного

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

тракту.

Формула розрахунку енергетичного запасу має вигляд:

$$E_3 = P - a_{\Sigma} \quad (1.15)$$

де:

- P – повний запас потужності (енергетичний потенціал), який розраховано за попередньою формулою і становить 43,6 дБ;
- a_{Σ} – сумарні втрати регенераційної ділянки, що складають 4,082 дБ.

Підставляючи ці значення, маємо:

$$E_3 = 43,6, \text{дБ} - 4,082, \text{дБ} = 39,52 \text{ дБ.}$$

Енергетичний запас оптичного тракту дорівнює 39,52 дБ, що є позитивним значенням і вказує на надійність системи зв'язку з достатнім резервом для компенсації втрат під час експлуатації.

1.9.3 Визначення ймовірності помилки на довжині регенераційної ділянки

Для цифрової волоконно-оптичної системи зв'язку критично важливою є оцінка ймовірності помилки, визначеної як відношення сигнал/шум або безпосередньо як ймовірність неправильної передачі інформації на одиницю довжини. Ймовірність помилки, що відводиться на довжину регенераційної ділянки (тобто тракту, на якому проводиться регенерація сигналу), визначається за наступною формулою:

$$r_{\text{оц}} = r' \cdot l_{\text{ру}} \quad (1.16)$$

де:

- r' – ймовірність помилки, що припадає на 1 км оптичного лінійного тракту. Для магістральної мережі даний параметр має значення $r' = 10^{-11}$; для внутрішньозонової мережі — близько $1,67 \times 10^{-10}$; для місцевої мережі – 10^{-9} ;
- $l_{\text{ру}}$ – довжина регенераційної ділянки (розрахована раніше, наприклад, $l_{\text{ру}} \approx 199,6, \text{км}$ для системи, де втрати за втратами потужності дозволяють до 199,6 км).

Для модернізованої муніципальної мережі на базі технологій оптичного

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		40

зв'язку, використовуючи значення ймовірності помилки для магістральної мережі $r' = 10^{-11}$ та довжину регенераційної ділянки $l_{py} = 199.6$ км, розрахунок виглядає наступним чином:

$$r_{\text{ощ}} = 10^{-11} \times 199.6 \approx 1.996 \times 10^{-9} \approx 2 \times 10^{-9}.$$

Ймовірність помилки на довжині регенераційної ділянки становить приблизно 2×10^{-9} . Це значення є дуже низьким, що свідчить про високоякісну передачу сигналу у проєктованій системі та відповідає сучасним вимогам до надійності цифрових волоконно-оптичних мереж.

1.9.4 Визначення рівня передачі потужності оптичного випромінювання

Рівень передачі потужності оптичного випромінювання на виході передавального оптичного модуля (ПОМ) визначається за формулою:

$$P_{\text{пер}} = P_c - \Delta P \quad (1.17)$$

де:

- P_c – рівень середньої потужності оптичного сигналу на виході джерела випромінювання;
- ΔP – зниження рівня середньої потужності, яке залежить від характеру сигналу. Для лінійного кодування NRZ, що є рекомендованим стандартом для транспортних систем SDH, втрати складають 3 дБ (для порівняння, при кодуванні RZ втрати можуть сягати 6 дБ).

У якості передавального оптичного модуля у проєкті обрано лазерний діод серії ML920J11S01 фірми Mitsubishi. Цей діод є високоякісним, одночастотним (DFB – Distributed Feedback; тобто лазер з розподіленим зворотним зв'язком), що виготовляється на основі квантоворозмірних гетероструктур з інтегрованими Бреговськими ґратами.

Завдяки своїм характеристикам лазерний діод ML920J11S01 оптимально підходить для використання в магістральних цифрових волоконно-оптичних системах transmissions, оптичних мультиплексорах та SDH-обладнанні рівня STM-1/STM-4.



Рисунок 1.6. Лазерний діод Mitsubishi ML920J11S01

З технічних характеристик лазерного діода ML920J11S01 (див. табл. 1.3) візьмемо значення середнього рівня потужності на виході джерела: $P_c = 5$ дБм.

За рекомендаціями, оскільки в транспортних системах SDH використовується кодування NRZ, втрати при переході сигналу через роз'ємні з'єднання складають: $\Delta P = 3$ дБ.

Таким чином, рівень передачі потужності оптичного випромінювання на виході ПОМ розраховується за формулою (1.18):

$$P_{\text{пер}} = 5 \text{ дБм} - 3 \text{ дБ} = 2 \text{ дБм.} \quad (1.18)$$

Це значення є базовим рівнем потужності, яке передається по оптичному тракту, і дозволяє забезпечити достатній енергетичний потенціал для компенсації втрат на оптичному лінійному тракту, а також утримання належної якості сигналу протягом всієї системи.

Таблиця 1.3. Технічні характеристики лазерного діода ML920J11S01

Параметр	Значення
Довжина хвилі	1550 нм
Ширина спектра випромінювання	1 нм
Тип лазерного діода	DFB
Робоча швидкість	до 2,5 Гб/с
Потужність випромінювання	5 дБм
Напруга живлення	1,1 – 1,5 В
Тип оптичного роз'єму	FC, ST, SC, LC
Тип оптичного волокна	DSF/NZDSF

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ

Арк

42

Розрахунковий рівень передачі потужності оптичного випромінювання на виході ПОМ складає 2 дБм, що відповідає вимогам сучасних магістральних цифрових волоконно-оптичних систем зв'язку.

1.9.5 Визначення рівня мінімальної виявленої потужності

Однією з основних характеристик приймача оптичного випромінювання є його чутливість, тобто мінімальний рівень потужності сигналу, який може бути детектований при забезпеченні заданих значень відношення "сигнал/шум" або відповідної ймовірності помилок. Цей параметр характеризується як поріг чутливості приймального оптичного модуля і вимірюється в децибелах міліват (дБм).

Абсолютний рівень мінімальної виявленої потужності визначається залежно від типу фотопристрою та швидкості передачі цифрового сигналу. Зокрема, приймач із PIN-фотодіодом і приймач на основі лазерного діода мають різні порогові значення. Для їх визначення використовують наступні формули:

Для PIN-фотодіоду:

$$P \begin{cases} -55 + 11 \lg B, & \text{при } B < 50 \text{ Мбіт/с} \\ -55 + 10 \lg B, & \text{при } B \geq 50 \text{ Мбіт/с} \end{cases} \quad (1.19)$$

Для лазерного діода:

$$P \begin{cases} -70 + 10,5 \lg B, & \text{при } B < 50 \text{ Мбіт/с} \\ -70 + 10 \lg B, & \text{при } B \geq 50 \text{ Мбіт/с} \end{cases} \quad (1.20)$$

де:

- P_{\min} визначається у дБм;
- B – швидкість передачі даних (або ширина каналу) в Мбіт/с;
- $\lg B$ – десятковий логарифм від B .

Зауважимо, що використовувані значення коефіцієнтів (наприклад, 11 або 10.5, 10) пов'язують з характером сигналу та особливостями технології кодування (для лінійного коду NRZ, що є рекомендованим для транспортних систем SDH).

Таким чином, рівень мінімальної виявленої потужності є фундаментальним параметром, від якого залежить здатність приймача правильно детектувати оптичний сигнал при заданих перевантаженнях шуму або

ймовірності помилок. При проєктуванні сучасних оптичних систем зв'язку необхідно забезпечити, щоб фактичний рівень виявленої потужності був нижчим за поріг чутливості, визначений за вищенаведеними формулами, що гарантує надійність системи.

Наприклад, якщо для магістральної мережі В складає 10 Мбіт/с, то для PIN-фотодіода поріг чутливості обчислюється як:

$$P_{\min} = -55 + 11 \cdot \lg(10) = -55 + 11 \times 1 = -44 \text{ дБм.}$$

Це означає, що приймач повинен бути здатним детектувати сигнали з потужністю не менше -44 дБм, щоб забезпечити належне співвідношення сигнал/шум.

1.10 Визначення швидкодії лінії оптичного зв'язку

Вибір типу оптичного кабелю (ОК) можна обґрунтувати розрахунком швидкодії (інерції) системи, що визначається як сумарна затримка сигналу через оптичні елементи, а також дисперсійними властивостями кабелю. Швидкодія системи впливає на можливість передачі даних із заданою швидкістю та мінімізацію спотворень у вигляді розширення імпульсу.

1.10.1 Допустима швидкодія системи

Повна допустима швидкодія системи задається швидкістю передачі B' (в біт/с) та способом модуляції оптичного випромінювання, що визначає використаний тип лінійного коду.

Для транспортних систем SDH стандартним є лінійний код NRZ, для якого характерний коефіцієнт $\beta = 0.7$. Допустимий час змін (інерційний параметр) системи обчислюється за формулою:

$$t_{\text{доп}} = \frac{\beta}{B'} \quad (1.21)$$

При використанні оптичних каналів з швидкістю передачі $B' = 622.08 \times 10^6$ біт/с отримуємо:

$$t_{\text{доп}} = \frac{0.7}{622.08 \times 10^6} \approx 1.1 \text{ нс}$$

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44

1.10.2 Загальна очікувана швидкодія системи

Загальна (очікувана) швидкодія лінії оптичного зв'язку $t_{ож}$ враховує інерційні характеристики окремих елементів системи, зокрема:

- $t_{пер}$ – швидкодія передавального оптичного модуля, яка залежить від типу джерела випромінювання; $t_{пер} = 0.2$ нс;
- $t_{пр}$ – швидкодія прийомного оптичного модуля (ПРОМ), що визначається характеристиками фотодетектора; $t_{пр} = 0.1$ нс;
- $t_{ов}$ – розширення (розмиття) імпульсу на довжині регенераційної ділянки, яке визначається дисперсією оптичного волокна. Воно обчислюється за формулою:

$$t_{ов} = \sigma \cdot l_{ру} \quad (1.22)$$

У нашому випадку, використовуючи значення дисперсії, для регенераційної ділянки отримано:

$t_{ов} = 2.5 \times 0.2829 \approx 0.7$ нс (де значення 0.2829 відображає характерну величину, отриману з контрольних розрахунків або нормативних даних для конкретного типу волокна).

Загальну очікувану швидкодію системи можна визначити за формулою:

$$t_{ож} = \sqrt{1.111, t_{пер}^2 + t_{пр}^2 + t_{ов}^2} \quad (1.23)$$

Підставимо відомі значення:

- $t_{пер} = 0.2$ нс, тобто $t_{пер}^2 = 0.04$,
- $t_{пр} = 0.1$ нс тобто $t_{пр}^2 = 0.01$,
- $t_{ов} = 0.7$ нс тобто $t_{ов}^2 = 0.49$.

Обчислюємо: $1.111, t_{пер}^2 = 1.111 \times 0.04 \approx 0.04444$, Сума квадратів $\approx 0.04444 + 0.01 + 0.49 \approx 0.54444$, $t_{ож} \approx \sqrt{0.54444} \approx 0.74$ нс.

За поданими даними в прикладі отримано значення $t_{ож} = 0.77$ нс.

Різниця може бути зумовлена округленням або уточненими характеристиками окремих елементів. Для подальшого аналізу приймаємо $t_{ож} \approx 0.77$ нс.

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		45

1.10.3 Запас по швидкодії

Запас по швидкодії визначається як різниця між допустимою швидкістю та очікуваною (реальною) швидкістю системи:

$$\Delta t = t_{\text{доп}} - t_{\text{ож}} \quad (1.24)$$

Підставляючи отримані значення:

$$\Delta t = 1.1 \text{ нс} - 0.77 \text{ нс} = 0.33 \text{ нс}$$

Оскільки $t_{\text{ож}} < t_{\text{доп}}$, запас по швидкодії $\Delta t = 0.33 \text{ нс}$ є позитивним. Це свідчить про те, що вибір оптичного кабелю, а також розрахована довжина регенераційної ділянки забезпечують неспотворену передачу лінійного сигналу. Станційне та лінійне обладнання в рамках проекрованої системи володіють достатнім потенціалом для компенсації інерційних затримок і дисперсійних розширень, що гарантує високоякісну передачу даних.

Порівняння значення загальної очікуваної швидкодії $t_{\text{ож}} \approx 0.77 \text{ нс}$ із допустимим значенням $t_{\text{доп}} \approx 1.1 \text{ нс}$ вказує на позитивний запас $\Delta t = 0.33 \text{ нс}$. Це підтверджує, що обрана конфігурація системи (тип оптичного кабелю, параметри передавального та прийомного модулів, а також характеристика регенераційної ділянки) відповідає сучасним вимогам до високошвидкісної передачі даних у волоконно-оптичних мережах.

1.11 Розрахунок надійності мережі оптичного зв'язку

За теорією надійності відмови систем розглядаються як випадкові події. Час від моменту включення до першої відмови є випадковою величиною, що називається «часом безвідмовної роботи» (MTTF – Mean Time To Failure). Інтегральна функція розподілу цієї величини $F(t)$ визначає ймовірність того, що час безвідмовної роботи системи буде менше деякого значення t , $F(t) = 1 - R(t)$. Ймовірність безвідмовної роботи за інтервал часу $([0, t])$ задається функцією: $R(t) = 1 - F(t)$. Припустимо, що в період нормальної експлуатації інтенсивність відмов є майже постійною, тобто система характеризується експоненціальним розподілом часу безвідмовної роботи: $R(t) = e^{-\lambda t}$, де λ – інтенсивність (швидкість) відмов (год^{-1}). Середній час безвідмовної роботи визначається як:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}.$$

Припустимо, що система складається з n незалежних елементів з ймовірностями безвідмовної роботи $R_1(t), R_2(t), \dots, R_n(t)$ на інтервалі часу $0 \leq t \leq T$. Якщо відмова хоча б одного елемента призводить до відмови всієї системи (послідовне з'єднання елементів), то надійність системи визначається відношенням:

$$R_{\text{сист}}(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) \quad (1.25)$$

Середній час безвідмовної роботи системи (напрацювання на відмову) знаходять як математичне сподівання величини «час безвідмовної роботи»:

$$MTTF_{\text{сист}} = \frac{1}{\lambda_{\text{сист}}} \quad (1.26)$$

де $\lambda_{\text{сист}}$ – сумарна інтенсивність відмов системи, яка за принципом суперпозиції визначається як:

$$\lambda_{\text{сист}} = \lambda_{\text{НРП}} \cdot N_{\text{НРП}} + \lambda_{\text{ОРП}} \cdot N_{\text{ОРП}} + \lambda_{\text{каб}} \cdot L \quad (1.27)$$

Один із показників надійності відновлюваних систем – коефіцієнт готовності K_g – визначається за співвідношенням між середнім часом безвідмовної роботи та сумою часу безвідмовності і часу відновлення:

$$K_g = \frac{MTTF_{\text{сист}}}{MTTF_{\text{сист}} + t_B}, \quad (1.28)$$

де t_B – середній час відновлення пошкодженого елемента або системи.

Наприклад, для внутрішньозонової мережі з максимальною протяжністю $l_{\text{max}} = 1400$ км коефіцієнт готовності повинен перевищувати 0.99, а середній час безвідмовної роботи – бути більше 350 годин.

Для розрахунку середнього часу відновлення t_B системи враховують внесок від кожного типу елементів (наприклад, від регенераційних пунктів ОРП, НРП та оптичного кабелю). Формула для розрахунку має вигляд:

$$t_B = \frac{\lambda_{\text{НРП}} \cdot Q_{\text{НРП}} \cdot t_{v,\text{НРП}} + \lambda_{\text{ОРП}} \cdot Q_{\text{ОРП}} \cdot t_{v,\text{ОРП}} + \lambda_{\text{каб}} \cdot L \cdot t_{v,\text{каб}}}{\lambda_{\text{сист}}}, \quad (1.29)$$

де $Q_{\text{НРП}}, Q_{\text{ОРП}}$ – кількість відповідних пунктів, $t_{v,\text{НРП}}, t_{v,\text{ОРП}}, t_{v,\text{каб}}$ – час відновлення кожного елемента.

За нашим розрахунком для найбільшої за довжиною ділянки (від с.м.т.

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		47

Ширяєве до м. Балти, $L = 85, \text{км}$) отримано: $t_b \approx 9.94, \text{годин}$. Після цього, використовуючи розрахований середній час безвідмовної роботи $MTTF_{\text{сист}}$ та t_b , розраховано коефіцієнт готовності: $K_g \approx 0.99967$. Це значення значно перевищує вимогу для внутрішньозонових систем, що свідчить про високий рівень надійності. Оскільки для експоненціального розподілу ймовірність безвідмовної роботи системи при заданому інтервалі часу (t) задається формулою: $R(t) = e^{-\lambda t}$, можна провести розрахунки для різних часових інтервалів. Наприклад, для отримання ймовірності роботи системи протягом:

- доби ($t_1 = 24 \text{ год}$)- $R(24)$,
- тижня ($t_1 = 168 \text{ год}$)- $R(168)$,
- місяця ($t_1 = 720 \text{ год}$)- $R(720)$,
- року ($t_1 = 8760 \text{ год}$)- $R(8760)$.

За результатами розрахунків отримано наступні дані:

Таблиця 1.4. Результати розрахунку надійності мережі

Інтервал часу t , год	0	24	168	720	8760
$R(t)$	1	0.9993	0.9917	0.9564	0.7180

Проведені розрахунки надійності показують, що проєктована мережа оптичного зв'язку, яка складається з послідовно з'єднаних ділянок кабелю та мультиплексорів (ОРП), характеризується наступними показниками:

- Коефіцієнт готовності $K_g \approx 0.99967$, що відповідає високій надійності системи;
- Середній час безвідмовної роботи (MTTF), обчислений за допомогою сукупної інтенсивності відмов, є достатнім для нормальної експлуатації;
- Ймовірність безвідмовної роботи протягом різних інтервалів часу, як зазначено у табл. 1.4, демонструє експоненціальне зниження з плином часу, що відповідає теоретичним очікуванням.

1.12 Модернізація мережі оптичного зв'язку

Модернізація існуючої мережі оптичного зв'язку передбачає комплексний підхід, спрямований на підвищення ефективності, надійності та якості передачі

даних. У процесі модернізації здійснюються підготовчі роботи, розробка інженерної документації та оцінка можливостей використання існуючої інфраструктури. Особливу увагу приділено впровадженню сучасних технологій прокладки кабелю з метою забезпечення безперебійної роботи всієї системи. Наприклад, обрано метод прокладки оптичного кабелю на опорах електрифікованої залізниці, який дозволяє оптимально використовувати наявні мережеві ресурси, знижувати витрати на встановлення нових опор та забезпечувати додатковий захист кабелю від атмосферних впливів і механічних пошкоджень. В процесі монтажу виконуються технологічні операції з обробки кінцевих виробничих сегментів кабелю, їх подальшого зрощування за допомогою спеціалізованих інструментів і зварювальних апаратів, що гарантує високоякісне з'єднання волокон. Після завершення монтажних робіт проводяться прийомоздавальні вимірювання для визначення відповідності оптичної системи встановленим стандартам, що дозволяє успішно забезпечити експлуатацію мережі з мінімальними втратами сигналу й високою швидкістю передачі даних.

1.12.1 Підготовка оптичного волокна до зрощення

Процес підготовки оптичного волокна до зрощення включає комплекс обробних операцій, спрямованих на отримання ідеально обробленої, чистої та строго перпендикулярної до осі волокна торцевої поверхні, що є умовою для якісного з'єднання. Спершу знімається первинне захисно-зміцнююче покриття. Сучасні оптичні кабелі, що випускаються вітчизняною промисловістю, використовують волокна з епоксіакрілатним покриттям. Це покриття може бути видалене як механічним способом, так і хімічним. Найбільш ефективним, що дозволяє уникнути дефектів і забезпечити рівномірність процесу, є хімічний спосіб. При цьому кінець волокна занурюють у підігрітий розчинник (наприклад, ацетон), використовуючи спеціальний нагрівальний пристрій типу УН-1, що забезпечує необхідну температуру. Волокно утримують в розчиннику близько 20–25 секунд, протягом яких епоксіакрілатне покриття розбухає, відстає від поверхні світловода і потім легко знімається механічним шляхом за допомогою чистого, м'якого інструменту.

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		49

Після зняття покриття проводиться обтирка зачищених кінців волокна м'яким матеріалом, просоченим розчинником (зазвичай спиртом), що дозволяє видалити залишки забруднень та забезпечити ідеальну чистоту поверхні. Для досягнення високоякісного зварювання кінців оптичного волокна необхідно, щоб торці були дзеркальними і строго перпендикулярними до осі волокна. Це забезпечується за допомогою спеціальних сколювачів. Традиційно використовують ручні сколювачі, у яких волокно фіксується у затиску, після чого спочатку наноситься насічка і одразу – за допомогою натискання кнопки, до волокна прикладається розтяжне або вигинаюче зусилля, в результаті якого волокно обламується. Якість отриманого відколу перевіряється за допомогою вбудованого в зварювальний апарат спеціального дзеркальця, яке дозволяє оцінити рівномірність робочої поверхні по всьому колу. Неправильний або неякісний відкол заважає апарату виконувати зварювання.



CT-30 Cleaver



CT-30A Cleaver

Рисунок 1.7. Сколювач оптичних волокон Fujikura CT-30

Для забезпечення стабільно високої якості підготовки волокон і мінімізації вимог до кваліфікації персоналу широко застосовують автоматизовані пристрої – електронні сколювачі, такі як сколювач оптичних волокон Fujikura CT-30 (рис. 1.7). У таких пристроях волокно з видаленим покриттям кріпиться в інструменті, а електронно-керований різець, що вібрує з низькою частотою та зі зростаючою амплітудою, синхронно з натягуванням волокна, проводить насічення. Після нанесення насічки та прикладання розтяжних зусиль волокно контролюється автоматично, і при досягненні критичного навантаження відбувається чистий відкол.

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		50

1.12.2 Зварювання оптичних волокон

У сучасних волоконно-оптичних мережах з метою забезпечення високоякісного з'єднання оптичних волокон широко застосовується метод зварювання. Цей підхід являє собою найбільш надійний спосіб з'єднання, оскільки автоматизовані зварювальні апарати забезпечують точне юстування волокон і мінімізують осьові та кутові зсуви між ними.

При зварюванні одномодових волокон вирішуються складні інженерні завдання, оскільки допуск осьового зсуву має перевищувати лише 0,1 мкм. Для волокон із діаметром серцевини 5–8 мкм сили поверхневого натягу не здатні гарантувати необхідну точність вирівнювання, тому такі допуски не можуть бути досягнуті вручну. Сучасні зварювальні апарати автоматично здійснюють оптимальне взаємне вирівнювання (юстування) оптичних волокон, вибирають оптимальні режими зварювання і здійснюють постійний контроль втрат у місці з'єднання. Процес зварювання контролюється візуально на рідкокристалічному дисплеї в двох координатах, що дозволяє операторам переконатися у відсутності дефектів з'єднання.



Рисунок 1.8. Зварювальний апарат Fujikura FSM-11 S

Для проектованої оптичної мережі використовується зварювальний апарат Fujikura FSM-11 S (рис. 1.8). Цей апарат забезпечує високоточне вирівнювання волокон і зварювання з дотриманням жорстких допусків (див. Додаток Б). Місце

зварювання закріплюється у спеціальному пристрої, який представляє собою термоусадочну гільзу типу КДЗС із металевим зміцнюючим стрижнем, що гарантує надійний механічний захист і зниження ризику пошкодження оптичних волокон під час експлуатації.

1.12.3 Введення оптичного кабелю в будівлі і споруди зв'язку

На проміжних регенераційних пунктах населених пунктів Ширяєве та Іванівка оптичний кабель буде проведено в приміщення, де розташовано місцеві вузли зв'язку. Для цього запроектовано прокладку лінії прив'язки, що забезпечує з'єднання зовнішніх ділянок кабельного тракту з внутрішніми мережевими об'єктами.

У населеному пункті Ширяєве будівля пошти, виконана з цегли і одноповерхова, розташована на відстані близько 150 м від залізниці. Поруч проходить повітряна лінія електропередач місцевої мережі напруги 0,4 кВ, по якій прокладено дроти для освітлення центральної вулиці і подачі електроенергії до житлових, адміністративних та інших будівель селища. Оскільки ЛЕП опорювана дерев'яними конструкціями, доцільно використовувати ці опори для підвіски проєктованого оптичного кабелю. Кабель кріпиться до спеціально встановленого гака за допомогою анкерного затискача і вводиться у приміщення обладнання через отвір у стіні. В середині будівлі кабель прокладається по існуючому кабелерості місцевої телефонної станції до оптичного кросу.

У населеному пункті Іванівка відстань від залізниці до будівлі місцевого вузла зв'язку складає близько 200 м. Тут прокладка лінії прив'язки здійснюється аналогічно до Ширяєве з використанням опор місцевої ЛЕП напруги 0,4 кВ. Оскільки будівля вузла зв'язку в Іванівці виконана з деревини, для кріплення кабелю встановлюється гак типу КН-16, який не вмуровується, а вкручується у стіну завдяки спеціальній різьбі, пристосованій для дерев'яних конструкцій.

У місті Балта оптичний кабель підводиться до будівлі компанії «Укртелеком», розташованої на відстані 2,6 км від залізничного вокзалу. Тут траса кабелю проходить через кабельну каналізацію, що належить ПАТ «Укртелеком». Оптичний кабель спускають із зовнішньої опори

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		52

електрифікованої залізниці, яка знаходиться найближче до кабельного колодязя телефонної каналізації, на висоті приблизно 5 м. Від ввідного колодязя кабель у виділеному каналі вводять у приміщення кабельної шахти, де виконується резервне укладання додаткових 10 м кабелю, згинаного кільцями й кріпленого до стіни за допомогою металевих кронштейнів. Після цього кабель розташовується на консолях, кріпиться поліетиленовими стяжками та маркується.

Після проходження кабелю приміщення кабельної шахти використовується для вертикальної прокладки кабелю вздовж кабелеросту до 4-го поверху будівлі «Укртелеком». На цьому поверсі вертикальний маршрут перетворюється на горизонтальний, й кабель підводиться до оптичного кросу. По завершенні робіт кабельні канали в кабельній шахті та ввідному кабельному колодязі герметизують для забезпечення додаткового захисту.

Оскільки проєктований оптичний кабель марки «ОКМС – А - 4/2 (2,4) Сп - 16 (5) – «8 кН» не містить металевих елементів, виконувати заземлення бронепокровів не потрібно. До того ж зовнішня оболонка кабелю виготовлена з негорючого крекінгового поліетилену, що дозволяє прокладати його по кабелеростах без використання додаткової захисної гофрованої трубки, що знижує трудовитрати та скорочує час монтажних робіт. Також не потребуються окремі оптичні муфти для переходу з лінійного кабелю на станційні вузли, оскільки кабель безпосередньо підводиться до оптичного кросу.

У місті Одеса прокладка лінії прив'язки здійснюється за аналогічною схемою, з використанням кабельної каналізації, що належить ПАТ «Укртелеком».

1.12.4 Вибір типу і монтаж оптичного кросу для мережі оптичного зв'язку

Для введення оптичного кабелю та підключення обладнання до мережі оптичного зв'язку використовуються спеціальні панелі розподільчого типу, що називаються оптичними кросами. Вибір відповідного типу кросу базується на вимогах до кількості портів, ємності та забезпеченні зручності подальшої експлуатації. Для кінцевих пунктів мережі в м. Одеса та м. Балта необхідна

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

панель з 16 розетками, а для проміжних вузлів у населених пунктах Ширяєве та Іванівка, де проводиться введення двох кабелів, потрібна панель з 32 розетками. Цим вимогам відповідають оптичні кроси типу ПР-16, виробництва ПФ ТОВ «Оптичні Телекомунікації» (м. Харків). На кінцевих вузлах встановлюється по одному кросу, а на проміжних – по два (на кожную сторону), що в загальному забезпечує необхідну кількість блоків.



Рисунок 1.9. Загальний вигляд панелі розподільної Fiber Cross ПР16

Оскільки оптичні пігтейли замовляються окремо, для комплектування кросу вибирають стандартні пігтейли довжиною 1 м із роз'ємами типу FS, що відповідають використуванним адаптерам. Панель розподільча ПР-16 забезпечує:

- Введення, розміщення, кріплення і зберігання запасів як лінійних, так і станційних кабелів;
- Завершальне закладення оптичних волокон, їх з'єднання та перемикання між лінійними та станційними кабелями;
- Підключення контрольно-вимірювальної апаратури для тестування і моніторингу роботи мережі;
- Можливість маркування лінійних та внутрішніх з'єднань для полегшення обслуговування.

Технічні характеристики обраного оптичного кросу типу ПР-16 (рис.1.9) включають:

- Максимальна кількість вхідних лінійних волоконно-оптичних кабелів – 4;
- Максимальна кількість оптичних з'єднувальних розеток на панелі – 16 шт;

- Габаритні розміри – 484 × 280 × 44 мм;
- Маса – 2,4 кг;
- Підтримка типів оптичних портів: FC, SC, ST, FC/APC, SC/APC.

Панель розподільча є металевою коробкою, покритою порошковою фарбою для забезпечення захисту від зовнішніх впливів. Всередині кросу розташовано сплайс-касету, що дозволяє зберігати запаси волокон у вигляді запасних модулів (до 24 волокон може розміщуватись на одній касеті). Оптичний крос має чотири отвори для введення-виведення кабелю; ці отвори покриті гумовими заглушками для запобігання потрапляння пилу.

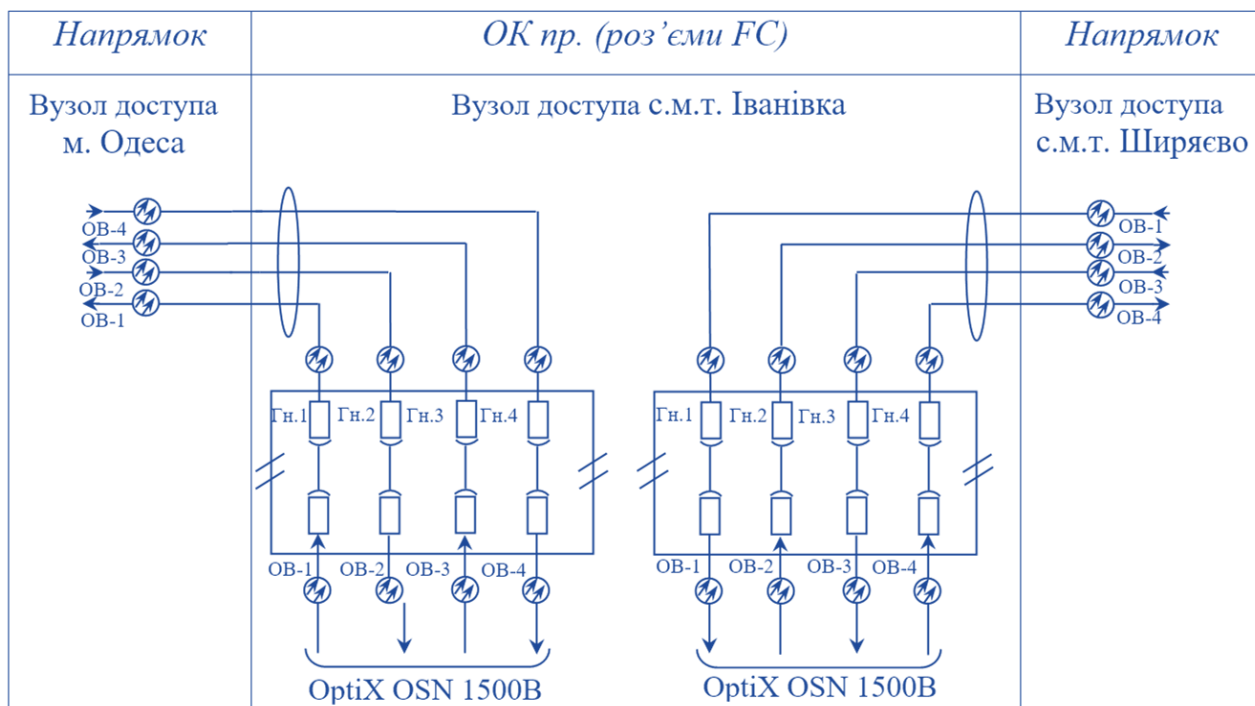


Рисунок 1.10. Реалізація переходів на оптичному кросі вузла доступу

Перед монтажем кросу необхідно переконатися, що кріпильні елементи по боках панелі надійно зафіксовані, після чого крос встановлюють на робоче місце або безпосередньо в 19-дюймову стійку за допомогою спеціальних гвинтів (M6). Далі проводять обробку оптичного кабелю згідно з вимогами технології, вводять його через відповідний отвір, розрізаючи гумову мембрану, і закріплюють кабель за допомогою стяжок. Центральний силовий елемент кріпиться за допомогою скоб і гвинтів, а пігтейли, обладнані термоусадними гільзами, встановлюються відповідно до схеми монтажу.

Після монтажу проводиться комутація оптичних портів кросу, що дозволяє підключати обладнання, наприклад, цифрове обладнання Huawei OptiX OSN 1500 В. На кожному оптичному кросі проводиться підключення 1–4 волокон: для одного тракту організовано лінійний канал, а решта – автоматичне резервування мережевого з'єднання (рис.1.10).

1.12.5 Вимірювання під час будівництва мережі оптичного зв'язку

Вимірювання втрат в оптичних волокнах та кабелях проводяться одним із двох основних способів.

Перший метод – двоточковий вимір, який включає три різновиди: метод обламування, безобривний (неруйнівний) метод та метод каліброваного розсіювання. Найбільш поширеним є безобривний метод, який забезпечує неруйнівне визначення загасання. При цьому вхідний торець тестованого волокна обробляють спеціальним оптичним роз'ємом, до якого підключають еталонний випромінювач зі стабілізованою оптичною потужністю та заданою довжиною хвилі. До вихідного торця підключається калібрований вимірювач оптичної потужності. Знаючи значення потужності випромінювання еталонного джерела, можна за допомогою вимірювань визначити рівень потужності на виході волокна. Загасання, що вимірюється, обчислюється як

$$\alpha_{\text{в}} = 10 \log \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}} \quad (\text{дБ}), \quad (1.30)$$

де $P_{\text{вх}}$ – рівень потужності еталонного джерела, а $P_{\text{вих}}$ – виміряне значення на виході. Оптичні тестери для подібних вимірювань можуть бути реалізовані як інтегровані пристрої, що містять еталонний випромінювач і оптичний вимірювач у одному корпусі, або як окремі прилади. На практиці зручніше використовувати вимірювання, де потужність відображається в дБм – стандартних одиницях для оцінки рівня оптичного сигналу. Сучасний метод відрізняється високою точністю, але його основним недоліком є необхідність доступу до обох кінців оптичного кабелю, що може бути незручним при лінійних вимірюваннях.

Другий метод – рефлектометричний, заснований на вимірюванні зворотного релеевського (Rayleigh) розсіювання в оптичному волокні. При цьому

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		56

в кабель вводиться періодична послідовність оптичних імпульсів тривалістю τ_n із певним періодом T_i . Відбиті імпульси повертаються від внутрішніх неоднорідностей та кінцевої поверхні кабелю у зворотному напрямку і затримуються у часі, що дорівнює подвійному пробігу імпульсу. Якщо по горизонтальній осі відкласти час (починаючи з $t = 0$) для опорного імпульсу), а по вертикальній – усереднені амплітуди відбитих імпульсів для кожного значення часу, отримується так звана рефлектограма. На ній локальні неоднорідності, які спричиняють різкі зміни загасання чи коефіцієнта зворотного розсіювання, відображаються у вигляді сходинок або окремих імпульсів.

Основною перевагою рефлектометричного методу є те, що для проведення вимірювань достатньо мати доступ лише до одного кінця оптичного кабелю. Крім того, за допомогою рефлектометра можна визначити відстань до локальних неоднорідностей, загальну довжину мережевого тракту та розподіл неоднорідностей вздовж волокна. Сучасні рефлектометри випускаються провідними світовими виробниками, такими як ANDO (Японія), Hewlett-Packard, WAVETEK, WANDEL & GOLTERMANN тощо.

Таким чином, вибір методу вимірювання залежить від конкретних умов встановлення мережі та вимог до точності та оперативності контролю якості оптичних трактів. Дані вимірювань є критично важливими для прийомоздавальних випробувань і подальшої експлуатації мережі оптичного зв'язку, забезпечуючи високий рівень якості передачі сигналу.

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		57

2 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Метою даних розрахунків є обчислення вартості виконання науково-дослідної розробки «Модернізація проєкту муніципальної мережі на базі технології оптичного зв'язку». Основна мета даного дипломного проєкту є визначення доцільності впровадження цифрової системи передачі по волоконно-оптичній лінії зв'язку для заданого географічного напрямку, вибір системи передачі і марки оптичного кабелю. Для впровадження проєкту необхідно встановити обладнання синхронної цифрової ієрархії і прокласти волоконно-оптичну лінію зв'язку між пунктами Одеської області. Оцінка якості розробленого проєкту включає визначення трудомісткості і вартості його створення. Розрахунок трудомісткості науково-дослідницької роботи (НДР) здійснений в наступній послідовності:

1) Складений перелік всіх етапів і видів робіт, які необхідно виконати в ході даної НДР. Після узгодження з керівником проєкту допущено виключення, доповнення, об'єднання окремих етапів і видів робіт;

2) По кожному виду робіт визначений кваліфікаційний рівень виконавців.

Даний вид проєкту відноситься до науково-дослідницької розробки. Оцінка якості розробленого проєкту включає визначення трудомісткості і вартості його створення. Перелік етапів і робіт при проведенні НДР, приведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Розподіл робіт по етапах і видах виконавців

Етап проведення НДР	Склад робіт	Посада виконавця
Розробка технічного завдання (ТЗ)	1.Складання і затвердження ТЗ для НДР по розробці «Модернізація проєкту муніципальної мережі на базі технології оптичного зв'язку»	Дипломник, керівник
Вибір напрямку дослідження	1. Пошук джерел. Аналіз інформації: Систематизація даних. 2. Формулювання можливих напрямів вирішення завдань, поставлених в технічному завданні НДР і їх порівняння. 3. Розробка плану проведення досліджень для подальшої розробки.	Дипломник керівник

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ

Арк

58

Теоретичні і експериментальні дослідження	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналіз місцевості для впровадження технології оптичного зв'язку. 2. Розрахунок пропускної спроможності системи оптичного зв'язку. 3. Схема організації зв'язку між населеними пунктами. 4. Побудова оптичної системи передачі та аналіз її характеристик. 5. Вибір оптичного кабелю для модернізованої мережі. 6. Визначення ширини смуги частот модернізованої мережі. 7. Розрахунок проектної довжини регенераційної ділянки та довжини оптичного лінійного тракту. 8. Визначення втрат в оптичному тракті мережі. 9. Розрахунок характеристик потужності лінії зв'язку. 10. Визначення швидкодії лінії оптичного зв'язку. 11. Розрахунок надійності мережі оптичного зв'язку. 12. Модернізація мережі оптичного зв'язку. 	Дипломник керівник консультанти
Узагальнення і оцінка результатів досліджень	<ol style="list-style-type: none"> 1. Узагальнення результатів попередніх етапів. 2. Оцінка повноти вирішення завдань. 3. Складання і оформлення звіту. Розгляд результатів проведеною НДР і прийняття результатів в цілому. 	Дипломник керівник консультанти

Таблиця 2.2. Очікувана трудомісткість робіт

Склад роботи	Очікуваний час виконання (дні)
1. Складання і затвердження ТЗ для НДР по розробці «Модернізація проекту муніципальної мережі на базі технології оптичного зв'язку»	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. Розробка плану проведення досліджень для подальшої розробки.	1
5. Аналіз місцевості для впровадження технології оптичного зв'язку	2
6. Розрахунок пропускної спроможності системи оптичного зв'язку	2
7. Схема організації зв'язку між населеними пунктами	2
8. Побудова оптичної системи передачі та аналіз її характеристик	1
9. Вибір оптичного кабелю для модернізованої мережі	1
10. Визначення ширини смуги частот модернізованої мережі	1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ

11. Розрахунок проектної довжини регенераційної ділянки та довжини оптичного лінійного тракту.	2
12. Визначення сумарних втрат в оптичному тракті мережі	2
13. Розрахунок характеристик потужності лінії зв'язку	2
14. Визначення швидкодії лінії оптичного зв'язку	1
15. Розрахунок надійності мережі оптичного зв'язку	1
16. Модернізація мережі оптичного зв'язку	2
17. Узагальнення і оцінка результатів досліджень	2
Всього:	26

Враховуючи, що науково-технічна продукція значною мірою є результатом інтелектуальної праці, розрахунок її собівартості та ціни виконання науково-дослідної роботи (НДР) включає такі основні статті витрат: витрати на матеріали, основна і додаткова заробітна плата, відрахування до єдиного соціального фонду страхування, витрати на роботи сторонніх організацій, інші витрати

1. Витрати на матеріали – 350 грн.
2. Основна заробітна плата.

Таблиця 2.3. Витрати на основну заробітну плату

Виконавець	Погодинна тарифна ставка, грн.	Денна ставка, грн.	Трудомісткість робочих днів	Сума основної зарплати, грн.
Дипломник	48,00	364	26	8528,00
Керівник	70,50	644	1	564,00
Консультант по економічній частині	70,50	564	0,25	141,00
Консультант по охороні праці	70,50	564	0,25	141,00
Нормоконтроль	70,50	564	0,25	141,00
Всього (Зо)				9495,00

Прямі виплати фахівцям, які безпосередньо залучені до виконання НДР. Основна заробітна плата визначається на основі трьох ключових показників: кількості виконавців, трудомісткості їхніх завдань та середньої заробітної плати за робочий день. При цьому, Закон України «Про Державний бюджет України на 2025 рік» (стаття 8) встановлює мінімальну місячну зарплату в розмірі 8000 грн

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		60

та мінімальну погодинну ставку в 48 грн з 1 січня 2025 року. Середня зарплата за один робочий день для кожного виконавця визначена по формулі:

$$Зден = п.т.с. * 8 \quad (2.1)$$

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

8 – тривалість робочого дня, год.

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

Прямі виплати фахівцям, які безпосередньо залучені до виконання НДР. Основна заробітна плата визначається на основі трьох ключових показників: кількості виконавців, трудомісткості їхніх завдань та середньої заробітної плати за робочий день. При цьому, Закон України «Про Державний бюджет України на 2025 рік» (стаття 8) встановлює мінімальну місячну зарплату в розмірі 8000 грн та мінімальну погодинну ставку в 48 грн з 1 січня 2025 року. Середня зарплата за один робочий день для кожного виконавця визначена по формулі:

$$Зден = п.т.с. * 8 \quad (2.1)$$

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

8 – тривалість робочого дня, год.

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

3. Додаткова заробітна плата: Виплати, пов'язані з оплатою відпусток, лікарняних, премій тощо. У наукових закладах додаткова заробітна плата складає 10-12% від основної заробітної плати.

$$Зд = 0,12 * Зо = 0,12 * 9495,00 = 1133,4 \text{ грн.} \quad (2.2)$$

4. Відрахування до Єдиного соціального фонду страхування: Обов'язкові платежі, що нараховуються на фонд заробітної плати відповідно до чинного законодавства.

$$Зссв = 0,22 * (Зо + Zd) = 0,22 * (9495,00 + 1133,4) = 2338,25 \text{ грн.} \quad (2.3)$$

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		61

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

$$P_{\text{накл}} = (30+3d) * 0,5 = (9495,00 + 1133,4) * 0,5 = 5222,25 \text{ грн.} \quad (2.4)$$

Ці складові формують повну картину фінансових витрат, пов'язаних зі створенням нової науково-технічної продукції. 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

Статті витрат	Сума, грн.
1. Матеріали	350,00
2. Основна заробітна плата	9495,00
3. Додаткова заробітна плата	1133,40
4. Відрахування до єдиного соціального внеску	2338,25
5. Накладні витрати	5314,20
Планова собівартість (Спл)	18630,85

Плановий прибуток визначений по формулі:

$$Ппл = 0,1 * Спл = 0,1 * 18630,85 = 1863,09 \text{ грн.} \quad (2.5)$$

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

Договірна ціна визначається по формулі:

$$Ц_{\text{ндр}} = Спл + Ппл = 18630,85 + 1863,09 = 20493,94 \text{ грн.} \quad (2.6)$$

Ціну реалізації встановлюємо з урахуванням ПДВ:

$$Цр = Ц_{\text{ндр}} + ПДВ = 20493,94 + 20493,94 * 0,2 = 24592,72 \text{ грн.} \quad (2.7)$$

3 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ І ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Науково-технічний прогрес суттєво вплинув на умови праці програмістів, зробивши їхню діяльність більш інтенсивною та напруженою, що вимагає значних витрат розумових, емоційних і фізичних ресурсів. Це зумовило необхідність комплексного підходу до питань ергономіки, гігієни, організації робочого процесу, а також впровадження чітких регламентів щодо режимів праці та відпочинку.

Сьогодні комп'ютерні технології активно використовуються у всіх сферах людської діяльності. Однак робота програміста передбачає вплив низки потенційно небезпечних факторів, таких як електромагнітне поле, інфрачервоне та іонізуюче випромінювання, шум, вібрація, статична електрика.

Важливість розробки та впровадження ефективних заходів безпеки у разі надзвичайних ситуацій не можна недооцінювати, адже від цього залежить здоров'я і життя персоналу та відвідувачів, а також мінімізація можливих збитків.

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників, що впливають на програміста

На багатьох офісних підприємствах програмісти та інші фахівці, що працюють із комп'ютерними системами, стикаються з несприятливими умовами праці. Шкідливі та небезпечні виробничі фактори тісно взаємопов'язані та можуть значно впливати на самопочуття і продуктивність працівників.

Усі шкідливі фактори умовно поділяються на такі групи:

- Фізичні—охоплюють різноманітні зовнішні умови, що впливають на організм.
- Психофізіологічні—напружений робочий ритм, високі навантаження та стрес.
- Деякі фактори є немінучими у робочому середовищі. Серед найбільш значущих:
- Температурний режим, підвищена вологість та різні види випромінювання.

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		63

- Електромагнітні поля.
- Шумове навантаження.

Освітлення — надмірна яскравість чи недостатня освітленість, що негативно впливає на зір.

Окремо ці фактори можуть не становити серйозної загрози, але їх поєднання та тривалий вплив можуть призводити до відчутних наслідків для здоров'я працівників.

3.2 Розробка заходів з охорони праці

Охорона праці на виробництві—важливий аспект, що впливає на ефективність і безпеку діяльності підприємства. Для забезпечення комфортних умов роботи необхідно розробити заходи, спрямовані на мінімізацію ризиків. Вони визначаються відповідно до загальних завдань компанії та специфіки робочого процесу.

Одним із ключових напрямків є ергономічне проектування робочих місць із відеотерміналами.

Важливо, щоб робочий простір відповідав антропометричним, фізичним і психологічним вимогам працівників. Відповідність цим критеріям сприяє зниженню втоми, підвищенню продуктивності та зменшенню негативного впливу робочого середовища.

При організації робочого місця програміста слід враховувати такі основні вимоги:

Оптимальне розташування обладнання, що забезпечує зручність у роботі.

Достатній робочий простір, який дає можливість комфортно виконувати всі необхідні дії.

Врахування характеру роботи, зокрема необхідність тривалого перебування за комп'ютером.

Створення сприятливого робочого середовища сприяє покращенню здоров'я працівників та підвищенню їхньої продуктивності.

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		64

3.2.1 Виробниче освітлення

Робота з обчислювальною технікою створює певні виробничі фактори, що можуть впливати на комфорт та ефективність працівника. Серед них:

Ймовірність виникнення прямої блискості, що може спричиняти дискомфорт і підвищене навантаження на очі.

Погіршення контрастності між зображенням і фоном, що ускладнює сприйняття інформації.

Розмитість зображення на екрані, що впливає на якість роботи та візуальну зручність.

Через недостатню інтенсивність природного освітлення необхідне використання штучного світла. У дипломному проєкті запропоновано встановити два світильники типу ЛДР (2×40 Вт), загальний світловий потік яких становить 5700 лм. Таке розташування освітлення покликане забезпечити оптимальні умови роботи та зменшити вплив шкідливих факторів рис.6.1.

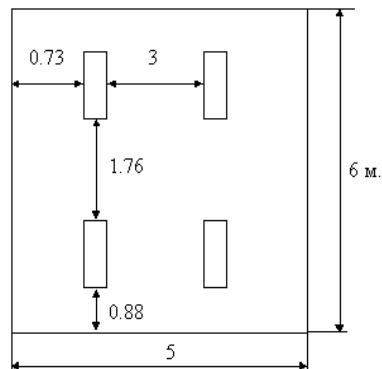


Рисунок 3.1 Схема розташування світильників

3.2.2 Шум, вібрація

На підприємствах, де в офісах стоять комп'ютери та інше обладнання, без шуму, як правило, не обходиться. Постійно працює техніка видає гучні звуки, які можуть змінювати свою інтенсивність від стану навантаження системи. Якщо людина змушена регулярно зазнавати такого впливу, то це негативно позначиться на його здоров'ї. Від сильного шуму починає боліти голова, підвищується тиск, знижується гострота слуху. Зменшення негативного впливу шуму на працівника для цього рекомендують використовувати:

- виробляти звукоізоляцію галасливих місць з допомогою використання захисних кожухів, обладнання кабінки;
- оздоблення приміщень звукопоглинаючими матеріалами;
- облицювання стелі та стін звукопоглинальним матеріалом (знижує шум на 6-8 дБ);
- екранування робочого місця (постановкою перегородок, діафрагм);
- установка в комп'ютерних приміщеннях обладнання, що виробляє мінімальний шум.

3.2.3 Організація робочого місця програміста

При організації робочого місця програміста повинно бути дотримані наступні основні умови: оптимальне розміщення устаткування, що до складу робочого місця і достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення (рис. 3.2).

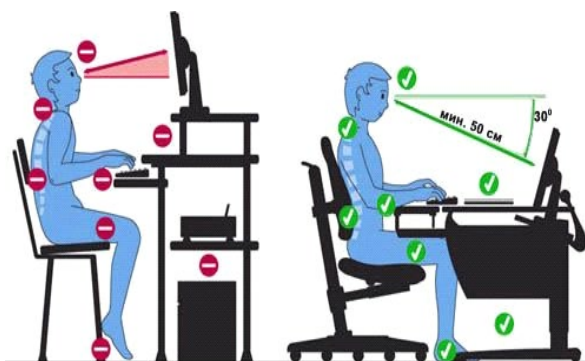


Рисунок 3.2. Організація робочого місця програміста

Робота програміста передбачає тривале перебування в сидячому положенні, що може негативно впливати на опорно-руховий апарат через недостатню рухливість. Особливу роль у цьому процесі відіграє плечовий пояс, адже будь-яке переміщення рук впливає не тільки на м'язи спини, а й на положення хребта, тазу та навіть ніг. Щоб уникнути негативних наслідків, важливо дотримуватися режиму праці та відпочинку, регулярно змінювати положення тіла та виконувати фізичні вправи, які активізують групи м'язів.

Щодо робочого місця, для комфортної роботи програміста необхідно, щоб

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		66

його площа становила не менше 6 м², висота приміщення 4 м, а обсяг—20 м³ на одну людину. Однак аналіз реальних робочих місць показав, що ці параметри часто не відповідають стандартам, що може негативно позначатися на продуктивності та здоров'ї працівника.

Відстань між очима та екраном: 40-80 см, що забезпечує оптимальну видимість без надмірного навантаження на очі.

3.3 Пожежна безпека

Виробничі приміщення, технологічні установки та будівлі повинні бути обладнані першоджерельними засобами пожежогасіння, до яких належать:

- вогнегасники,
- контейнери з піском,
- негорючі покривала з теплоізоляційного матеріалу,
- високоміцні тканинні вироби тощо.

Ці засоби повинні відповідати нормативним вимогам, затвердженим документами з технологічного проектування та Правилами пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.О1.001-2014). Вогнегасники слід встановлювати в легкодоступних, добре помітних місцях (наприклад, в коридорах, біля входів та виходів або у зонах підвищеного ризику виникнення пожежі), захищаючи їх від прямого сонячного випромінювання та впливу опалювальних приладів. Розміщення вогнегасників має забезпечувати їхнє повне відкриття, причому вони встановлюються не вище 1,5 м від підлоги та на безпечній відстані від дверей.



Рисунок 3.3. Засоби пожежогасіння

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		67

ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень, розрахунків і аналізу, модернізація проекту муніципальної мережі на базі технологій оптичного зв'язку довела свою доцільність як з технічної, так і з економічної точки зору. Розроблена комплексна методологія розрахунку технічних та експлуатаційних параметрів мережі дозволяє забезпечити високошвидкісний, стабільний та надійний зв'язок між містами Одеса та Балта, а також гарантує можливість подальшої модернізації системи. Проведені обчислення підтвердили, що енергетичний запас оптичного тракту перевищує нормативні показники, що дозволяє компенсувати втрати в з'єднаннях і на кабельних ділянках, а коефіцієнт готовності, який наближається до 0,99967, свідчить про високий рівень експлуатаційної надійності мережі. Аналіз допустимих інерційних затримок показав, що реальна швидкодія системи значно перевищує встановлені нормативні межі, а запас по швидкодії становить близько 0,33 нс, що гарантує неспотворену передачу сигналу навіть при високошвидкісній роботі мережі. Крім того, застосування сучасних методів вимірювання втрат, таких як безобривне тестування та рефлектометричний метод, дозволило точно контролювати загасання сигналу в оптичних сегментах, своєчасно виявляючи можливі дефекти та неоднорідності.

Технологічні процеси підготовки оптичного волокна до зрощення і зварювання, з використанням автоматизованих пристроїв, забезпечують високоточне з'єднання волокон з допусками до 0,1 мкм, що є критичним для досягнення оптимальної якості передачі даних. Інтеграція нових рішень у наявну інфраструктуру за рахунок використання існуючих будівель АТС, опор ЛЕП та кабельної каналізації значно знижує капітальні витрати, роблячи проект економічно ефективним. Таким чином, розрахункові показники (пропускна здатність, енергетичний запас, швидкодія та надійність) підтверджують, що спроектована мережа відповідає сучасним вимогам до якості цифрової передачі даних, забезпечує надійний зв'язок між містами та населеними пунктами, і є перспективним рішенням для подальшої модернізації муніципальної мережі зв'язку.

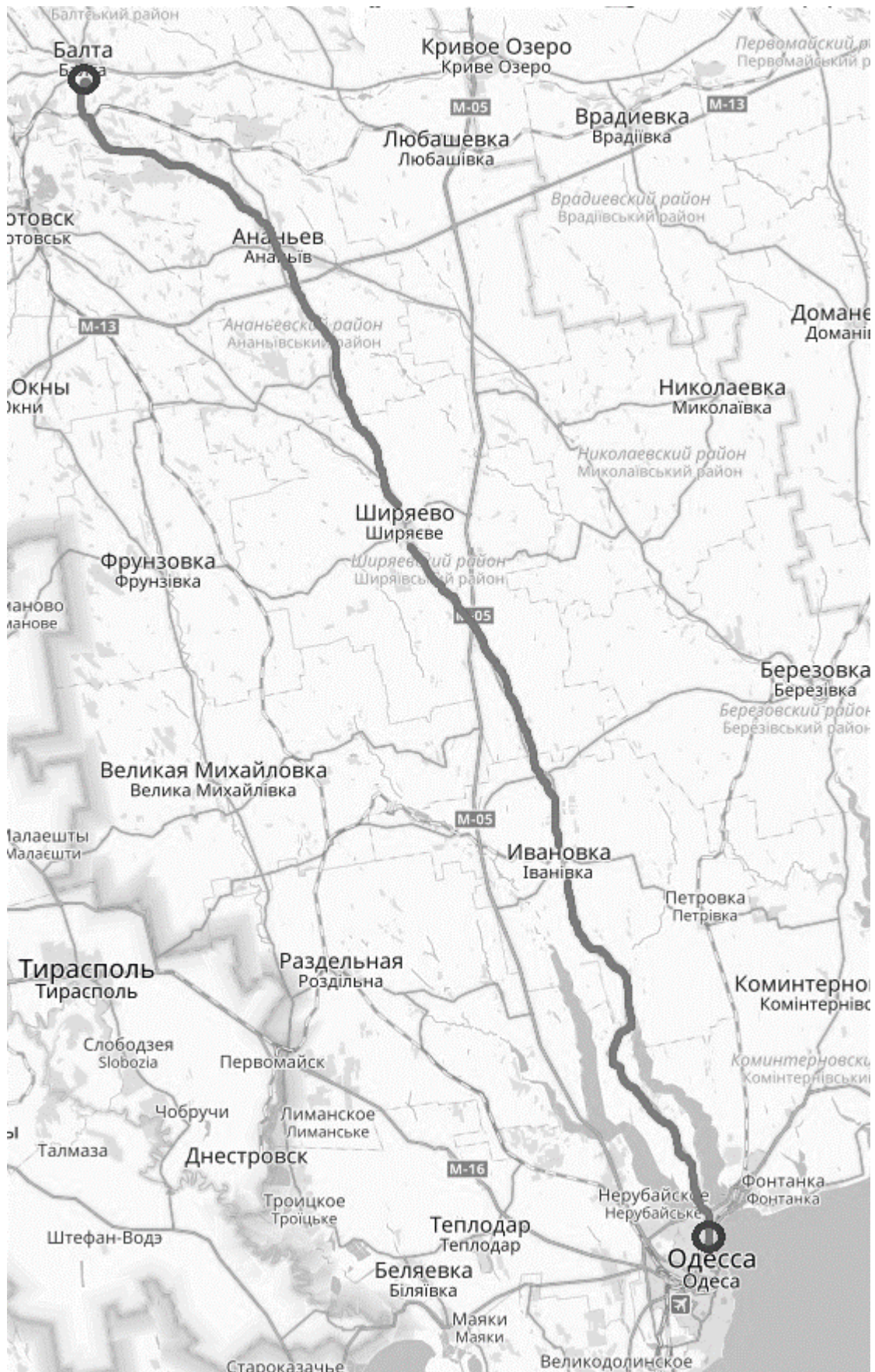
					<i>КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		68

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бочкарев С. І. Основи оптичного зв'язку. – Київ: ТОВ «Фотон», 2017. – 256 с.
2. Задорожна Н. В. Модернізація телекомунікаційних мереж: сучасні технології. – Львів: Видавництво «Світ знань», 2019. – 320 с.
3. Коваленко В. П. Теорія оптимізації експлуатації волоконно-оптичних мереж. – Одеса: Одеський технічний університет, 2018. – 244 с.
4. Левченко А. М. Волоконно-оптичні системи зв'язку: технологія та перспективи розвитку. – Харків: ХНУ «Професійна школа», 2020. – 332 с.
5. Микитюк С. Л. Інженерія волоконно-оптичних мереж. – Київ: Наукова думка, 2016. – 280 с.
6. Новак О. Ю. Надійність та безпека цифрових мереж. – Дніпро: Прес-центр «Інновації», 2018. – 210 с.
7. Петрова Л. О. Сучасні методи вимірювання втрат в оптичних волокнах. – Львів: Видавничий дім «Літопис», 2019. – 144 с.
8. Сидоренко М. В. Діагностика оптичних мереж: рефлектометрія та інші методи. – Київ: Техніка, 2021. – 256 с.
9. Федоренко Р. Г. Оптичні кабелі і системи: проектування, монтаж і експлуатація. – Івано-Франківськ: Видавництво «Фенікс», 2017. – 300 с.
10. Чорна Т. І. Системи високошвидкісного зв'язку: теорія та практика. – Одеса: Чорноморське видавництво, 2020. – 350 с.
11. Шевченко І. П. Основи цифрової телекомунікації. – Харків: Університетська преса, 2018. – 220 с.
12. Хоменко В. А. Моделювання ефективності оптичних мереж. – Київ: Інститут телекомунікацій, 2021. – 190 с.
13. Яценко О. М. Інноваційні підходи до модернізації міських мереж зв'язку. – Львів: Інститут зв'язку, 2022. – 180 с.
14. Huawei. Офіційний сайт Huawei. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://e.huawei.com/ua/> (Дата доступу: 23.05.2025).
15. Fujikura. Офіційний сайт компанії Fujikura. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.fujikura.com/> (Дата доступу: 25.05.2025).

					КС 58. 10 000. 00 ДП ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		69

ДОДАТОК А. Загальний план прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку між м.Одесою та м.Балтою. Масштаб 1:40000



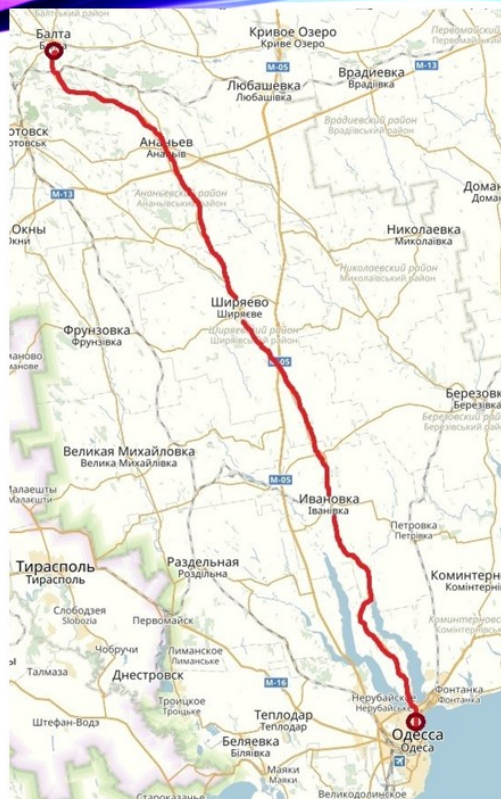
ДОДАТОК Б. Технічні характеристики зварювального апарату Fujikura (Фуджікура) FSM-11S SpliceMate

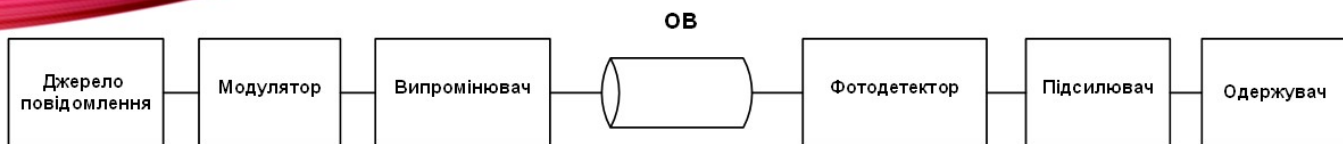
Типи зварюваних волокон	Одиночні кварцові оптичні волокна: одномодові (SM ITU-T G.652), багатомодові (MM ITU-T G.651), одномодові зі зміщеною дисперсією (DS ITU-T G.653), одномодові зі зміщеною ненульовою дисперсією (NZDS ITU-T G.655)
Діаметр оболонки волокна	125 мкм
Діаметр захисного покриття	250 або 900 мкм
Довжина зачистки волокна	10 мм
Допустимий ексцентриситет світловедучої жили волокна	1 мкм
Середні втрати на зварному з'єднанні	0,02 дБ для SM, 0,02 дБ для MM, 0,05 дБ для DS, 0,02 дБ для NZD
Типовий час зварювання	15 секунд для стандартного SM волокна
Коефіцієнт відбиття від зварного з'єднання	Не більше -60 дБ
Програми зварювання	40 налаштованих користувачем програм зварювання і до 60 попередньо встановлених заводських програм зварювання
Оцінка втрат на зварному з'єднанні	€
Збереження результатів зварювання	Внутрішня пам'ять дозволяє зберігати до 2000 результатів зварювання
Калібрування дуги	Автоматична в реальному часі в процесі зварювання (в режимі AUTO). Функція автокалібрування (для інших режимів)
Перегляд місця зварювання	Осі X і Y по черзі за допомогою двох телекамер на 3.5" кольоровому РК дисплеї
Збільшення місця зварювання	У 130 разів
Перевірка механічної міцності місця зварювання	Розтяжне зусилля 200 г
Термоусадка КДЗС	Вбудований нагрівач. 10 налаштованих користувачем режимів нагріву і до 20 встановлених заводських режимів нагріву
Час термоусаджування	Близько 40 сек. для КДЗС-40 виробництва Fujikura
Типи вживаних КДЗС	Стандартні довжиною 60 мм або 40 мм, а також зменшеного розміру
Тривалість автономної роботи при живленні від акумуляторної батареї	Близько 30 зварювань з термоусадкою від повністю зарядженої батареї BTR-07 (при температурі 25 ° C і включеному режимі збереження енергії)
Електроживлення	Від мережі 100-240 В змінного струму або 10-15 В постійного струму, а також від акумуляторної батареї BTR-07
Інтерфейси	USB 1.1
Захист від вітру	Максимально допустима швидкість вітру 15 м/с
Умови експлуатації	Температура: від -10 ° C до +50 ° C Відносна вологість: від 0 до 95% (без конденсації). За тиском відповідає зміні висоти від 0 до 3660 м. над рівнем моря
Умови зберігання	Температура: від -40 ° C до + 80 ° C, відносна вологість до 95% (без конденсації)
Розміри	110 мм x 80 мм x 100 мм (ширина, довжина, висота)
Маса	640 г (без акумуляторної батареї) 810 г (з акумуляторною батареєю)

*Модернізація проекту муніципальної мережі
на базі технологій оптичного зв'язку*

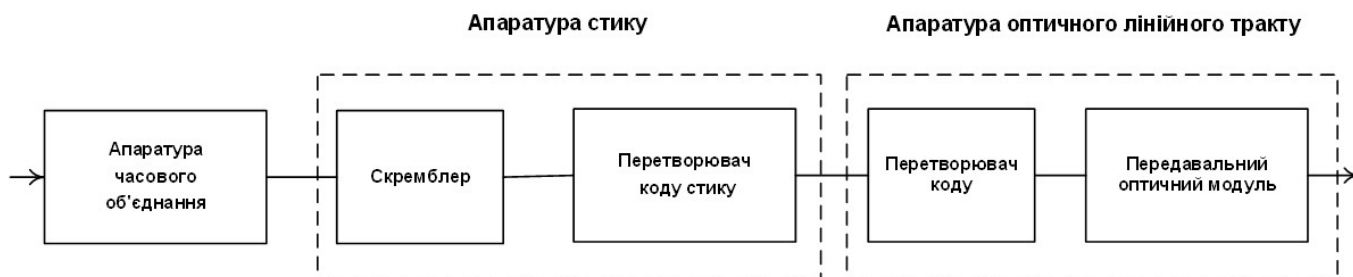
Квачук Дмитро, гр.4КС-58

Загальний план прокладання
волоконно-оптичної лінії зв'язку
між м.Одесою та м.Балтою.
Масштаб 1:40000





Принцип передачі інформації у оптоволоконній лінії зв'язку



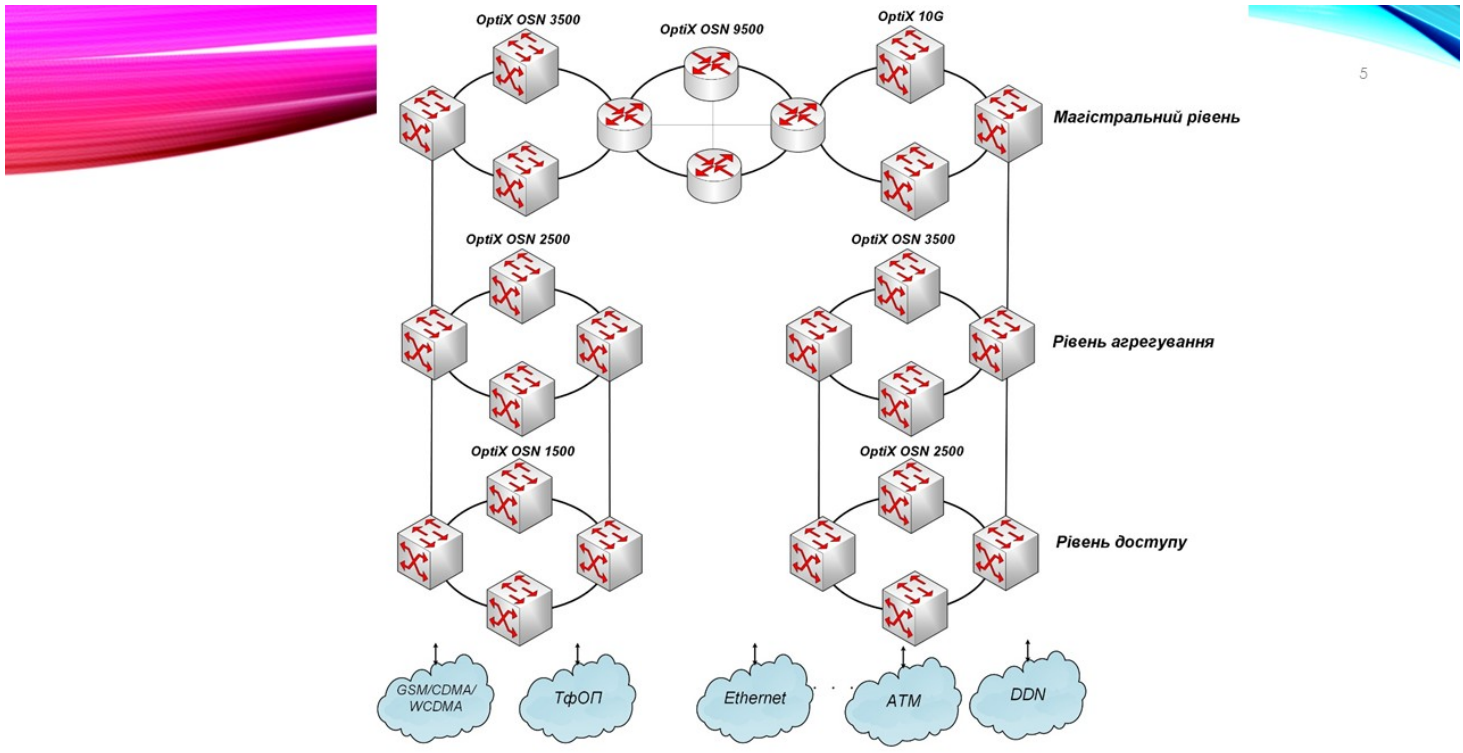
Структурна схема волоконно-оптичної системи передачі



Мультиплексор HUAWEI OptiX OSN 1500B



Ethernet-плата 8-Port 10M/100M OptiX OSN 1500



Інтелектуальна оптична система передачі STM-16/STM-4/STM-1

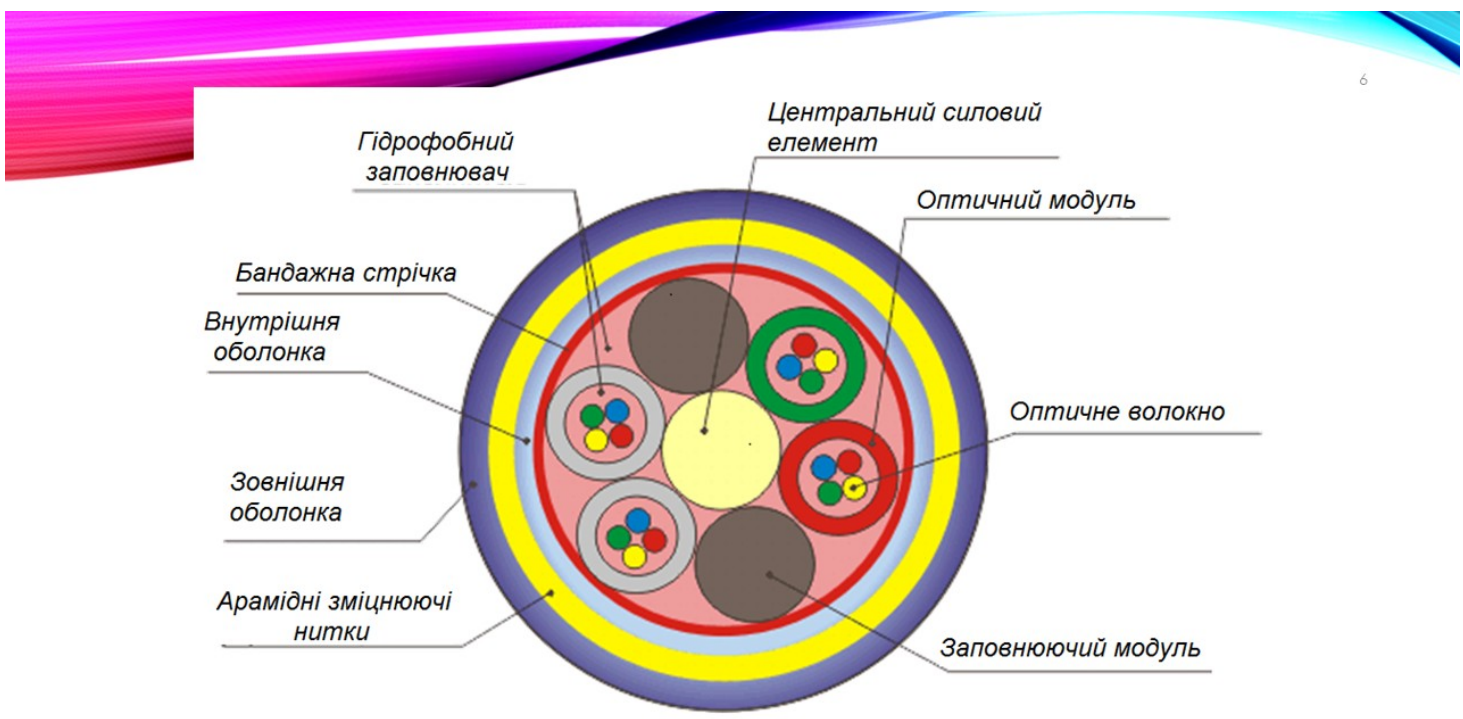
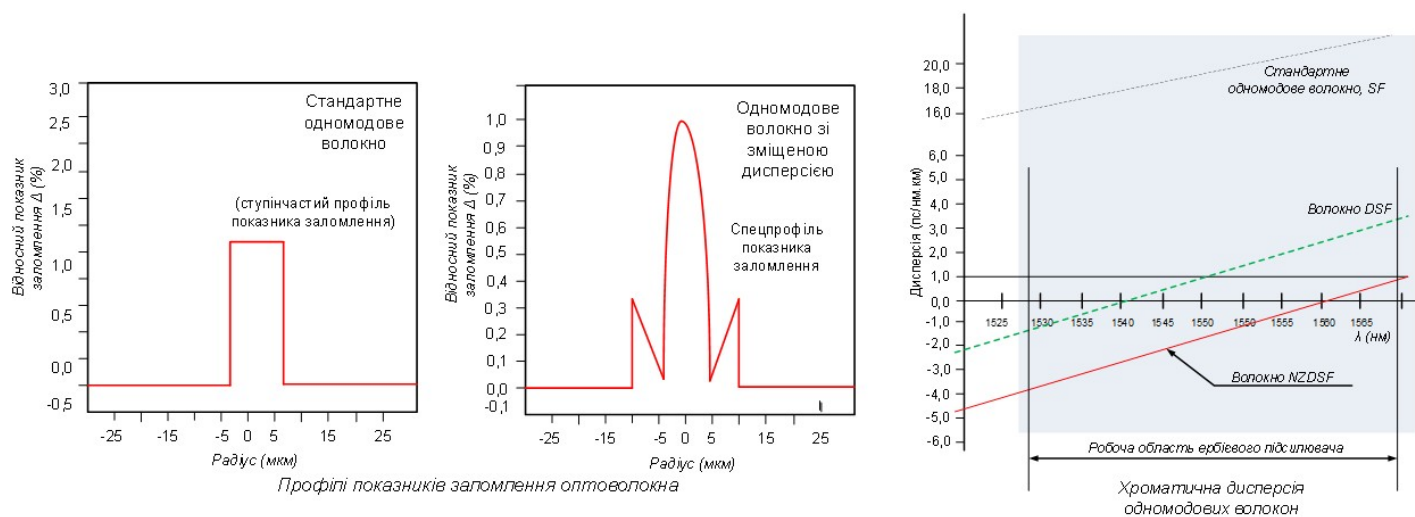


Схема кабелю NZDSF марки FutureGuide виробництва фірми Fujikura

Характеристики оптоволокна



Параметр	Значення
Довжина хвилі	1550нм
Ширина спектра випромінювання	1 нм
Тип лазерного діода	DFB
Робоча швидкість	до 2,5 Гб/с
Потужність випромінювання на виході	5 дБм
Напруга живлення	1,1 / 1,5В
Тип оптичного роз'єму	FC, ST, SC, LC
Тип оптичного волокна	DSF/NZDSF

Лазерні діоди ML920J11S01 фірми Mitsubishi



CT-30 Cleaver



CT-30A Cleaver

Сколювач оптичних волокон Fujikura CT-30



Зварювальний апарат Fujikura FSM-11 S



Загальний вигляд панелі розподільної Fiber Cross ПР16



Введення оптичного кабелю

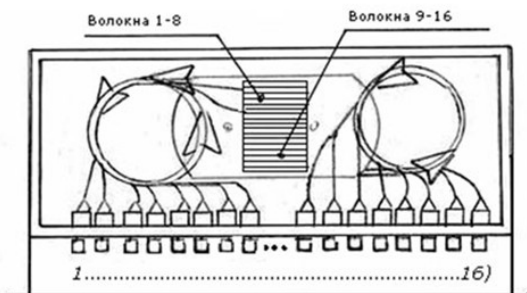
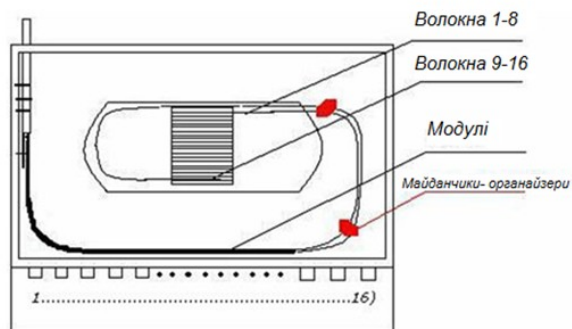


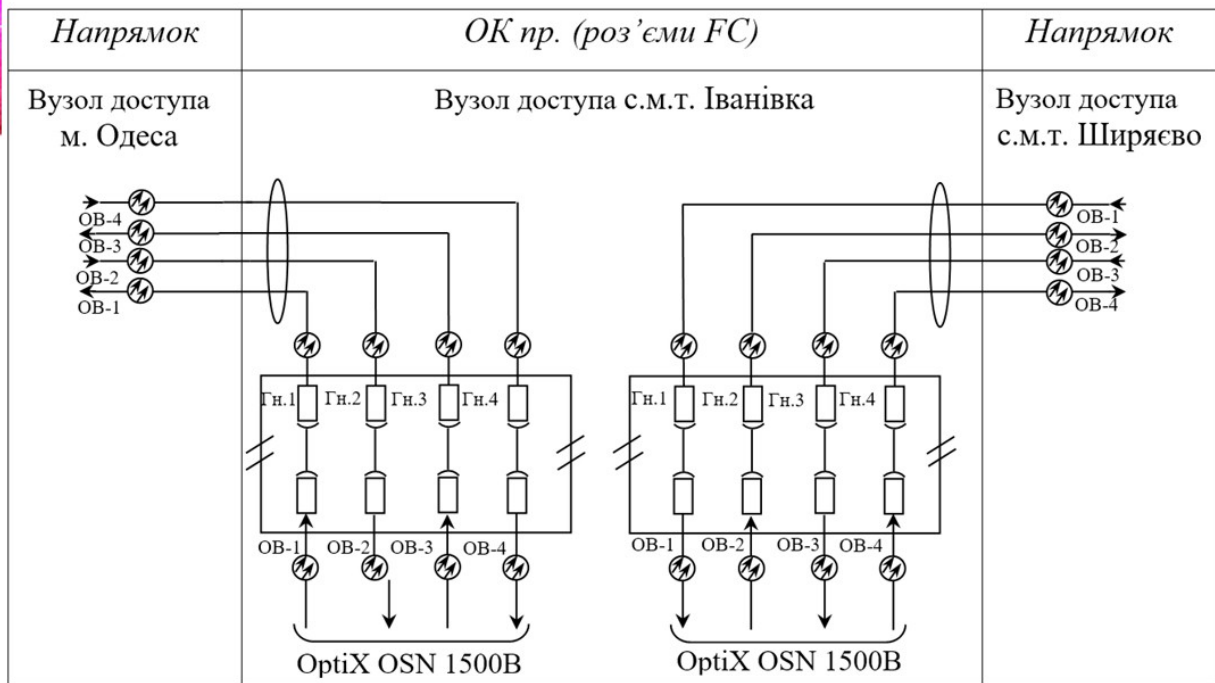
Схема укладання піттейлів



Введення модулів кабелю



Рефлектометр YOKOGAWA 7280 OTDR



Модернізована схема організації перемичок на оптичному кросі вузла доступу с.м.т. Іванівка

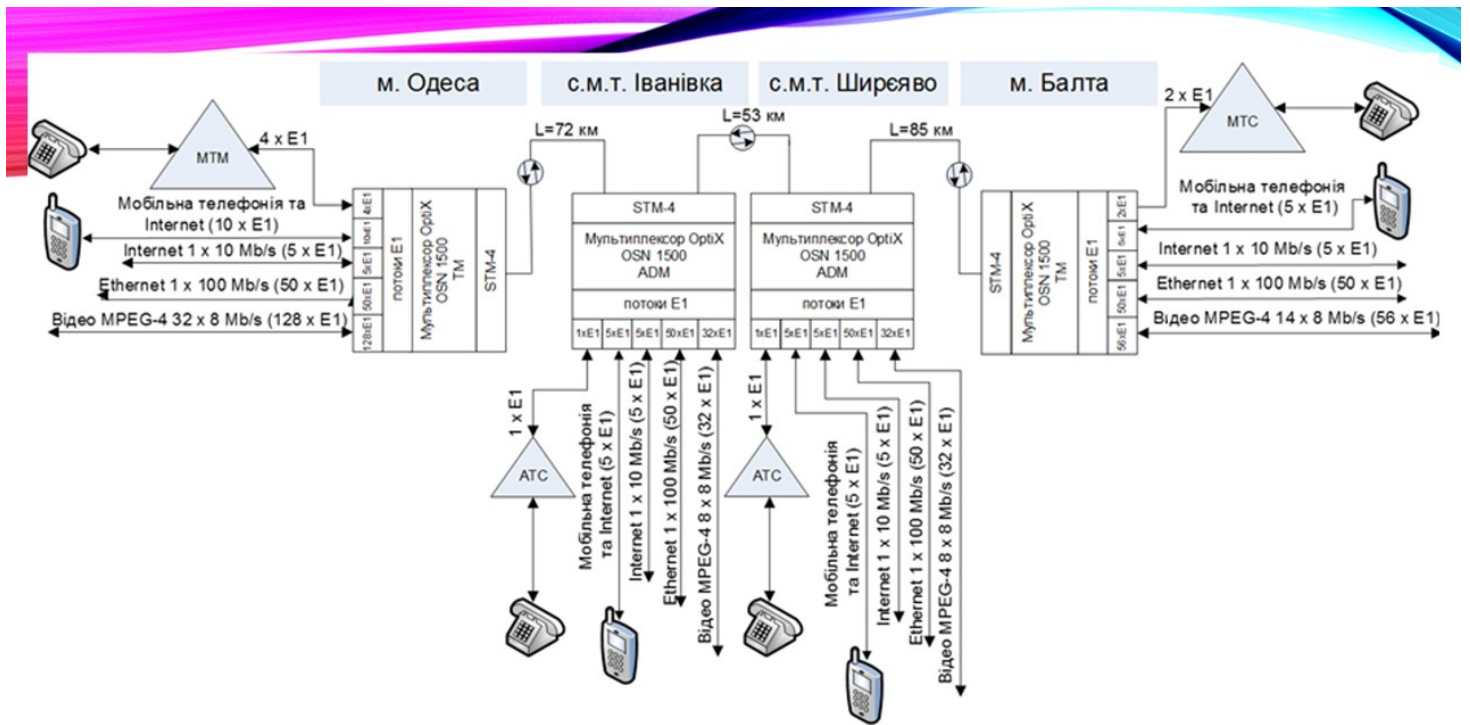


Схема модернізованої муніципальної мережі



Схема розташування кінцевих і транзитних пунктів зв'язку

Таблиця результатів розрахунку параметрів системи оптичного зв'язку, що впливають на її пропускну здатність

Показник	Значення	Одиниці вимірювання	Примітки
Швидкість передачі (V')	$622,08 \times 10^6$	біт/с	Пропускна здатність базового каналу відповідно до стандартів SDH
Рівень передачі потужності ($P_{\text{пер}}$)	2	дБм	Визначено із застосуванням лінійного коду NRZ
Повний запас потужності (P)	43,6	дБ	Розраховано за формулою: $P = P_{\text{пер}} - \alpha_{\text{вх}} - \alpha_{\text{вих}} - P_{\text{пр,мін}}$
Енергетичний запас (\mathcal{E}_z)	39,52	дБ	Обчислено як різниця між повним запасом та сумарними втратами регенераційної ділянки
Ймовірність помилки ($p_{\text{пом.}}$)	2×10^{-9}	—	Розраховано для довжини регенераційної ділянки
Допустима швидкодія ($t_{\text{доп}}$)	1,1	нс	Обчислено за формулою: $t_{\text{доп}} = \beta / V'$ із $\beta = 0,7$
Загальна очікувана швидкодія ($t_{\text{оч}}$)	0,77	нс	Враховано внесок швидкодії передавального та приймального обладнання і дисперсію
Запас по швидкодії (Δt)	0,33	нс	Різниця: $\Delta t = t_{\text{доп}} - t_{\text{оч}}$

РЕЦЕНЗІЯ

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

Квачука Дмитра Дмитровича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Керівник дипломного проекту (роботи) Шувалова Ірина Олегівна

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Модернізація проекту муніципальної мережі на базі технологій оптичного зв'язку

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 79 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 15 аркушів (слайдів)

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту завданню

Представлений дипломний проект відповідає затвердженій темі та виконаний відповідно технічному завданню. Дипломний проект присвячений модернізації проекту муніципальної мережі на базі технологій оптичного зв'язку і складається з пояснювальної записки та мультимедійної презентації з відповідними схемами.

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту

Пояснювальна записка складається з основного розділу (Аналіз місцевості; Розрахунок пропускної спроможності; Схема організації зв'язку; Побудова оптичної системи передачі та аналіз її характеристик; Вибір оптичного кабелю; Визначення сумарних втрат в оптичному тракті; Визначення швидкодії лінії оптичного зв'язку; Розрахунок надійності мережі), економічного розділу, розділу охорони праці та додатків. Перелічені розділи поетапно охоплюють розробку, виконані докладно та обґрунтовано.

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

Графічна частина складається з 15 слайдів мультимедійної презентації, виконаної у програмному продукті MS PowerPoint, які містять структурні, та функціональні схеми, таблиці та діаграми, передбачені технічним завданням. Пояснювальна записка виконана акуратно та у відповідності до норм. Якість виконання пояснювальної записки відмінна, розробку виконано у повному обсязі.

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту
Є розрахунок собівартості модернізації з усіма статтями витрат, та гігієнічні й пожежні заходи для монтажників і операторів лінії. Послідовний ланцюг з «1+1» резервуванням, чіткий поділ на кінцеві та транзитні точки, витримка CFV і нормована кількість E1-каналів.

д) основні недоліки дипломного проекту
Потреба абонентів оцінена через демографію, але без детального аналізу часових піків і сезонних коливань. Не описані методи моніторингу оптичного тракту в реальному часі, наприклад, ODN-моніторинг або інтелектуальні OADM.

Оцінка розрахункової частини	<u>Добре</u>
Оцінка графічної частини	<u>Відмінно</u>
Загальна оцінка	<u>Добре</u>

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента к.т.н. Шibaєва Наталя Олегівна

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



Підпис:

«20» червня 2025 р.

ВІДГУК

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

Квачука Дмитра Дмитровича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Тема дипломного проекту: Модернізація проекту муніципальної мережі на базі технологій оптичного зв'язку

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка містить 79 сторінок. У пояснювальній записці наведено етапи модернізації та розробки проекту муніципальної мережі, волоконно-оптичної системи передачі та розрахунку її параметрів. Графічна частина складається з 15 слайдів мультимедійної презентації, які також містять креслення, передбачені технічним завданням. Якість виконання пояснювальної записки та графічної частини добра, розробку виконано в повному обсязі.

б) самостійність роботи над проектом: Протягом всього строку дипломного проектування та переддипломної практики здобувач освіти Квачук Д.Д. поступово та послідовно виконував всі етапи розробки. Всі роботи здобувач освіти виконував самостійно, з оглядом на рекомендації керівника

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): Здобувач освіти Квачук Д.Д. під час роботи над дипломним проектом вивчив достатню кількість літературних джерел та матеріалів за даною тематикою.

Вважаю, що теоретична підготовка дипломника добра і він готовий до захисту дипломного проекту

г) вміння розв'язувати виробничі та конструкторські питання _____
*Під час дипломного проектування здобувач освіти Квачук Д.Д. мав змогу
самостійно приймати окремі рішення з реалізації принципової електричної
схеми пристрою та показав вміння організовано працювати над
поставленим завданням, скласти програмне забезпечення, схеми та
розрахунки за допомогою сучасних комп'ютерних програмних засобів та
мов програмування, таких як Cisco Packet Tracer*

Оцінка розрахункової частини _____ *Добре*

Оцінка графічної частини _____ *Добре*

Загальна оцінка _____ *Добре*

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту _____

Шувалова Ірина Олегівна

Місце роботи і посада керівника дипломного проекту _____

ВСП "Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ", викладач

спецдисциплін комісії комп'ютерних технологій та програмної інженерії

Підпис _____

«16» червня 2025 р.

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

Ми, що нижче підписалися,

Квачук Д.Д.,
здобувач освіти гр. 4КС-58, та

Шувалова І.О.,
керівник дипломного проекту,

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

«Модернізація проекту муніципальної мережі на базі технологій оптичного зв'язку» (автор роботи – Квачук Д.Д., керівник роботи – Шувалова І.О.)

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.

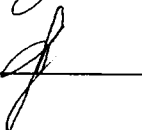
Несемо відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів випускної кваліфікаційної роботи і даємо згоду на обробку персональних даних.

Виконавець

_____ 

/ Квачук Д.Д. /

Керівник

_____ 

/ Шувалова І.О. /

«16» червня 2025 р.

ДОВІДКА

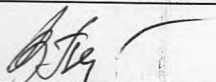
циклової комісії КТ та ПІ
про допуск до захисту дипломного проєкту
здобувача (здобувачки) освіти ІV курсу
відділення комп'ютерних систем групи 4КС-58

Квачука Дмитра Дмитровича

на тему Модернізація проєкту муніципальної мережі
на базі технологій оптичного зв'язку

Висновок відповідальної особи за проведення нормоконтролю:

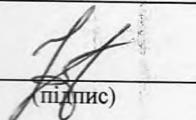
пояснювальна записка до дипломного проєкту виконана з несуттєвими
порушеннями ДСТУ та оформлена відповідно до вимог Положення про
дипломне проєктування


(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 15.06.2025 р. значення коефіцієнту
подібності в роботі становить 10,31%, коефіцієнт цитування – 0,76%.


(підпис)

16.06.2025
(дата)

Краснокутська К.Г.
(П.І.Б.)

Попередня експертиза (малий захист) дипломного проєкту

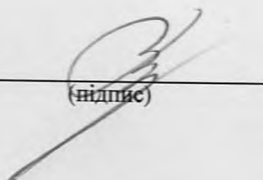
здобувача (здобувачки) освіти

Квачука Д.Д.
(П.І.Б.)

проведена « 16 » червня 2025 р.

Висновки Пояснювальна записка до дипломного проєкту виконана у повному
обсязі. Випускна кваліфікаційна робота (дипломний проєкт) відповідає
вимогам Положення про дипломне проєктування 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

Модернізація проекту муніципальної мережі на базі технологій оптичного зв'язку

Автор

Науковий керівник / Експерт

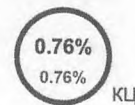
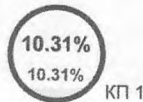
Квачук Дмитро Дмитрович Шувалова Ірина Олегівна

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

15483

Кількість слів

124119

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		200
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		98

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

Колір тексту

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://deps.ua/ua/brands/fusion-splicers-spare-electrodes/fujikura-fsm-11s.html	138 0.89 %
2	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbbc8/download	52 0.34 %
3	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download	47 0.30 %
4	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/76e3c1ec-4240-49ea-88c2-457a2c955630/content	40 0.26 %
5	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8da72e29-656f-4ee4-9b22-716dedf53ff5/content	40 0.26 %

6	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbbc8/download	39 0.25 %
7	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/c1f3e592-1123-419d-b14a-4c28662f0f1e/download	38 0.25 %
8	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/c1f3e592-1123-419d-b14a-4c28662f0f1e/download	36 0.23 %
9	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content	36 0.23 %
10	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/dfa57ac3-98fa-4c22-86e7-0549d1254d89/download	34 0.22 %

з домашньої бази даних (0.16 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	Розробка 3D-гри у жанрі survival-horror з налаштуваннями рівнів складності 6/12/2025 Odesa Technical Professional College of Odesa National University of Technology (Відокремлений структурний підрозділ "Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету")	19 (2) 0.12 %
2	Розробка веб-застосунку інтелектуального пошуку та сумісного перегляду аніме-контенту 6/14/2025 Odesa Technical Professional College of Odesa National University of Technology (Відокремлений структурний підрозділ "Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету")	6 (1) 0.04 %

з програми обміну базами даних (0.16 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	Способы улучшения характеристик современных телекоммуникационных систем передачи при работе в специальных условиях 6/11/2022 International Engineering Technological University (Программная инженерия)	25 (3) 0.16 %

з Інтернету (9.99 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download	189 (10) 1.22 %
2	https://deps.ua/ua/brands/fusion-splacers-spare-electrodes/fujikura-fsm-11s.html	158 (3) 1.02 %
3	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbbc8/download	142 (6) 0.92 %
4	https://revolution.allbest.ru/radio/00548722_2.html	114 (7) 0.74 %
5	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/76e3c1ec-4240-49ea-88c2-457a2c955630/content	108 (5) 0.70 %
6	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/c1f3e592-1123-419d-b14a-4c28662f0f1e/download	74 (2) 0.48 %
7	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content	72 (5) 0.47 %
8	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/f5042058-9544-4ac7-bd33-42bd733c8e6b/content	69 (6) 0.45 %
9	https://faqkrstory.ru/obshhestvo/54397-vrednye-proizvodstvennye-factory-klassifikacija.html	56 (3) 0.36 %
10	http://8ref.com/7/referat_73732.html	43 (4) 0.28 %

