

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Кафедра комп'ютерної інженерії



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**на тему** Дослідження структурних характеристик  
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)  
мереж доступу і автоматизація їх розрахунків

Здобувача Іваненко М.М.  
(прізвище, ініціали)

2 курсу 561 а групи

Керівники: к.т.н., доц. Сахарова С.В.  
(посада, прізвище та ініціали)

ст. викл. Жирнова Т.М.  
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: \_\_\_\_\_  
(посада, прізвище та ініціали)

д.е.н., проф Барсюкіна Н. Й.  
посада, прізвище та ініціали)

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від 30. 11 2023 р., протокол № \_\_\_\_\_

Завідувач кафедри комп. інженерії \_\_\_\_\_ Сергій АРТЕМЕНКО  
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2023 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерної інженерії, програмування та кіберзахисту  
Кафедра комп'ютерної інженерії  
Ступінь вищої освіти магістр  
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Освітня програма Комп'ютерні системи та мережі

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри комп'ютерної інженерії

Сергій АРТЕМЕНКО

« 30 » 11 2022 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

*Іваненка Миколи Михайловича*

1. Тема роботи Дослідження структурних характеристик  
мереж доступу і автоматизація їх розрахунків

Затверджена наказом університету від « 30 » 11 2022 р., наказ № 884-03

2 Термін здачі здобувачем закінченої роботи 25 листопада 2023 р.

3. Вихідні дані роботи

1. Методи визначення структурних характеристик мереж доступу

2. Технології побудови мереж доступу.

3. Методи розрахунку параметрів та характеристик мереж доступу.

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Вступ. 2. Аналіз концепції мультисервісних мереж та мереж доступу.

3. Методика розрахунку структурних характеристик мереж доступу.

4. Реалізація автоматизованої процедури розрахунку структурних характеристик мереж доступу 5. Економічні розрахунки. 6. Охорона праці. 7. Загальні висновки.

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

Інтерактивна презентація (мета, об'єкт, предмет дослідження, постановка задачі;

Вихідні данні для розрахунків, методи розрахунку структурних характеристик мережі;

Результати розрахунків характеристик мережі; Інтерфейси автоматизованої системи

розрахунків структурних характеристик мережі, Висновки.)

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Економіка</i>	<i>д.е.н., проф Барсюкіна Н. Й.</i>		
<i>Охорона праці</i>	<i>к.т.н. Нєнов О.Л.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>к.т.н., доц.. Сахарова С.В.</i>		

7. Дата видачі завдання 30.11.2022

Керівники \_\_\_\_\_

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Дослідження об'єкту.</i>	<i>05.09.2023</i>	
2.	<i>Дослідження технології.</i>	<i>05.10.2023</i>	
3.	<i>Постановка завдання. Визначення вихідних даних.</i>	<i>07.11.2023</i>	
4.	<i>Розрахунок структурних характеристик мережі</i>	<i>07.11.2023</i>	
5.	<i>Розробка автоматизованої процедури розрахунку структурних характеристик</i>	<i>27.11.2023</i>	
6.	<i>Підготовка техніко-економічної частини</i>	<i>30.11.2023</i>	
7.	<i>Підготовка розділу охорони праці</i>	<i>30.11.2023</i>	
8.	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>30.11.2023</i>	
9.	<i>Оформлення графічної частини та лістингу</i>	<i>30.11.2023</i>	
10.			

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ *Микола ІВАНЕНКО*

Керівник роботи \_\_\_\_\_ *Світлана САХАРОВА*

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник *Микола ІВАНЕНКО* \_\_\_\_\_

## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота присвячена дослідженню процесу проектування мереж доступу та розрахунку структурних характеристик мережі.

Основні завдання, вирішені в роботі: Формування технічного завдання на проектування мережі доступу. Аналіз концепції, структура і функції мереж доступу. Проаналізовано методику розрахунку структурних характеристик мереж доступу. Описані основні поняття та визначення. Проаналізовано процес та методику розрахунку структурних характеристик локального сегменту мережі доступу, розрахунок довжини ліній локального сегменту мережі доступу. Наведено приклади розрахунку структурних характеристик мережі доступу із використанням проаналізованої та обраної методики. Отримані результати сформовано в таблиці.

У розділі Реалізація автоматизованої системи розрахунку структурних характеристик мереж доступу наведено Опис роботи програмного забезпечення; Опис інтерфейсу користувача; Опис системи для розробника; Технології реалізації автоматизованої системи.

Також виконано економічний розрахунок та розглянуто питання охорони праці.

**Ключові слова:** мережа доступу, структурні характеристики.

## **ABSTRACT**

The thesis is devoted to the research of the design process of access networks and the calculation of structural characteristics of the network.

The main tasks, the solution of which leads to the achievement of the set goal, include: Formation of the technical task for the design of the access network. Analysis of the concept of access networks, the structure and functions of access networks. The method of calculating the structural characteristics of access networks is analyzed. Basic concepts and definitions are described. The process of calculating the structural characteristics of the local segment of the access network, calculating the length of the lines of the local segment of the access network was analyzed. Examples of calculating the structural characteristics of the access network using the analyzed and selected methodology are given. The obtained results are presented in a table.

In the section Implementation of an automated system for calculating the structural characteristics of access networks, a description of the software is provided; Description of the user interface; Description of the system for the developer; Technologies for implementing an automated system.

An economic calculation was also performed and the issue of labor protection was considered.

**Keywords:** access network, structural characteristics.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЇ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ ТА МЕРЕЖ ДОСТУПУ .....	11
1.1 Призначення мереж доступу та їх місце у структурі сучасних інфокомунікаційних мереж .....	11
1.2 Функціональний склад мереж доступу .....	13
1.3 Архітектура мережі доступу .....	15
1.4 Класифікація мереж доступу та використання різних топологій .....	18
1.5 Постановка завдання.....	24
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ СТРУКТУРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕРЕЖ ДОСТУПУ .....	25
2.1 Основні поняття та визначення. ....	25
2.2 Методика розрахунку структурних характеристик мереж доступу.....	28
2.3 Визначення числа та пропускнуої спроможності вузлів доступу ....	42
2.4 Приклад розрахунку довжини ЛД в мережі доступу.....	43
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ СТРУКТУРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕРЕЖ ДОСТУПУ.....	46
3.1 Опис роботи автоматизованої програми розрахунку лінії доступу ..	46
3.2 Опис інтерфейсу користувача .....	50
3.3 Опис автоматизованої програми для розробника .....	52
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЕКТУ.....	58
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	77
ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	93
ДОДАТКИ.....	99

					<b>КРМ.КІ.1.884-03.2.4</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	<i>Дослідження структурних характеристик мереж доступу і автоматизація їх розрахунків</i>	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Акрушів</b>
<i>Розробив</i>		<i>Микола ІВАНЕНКО</i>						
<i>Перевірів</i>		<i>Світлана Сахарова</i>						
<i>Рецензент</i>								
<i>Нормоконтроль</i>								
<i>Затвердив</i>		<i>Сергій АРТЕМЕНКО</i>			<b>ар. 561, ОНТУ</b>			

## ВСТУП

Питання проектування, побудови, експлуатації та модернізації сучасних інформаційних мереж є основними в галузі інфокомунікаційних технологій 21 століття. Поява нових інфокомунікаційних послуг, зміна існуючих, розширення їх номенклатури, конвергенція послуг є постійним процесом. Задоволення попиту користувачів в інфокомунікаційних послугах вимагає вдосконалення сегменту доступу до послуг та вузлів надання послуг. Оскільки обмеження чи нестача пропускної спроможності мережі доступу, неоптимальна структура, використання застарілого обладнання або направляючих систем не дає змогу одночасного надання всім користувачам всього набору послуг із гарантованими показниками якості за концепцією QoS.

В процесі проектування мережі доступу один з основних етапів є розрахунок структурних характеристик ліній доступу, серед яких розрахунок загальної та середньої довжини ліній доступу локального та транспортного сегментів, в залежності від структури мережі та способу прокладки ліній, розрахунок необхідної кількості вузлів доступу, визначення місця розташування вузлів, визначення розмірів сегментів доступу. Розрахунок структурних характеристик є важливим як на етапі проектування нової мережі так і при модернізації існуючої мережі.

В дипломному проекті запропоновано реалізувати метод розрахунку структурних характеристик мережі у якості автоматизованої системи розрахунків, що прискорить процес проектування мережі для заданих умов.

Тематика проведеного дослідження тісно пов'язана з основними напрямками розвитку інфокомунікацій, зокрема, забезпечує вирішення першочергової задачі реалізації принципів діяльності у сфері телекомунікацій, зазначених у статті 6 Закону України «Про телекомунікації» [1], задач, цілей і напрямів розвитку інформаційного суспільства в Україні, зазначених у Законі України «Про основні принципи розвитку інформаційного суспільства в Україні» [2], а також вирішення питань, доручених Всесвітньою конференцією

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

з розвитку електрозв'язку дослідним комісіям Міжнародного союзу електрозв'язку МСЕ-D, зокрема, питання 26/2 «Перехід від існуючих мереж до мереж наступних поколінь для країн, що розвиваються: технічні, регуляторні та політичні аспекти», що вирішується 2-й Дослідницької комісією МСЕ-D, впровадження технологій, над якими працює Європейський інститут по стандартизації в галузі телекомунікацій *European Telecommunications Standards Institute (ETSI)*, зокрема, *ETSI TISPAN (Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking)* [.

Актуальність теми дослідження обґрунтована ще й тим, що розробка, модернізація та удосконалення методів проектування мереж доступу в сучасному світі є особливо важливим, так як безпосередньо ділянка доступу є тим сегментом інформаційної мережі, який гальмує впровадження широкосмугових високоякісних послуг, за рахунок яких оператор може мати значний прибуток. Необхідність створення мереж доступу вказана в документах міжнародних організацій по стандартизації, зокрема міжнародного союзу електрозв'язку як одна з найважливіших задач сучасності, а перспективи їх розвитку широко обговорюються на наукових та науково-технічних конференціях і семінарах.

Об'єктом дослідження є мережа доступу як сегмент інформаційної мережі та структурні характеристики мереж доступу.

Предметом – методи розрахунків параметрів мереж доступу, зокрема розрахунок структурних характеристик мереж доступу, серед яких довжина ліній доступу локального та транспортного сегментів, пропускна спроможність ліній та вузлів доступу..

Метою роботи є дослідження структурних характеристик мереж доступу.

До основних завдань, вирішення яких веде до досягнення поставленої мети, належать:

1. Аналіз концепції мультисервісних мереж та мереж доступу, як їх сегменту.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2. Аналіз методів розрахунку структурних характеристик мереж доступу, а саме довжини ліній доступу локального та транспортного сегментів.

3.Формування вихідних даних до проектування мережі доступу. Формування вимог до мережі та мережного обладнання.

4. Побудова структурної та функціональної схем мережі доступ для заданих умов.

5. Автоматизація процесу розрахунку структурних характеристик мережі доступу.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЇ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ ТА МЕРЕЖ ДОСТУПУ

### 1.1 Призначення мереж доступу та їх місце у структурі сучасних інфокомунікаційних мереж

В даний час традиційна технологічна база мережі доступу користувача активно змінюється. Ці зміни викликані:

- використанням безпроводового доступу (WLL);
- зниженням цін на оптоволоконні кабелі;
- попитом нові послуги зв'язку, які можуть бути забезпечені існуючими мережами доступу;
- зростанням питомого термінального навантаження та зміною статистичних властивостей цього навантаження (велика величина коефіцієнта пачечності);
- необхідністю поступового переходу до пакетних транспортних технологій;
- ускладненням у зв'язку з цим систем мультиплексування, шлюзування (сполучення мереж) та передачі інформації між терміналом користувача та вузлом магістральної мережі;
- вимогою зниження експлуатаційних витрат у мережі доступу за рахунок впровадження автоматизованих засобів управління мережею та протоколів для підтримки функцій TMN (Telecommunication Management Network).

Термінологія, що використовується в рекомендаціях та інших матеріалах Міжнародного Союзу електрозв'язку (МСЕ) про доступ користувача, істотно відрізняється від системи понять, прийнятих у вітчизняній літературі:

Access network (AN) – мережа доступу (МД), засоби (наприклад, кабельні системи, системи передачі, мультиплексори, комутатори та ін.), які

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

забезпечують транспортування інформації та підтримку інфокомунікаційних послуг між інтерфейсом вузла служб (SNI) та інтерфейсом користувача-мережу (UNI). Мережа доступу можна конфігурувати та керувати через інтерфейс мережевого керування Q3. У принципі немає обмежень у типах і числі UNIs та SNIs, які можуть бути реалізовані в мережі доступу;

- Service node interface (SNI): інтерфейс вузла служб;
- Service node (SN): вузол служб;
- User-network interface (UNI): інтерфейс "користувач-мережа".

Протокольна модель мережі доступу

Протокольна модель мережі доступу наведено рисунку 1.1.

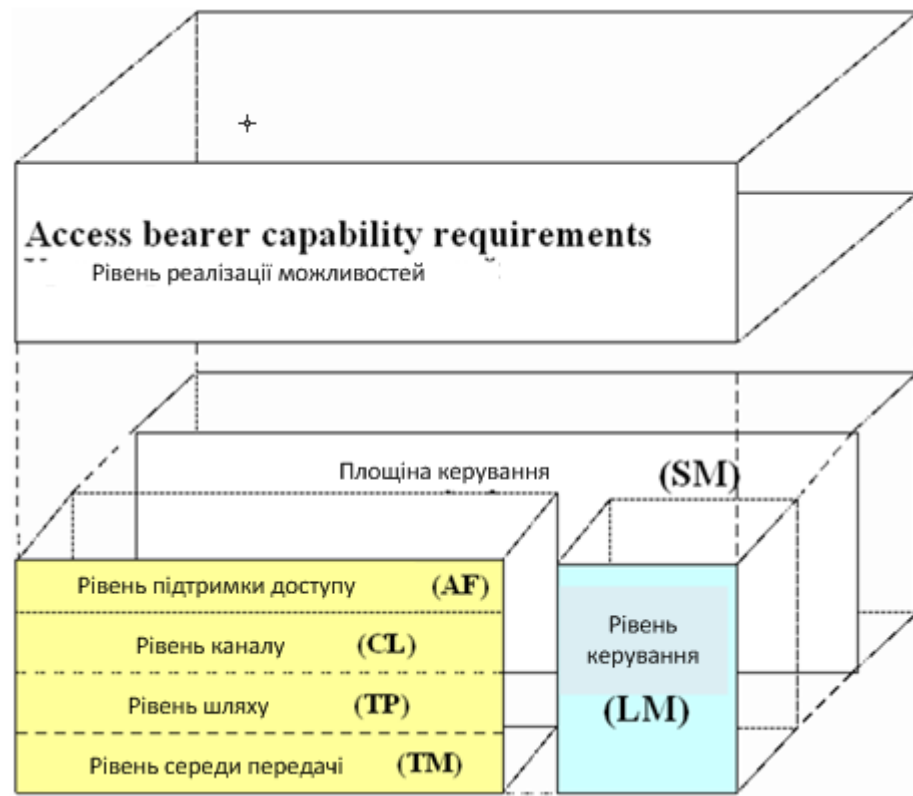


Рис. 1.1 - Протокольна модель доступу

Рівень середовища передачі (Transmission Media Layer, TM) підтримує транспортування та захист потоків даних у фізичному середовищі (мідному або оптичному кабелі, радіо або оптичному каналі) у вигляді сигналів цифрових систем передачі (PDH, SDH, ATM) і модемної передачі. Цей рівень може бути

представлений секціями (ділянцями) мультиплексування та регенерації сигналів.

Рівень шляху (Path Layer, TP) забезпечує створення та обслуговування маршрутів передачі даних для користувачів з різними терміналами та запитами на послуги зв'язку.

Рівень каналу (Circuit Layer, CL) визначає види каналів доступу (фізичні канали, віртуальні канали).

Рівень підтримки доступу (Access bearer handling function, AF) найчастіше асоціюється з сигнальними системами, наприклад, для доступу до телефонної мережі, N-ISDN, B-ISDN і т.д.

На рівень управління (Layer Management, LM) покладено завдання підтримки у справному стані об'єктів усіх рівнів шляхом постійного контролю їх функцій за допомогою систем підтримки операцій (OSS).

Площина системного управління (System Management, SM) забезпечує збір та обробку інформації для вирішення завдань планування ресурсів та управління реконфігурацією мережі доступу.

Програмне забезпечення рівня реалізації можливостей доступу (Access bearer capability requirements) призначене для реалізації вимог користувача щодо передачі інформації, сигналізації та управління.

Протокольна модель мережі доступу дозволяє більш точно визначити функції об'єктів мережі доступу, інтерфейсів користувача, транспортних функцій, сервісних портів (інтерфейсів) комутації, вбудованих функцій, функцій системи управління.

## 1.2 Функціональний склад мереж доступу

На рисунку 1.2 наведено функціональний склад мультисервісної мережі доступу. Функції мережі доступу поділені на частини:

- функції системи керування;
- функції порту користувача;
- функції ядра;

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- функції транспорту;
- функції порту вузла служб.

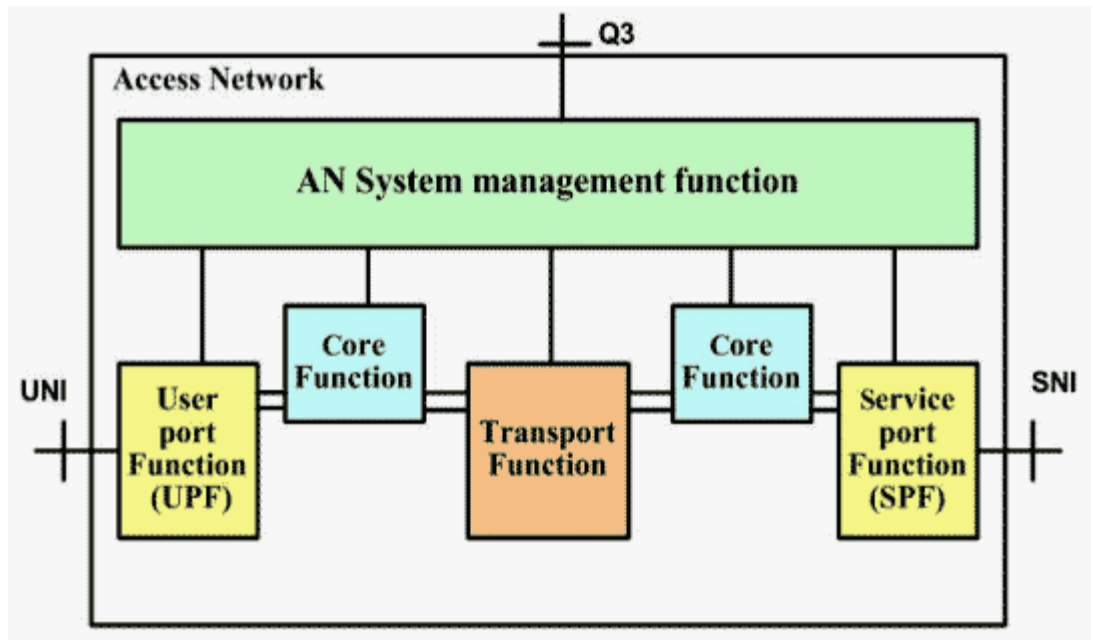


Рис. 1.2 - Функціональний склад мультисервісної мережі доступу

Призначення системи управління функціями мережі доступу (AN System management function):

- технічна експлуатація (ТЕ) та технічне обслуговування (ТО);
- конфігурування та керування мережею;
- координація взаємодії всіх частин мережі;
- виявлення та індикація несправностей;
- збирання та обробка статистичних даних;
- керування безпекою;
- керування ресурсами.

Функції порту користувача (User port Function, UPF) {ТФОП – BORSCHT, в ISDN – узгодження опорів, рівнів передачі, ЦАП/АЦП,...} такі:

- перетворення сигнальної інформації;
- активація/деактивація (для економії електроенергії в об'єктах інтерфейсу);
- тестування;
- управління;

					KPM.KI.1.884-03.2.4	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

– контроль та моніторинг.

Функції Ядра (Core Function) такі:

- обробка інформації користувача;
- адаптація протоколів (перетворення протокольних блоків даних (Protocol Data Unit, PDU) терміналів користувача в PDU транспортної мережі);
- емуляція каналу (у комутаторах ATM та MPLS транспортної мережі);
- мультиплексування інформації користувача пакети;
- концентрація;
- управління та контроль;
- сигналізація (обробка PDU 3-го рівня та вище).

Функція транспорту (Transport Function) забезпечує:

- вибір ресурсів (шляхів) передачі інформації між UPF і SPF;
- мультиплексування;
- кросові з'єднання;
- управління середовищем передачі фізично;
- керування (TE та TO).

Функція порту вузла служб (Service port Function, SPF) забезпечує:

- перетворення вимог із боку SN на основні функції ядра;
- перетворення PDU для конкретного інтерфейсу вузла служб (SNI);
- управління та моніторинг;
- тестування SNI.

### 1.3 Архітектура мережі доступу

На рисунку 1.3 наведено архітектуру мережі доступу.

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

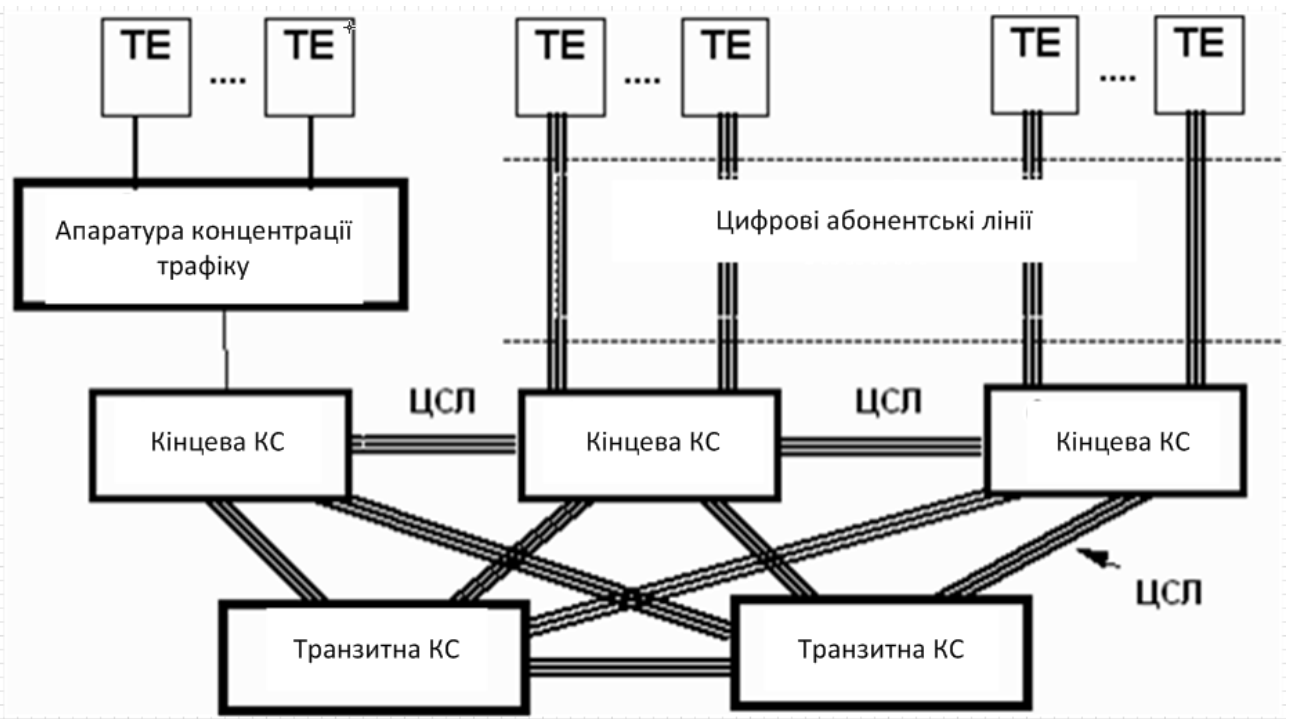


Рис. 1.3 - Архітектура мультисервісної мережі доступу

Призначення функціональних блоків мультисервісної мережі доступу:

- AF (Access Function) – функції обробки доступу;
- CL (Channel Layer) – рівень каналу (фізичного, логічного);
- TP (Transmitting Path) – рівень шляхів (трактів);
- TM (Transmitting Media) – рівень середовища передачі;
- SMF (System Management Function) – рівень системного управління (збирання та обробки інформації для ТО та ТЕ).

Міжнародні організації стандартизації мереж доступу

Стандартизацією в галузі мереж доступу займається низка міжнародних організацій:

- ITU-T (International Telecommunications Union) – Міжнародний телекомунікаційний союз;
- ETSI (European Telecommunications Standards Institute) – Європейський інститут телекомунікаційних стандартів;
- ANSI (American National Standards Institute) – Американський національний інститут стандартів;
- Альянс Home PNA (Home Phone line Networking Alliance);

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

– Форум – EFM (Ethernet in the First Mile).

Класифікація мереж доступу

- використовуваному середовищі передачі:

- кабелі з мідними парами (ТПП (телефонний, поліетиленова ізоляція, пластмасова оболонка), неекранована кручена пара - UTP, екранована кручена пара - STP);

– - Оптичні кабелі;

– - Радіо середовища в різних діапазонах хвиль.

– за використовуваними технологіями;

– за використовуваною топологією

– за методами поділу середовища:

- TDMA (time-division multiple access) - множинний доступ із тимчасовим поділом каналів;

- CDMA (Code Division Multiple Access) множинний (багатостанційний) доступ із кодовим поділом каналів;

- FDMA (frequency division multiple access) - множинний доступ із частотним поділом;

- WDM (wavelength-division multiplexing) – спектральний поділ по довжинах хвиль;

- CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) - множинний доступ із контролем несучої та виявленням конфліктів.

Класифікація послуг, що надаються мережами доступу

Класифікація послуг може бути проведена за кількома ознаками:

– за призначенням інформації, що передається;

– за рівнями відповідно до рівневої моделі.

Класифікація послуг з призначення інформації, що передається:

– U (User) - інформація користувача (дані, відео, мовна інформація ...);

– C (Control) - сигнальна інформація (для підтримки процедур встановлення та роз'єднання з'єднання);

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- М (Management) - інформація управління (для збирання аварійних сигналів, тестування, адміністрування...).

#### 1.4 Класифікація мереж доступу та використання різних топологій

Класифікація за рівнями відповідно до рівневої моделі:

- фізичний рівень інтерфейсу UNI надає послуги тактової синхронізації, підтримки рівнів передачі, мультиплексування на фізичному рівні та ін.;
- рівень ланки даних надає послуги на заводі стійкої передачі в доступі, для чого використовуються на заводі стійке кодування інформації;
- мережевий рівень надає послуги маршрутизації, наприклад, у разі використання в магістральній мережі технології IP/MPLS на мережному рівні у доступі вибирається наскрізний маршрут через магістральну мережу (у так званому прикордонному маршрутизаторі (LER)).

З погляду вищих рівнів у доступі реалізуються лише послуги сигналізації (С) та управління (М). Для підтримки пристрою доступу можуть містити функціональні вузли для реалізації всього стека протоколів у площинах С або М.

Послуги верхніх рівнів у площині U реалізуються, як правило, поза мережею доступу, а саме – в кінцевих терміналах користувачів (ТЕ, СРЕ) та мережевих серверах (вузлах служб – SN). У площині U мережа доступу виконує лише функції транспортування інформації користувача (транзит) між інтерфейсами UNI та SNI (тобто надає послуги протоколів нижніх рівнів).

Класифікація мереж доступу за використовуваною топологією

Конфігурація зв'язків між мережевими вузлами називається топологією мережі. Термін топологія запозичений з геометрії та використовується для опису форми об'єкта.

Мережева топологія – це геометрична форма (або зв'язність) мережі.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розрізняють фізичну топологію, що утворюється геометричною конфігурацією фізичних ліній зв'язку та мережевих вузлів, і логічні мережеві топології, що організуються шляхом створення логічних зв'язків на різних рівнях ЕМВОС (у тому числі і фізично).

Фізична топологія первинної мережі (наприклад, при використанні оптичних кабелів і ЦСП типу SDH) може мати конфігурацію типу "кільце", проте логічні канали (зв'язку або СЛ у вторинній мережі) у цій кільцевій топології на фізичному рівні (рівні ЦСП та вузла комутації каналів) можуть бути організовані, як у топології "зірка" (радіальні внутризонавые ССОП), і за складнішими топологічним схемам ("кожен із кожним", "районировано-вузловые", "комірчасті").

На рисунку 1.4 наведено приклади мережевих топологій.

Ієрархічна топологія (рис. 1.4, а) є привабливою з погляду простоти управління, однак вона несе в собі потенційно важко розв'язні проблеми (наприклад, проблеми готовності мережі). У деяких випадках верхній мережевий вузол (наприклад, Softswitch) управляє розподілом всіх потоків інформації в мережі. При централізованому управлінні можуть бути перевантаження (при накопиченні помилок у процесі управління ресурсами) і знижуватися готовність мережі через запізнення реакції системи управління. У разі відмови верхнього рівня функції мережі порушуються повністю, якщо не передбачено резервний вузол.

Горизонтальна топологія (шина) широко використовується у локальних мережах. Така топологія (рис. 1.4 б) є відносно простою для управління трафіком, оскільки при використанні шини допускається прийом повідомлення всіма станціями (комп'ютерами). Це означає, що єдина станція працює у ширококомовному режимі, посилаючи кадри групі станцій.

Головний недолік горизонтальної топології пов'язаний з тим, що для обслуговування всіх пристроїв мережі зазвичай є тільки один канал передачі даних. Отже, у разі відмови каналу виходить із ладу вся мережа.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Завдяки множинності шляхів між вузлами мережі з пористою топологією, потоки інформації можуть бути спрямовані в обхід вузлів, що відмовили або зайняті. Незважаючи на те, що топологія мережі характеризується складністю та високою вартістю, деякі оператори віддають перевагу пористим мережам мереж інших типів внаслідок їх високої надійності. Це особливо важливий для сучасних магістральних мультисервісних мереж, що агрегують та транспортують потоки мультимедійної інформації.

Доступ до мобільних мереж має топологію шини з поділом середовища шляхом множинного випадкового доступу типу ALOHA (запропонований М. Абрамсоном з Гавайського університет США) або пріоритетного доступу.

У доступі до ресурсів мультисервісних мереж використовують широкий набір топологій, що залежать від вимог користувача ("точка-точка", "шина", кільцева та коміркова). Наприклад, в основу технології доступу пасивних оптичних мереж (Passive Optical Network, PON) покладено топологію "точка - безліч точок" (до одного порту центрального вузла підключається цілий волоконно-оптичний сегмент деревоподібної (ієрархічної) архітектури, що охоплює десятки терміналів).

Структура доступу до мультисервісної мережі на базі Ethernet може мати досить складну та розгалужену деревоподібну архітектуру. Однак у кожному вузлі дерева обов'язково має бути активний пристрій (комутатор, маршрутизатор), порти активних пристроїв можуть бути пов'язані тільки попарно по топології "точка-точка".

Класифікація мереж доступу за методами поділу середовища

Існує кілька способів спільної роботи кількох терміналів, що використовують загальне середовище передачі (розподіл середовища передачі):

Статичне мультиплексування (розподіл ресурсу)

- за частотою (FDM),
- за часом (TDM),
- кодове CDMA (Code Division Multiple Access),
- за довжиною хвилі (WDM, Wavelength-Division Multiplexing);

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## Динамічне (статистичне) мультиплексування (концентрація)

- випадковий доступ ALOHA (CSMA/CD),
- метод запитів,
- метод пріоритетів.

Метод мультиплексування за частотою (Frequency Division Multiplexing, FDM) є найстарішим і найчастіше використовується. Сусідні частотні канали повинні відстояти на достатній відстані один від одного, щоб забезпечити необхідну смугу пропускання кожному терміналу і в той же час досить близько – щоб можна було розмістити більше каналів у відведеному частотному діапазоні.

Аналоговий варіант FDMA довго використовувався багатоканальних системах ущільнення типу K-60, але з часом був витіснений більш досконалим методом цифрового ущільнення за часом (TDMA).

Цифровий варіант FDMA широко використовується зараз у радіо доступі та доступі по мідних парах.

Раніше в ССОП неодноразово робилися спроби ущільнення абонентських ліній (за допомогою так званих ЦАВУ) з використанням методу мультиплексування "багатостанційний доступ з тимчасовим поділом каналів (TDMA)". Використання цього методу дозволяло довести кількість абонентів, що обслуговуються, по одній мідній парі до 4 - 10, при кращій якості каналу. Однак такий доступ має істотний недолік – швидкість передачі в одному часовому каналі – від 32 до 8 Кбіт/с, що для голосу достатньо, але недостатньо для передачі даних.

Метод CDMA (Code Division Multiple Access) не вимагає синхронізації та є повністю децентралізованим. Кожен термінал займає всю смугу пропускання каналу, а поділ середовища відбувається на основі кореляційного аналізу складних шумоподібних сигналів з псевдовипадковим кодуванням (тобто кодової відстані сигналів від різних терміналів). Безперечною перевагою цього є підвищена скритність обміну інформацією і захищеність від несанкціонованого доступу.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Як і інші метод CDMA не позбавлений недоліків. Необхідна ємність середовища передачі (наприклад, частотний діапазон радіо доступі) істотно залежить від відношення сигнал-шум і за відсутності координації між терміналами зазвичай нижче, ніж у випадку TDMA/FDMA. Швидкодія та вартість обладнання, в якому використовується метод CDMA, високі.

### **1.5 Постановка завдання**

Метою роботи є дослідження структурних характеристик мереж доступу.

До основних завдань, вирішення яких веде до досягнення поставленої мети, належать:

1. Аналіз концепції мереж доступу.
2. Аналіз методів розрахунку структурних характеристик мереж доступу.
3. Формування вихідних даних до проектування мережі доступу.

Формування вимог до мережі та мережного обладнання.

4. Побудова структурної та функціональної схем мережі доступу.

5. Автоматизація процесу розрахунку структурних характеристик мережі доступу.

### **Висновок до першого розділу**

Сформовано технічне завдання на проектування мережі доступу. Проведено аналіз концепції мереж доступу, аналіз структури і функції мереж доступу. Проаналізовано концепцію мереж доступу до мультисервісних мереж. Мережа доступу виконує завдання надання користувачеві індивідуального каналу зв'язку для транспортування інформації між різними пунктами ТМ і зв'язує кінцевого користувача з базовою мережею. Функції базової мережі полягають у встановленні з'єднань між обладнанням користувача, підключеним до різних МД, або між терміналами і засобами надання послуг.

Встановлене місце мережі доступу в структурі інфокомунікацій

Сформовано постановку завдання, мету роботи.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ СТРУКТУРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕРЕЖ ДОСТУПУ

#### 2.1 Основні поняття та визначення

Ефективність мережі доступу може бути охарактеризована сукупністю величин, що можна поділити на два класи: параметри та характеристики.

Параметри мережі доступу є величини, що описують структурно-функціональну організацію мережі та її взаємодію із зовнішнім середовищем, зокрема, створюване у мережі навантаження.

Характеристики комп'ютерної мережі описують її ефективність і залежать від параметрів.

Характеристики визначаються в процесі експлуатації мережі шляхом вимірювань за допомогою спеціальних вимірювальних засобів - мережевих моніторів і в процесі вирішення завдань системного аналізу як функції параметрів, тобто є вторинними стосовно параметрів.

Усі параметри мережі доступу можна розділити на три групи:

- 1) структурні параметри, що описують склад та структуру мережі;
- 2) функціональні параметри, що описують стратегію управління передачею даних у мережі доступу та стратегію управління обробкою даних у вузлах;
- 3) навантажувальні параметри, що описують взаємодію мережі доступу із зовнішнім середовищем, тобто навантаження, створюване в мережі розв'язуваними прикладними завданнями та переданими в обчислювальній мережі даними.

Як структурні параметри мереж доступу використовуються:

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- кількість вузлів доступу, що входять до складу мережі, та їх взаємозв'язок (топологія мережі доступу);
- типи вузлів доступу, склад та кількість обладнання;
- технічні дані пристроїв (продуктивність обчислювальних засобів та мережевих пристроїв – комутаторів, концентраторів, мультиплексорів, пропускні спроможності каналів зв'язку тощо).

До функціональних параметрів мереж доступу належать:

- спосіб комутації;
- метод доступу до каналу зв'язку;
- алгоритм вибору маршруту передачі даних у мережі;
- розподіл прикладних завдань на вузлах мережі;
- режим функціонування;
- послідовність виконання прикладних завдань;
- пріоритети завдань тощо.

Як навантажувальні параметри мереж доступу можуть використовуватися:

- кількість типів потоків даних (аудіо, відео, комп'ютерні дані);
- інтенсивності надходження повідомлень (пакетів, кадрів) різних типів у мережу або до окремих ресурсів (вузлів та каналів зв'язку);
- довжина переданих мережею блоків даних (пакетів, кадрів);
- кількість типів прикладних завдань;
- ресурсомісткість кожного завдання і т.д.

Характеристики мереж доступу – це сукупність показників ефективності (якості) мережі.

Характеристики мереж можна розділити на дві групи: якісні та кількісні.

Прикладами якісних характеристик можуть бути:

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- операційні можливості мережі, що є переліком послуг (сервісів) з передачі та обробки даних, що надаються користувачам мережі, таких як передача даних між віддаленими користувачами мережі, доступ до віддалених файлів, доступ до різноманітних обчислювальних засобів, у тому числі, до високопродуктивних ЗС, електронна пошта, можливість передачі мережею різноманітних даних (мова, аудіо, відео) тощо;
- масштабованість - здатність мережі при її нарощуванні (при збільшенні ресурсів) лінійно збільшувати свою продуктивність, яку можна оцінити кількісно через відношення приросту продуктивності системи до приросту ресурсів: чим ближче це відношення до одиниці, тим вища масштабованість;
- керованість - можливість адміністрування з метою виявлення та вирішення проблем, що виникають у мережі, а також планування розвитку та модернізації мережі;
- гнучкість – збереження якості функціонування мережі при зміні її складу та конфігурації в результаті виходу з ладу обладнання або додавання нових пристроїв.

Кількісні характеристики мереж можна поділити на дві групи:

- глобальні, що визначають найважливіші властивості мережі доступу як цілісного об'єкта;
- локальні, що визначають властивості окремих пристроїв або частин мережі доступу та дозволяють отримати детальніше уявлення про ефективність мережі.

До глобальних характеристик належать:

- характеристики продуктивності;
- показники оперативності;
- характеристики надійності;

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- - вартісні характеристики;
- інші характеристики (енергоспоживання, масогабаритні тощо).

## **2.2 Методика розрахунку структурних характеристик мереж доступу**

### **2.2.1 При аналізі існуючої інформаційної мережі, для скорочення довжини кабелю доцільно використовувати лінійні та кільцеві структури мережі доступу**

Виділені структурні характеристики ліній доступу, в першу чергу, залежать від того, яким чином вирішені завдання, що визначають структуру мережі доступу:

1. Визначення економічно обґрунтованих розмірів території мережі доступу.
2. Визначення кількості та пропускної спроможності вузлів доступу.
3. Вибір місця розташування вузла доступу на території мережі доступу.
4. Вибір трас прокладки кабелю для ліній доступу, якщо передбачається створення мережі доступу з урахуванням провідних рішень.

Послідовне вирішення цих завдань дозволить отримати вирази, виходячи з яких надалі можна виконати оптимізацію структурних характеристик ліній доступу.

При організації мережі доступу необхідно враховувати, що створювана при цьому мережа ліній доступу повинна служити для передачі інформації до інших базових мереж. При проектуванні абонентських телефонних мереж раніше використовувався підхід, у якому місце розміщення вузла комутації визначали з умови мінімальної довжини, включених до неї абонентських ліній. Оскільки ми говоримо про створення мережі доступу на основі модернізації існуючої абонентської мережі, виходитимемо з припущення, що місцем розміщення вузла надання послуг на мережі доступу є геометричний центр території, що обслуговується мережею, що створюється, і його положення в процесі модернізації не змінюється. При цьому для ліній доступу до кількох базових мереж повинні враховуватись суттєві обмеження, що накладаються структурою існуючої

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

абонентської мережі.

Велика кількість наявних і очікуваних у майбутньому джерел та приймачів різнорідної інформації вимагає такої великої кількості ЛД (часто дублюючих один одного), що канали локального доступу повинні систематично об'єднуватися у вузлах доступу. При об'єднанні ліній локального доступу неминуче виникають різні варіанти, що ґрунтуються на виборі економічно оптимальних, з економічного погляду, розмірів території, що обслуговується одним вузлом надання послуг. Необхідність установки вузла доступу визначається кожному конкретному випадку на етапі планування мережі.

Загальні оцінки для транспортного сегмента мережі доступу можна зробити на основі моделі доступу. Ця модель повинна відповідати характерним властивостям мережі та будуватися у такому вигляді, щоб по ній можна було скласти визначальні рівняння. При цьому особливе значення має кількість необхідних ліній доступу щодо площі території, що обслуговується, зване щільністю ліній.

Аналізуючи модель абонентської мережі, слід зазначити, що вона враховує старі способи забудови території. Сучасні містобудівні принципи можуть бути описані двома іншими моделями, в яких використовуються такі передумови та припущення:

1. Модель прямокутної території обслуговування (рис. 2.1) характеризується: ортогональною прокладкою трас кабелю; прямокутними територіями в межах одного вузла комутації та однорідною щільністю ліній. Ця модель відрізняється порівняно простими обчисленнями.

2. Модель секторної території обслуговування (рис. 2.2) характеризується: радіальним прокладанням трас кабелю; трапецеїдальними формами територій, що обслуговуються ВВП; будь-якими, зокрема різнорідними, щільностями ліній доступу. Ця модель виникла в результаті аналізу абонентських мереж у малих містах, до яких належать районні центри сільської місцевості, і дозволяє враховувати неоднорідну щільність каналів, що переважає в них.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

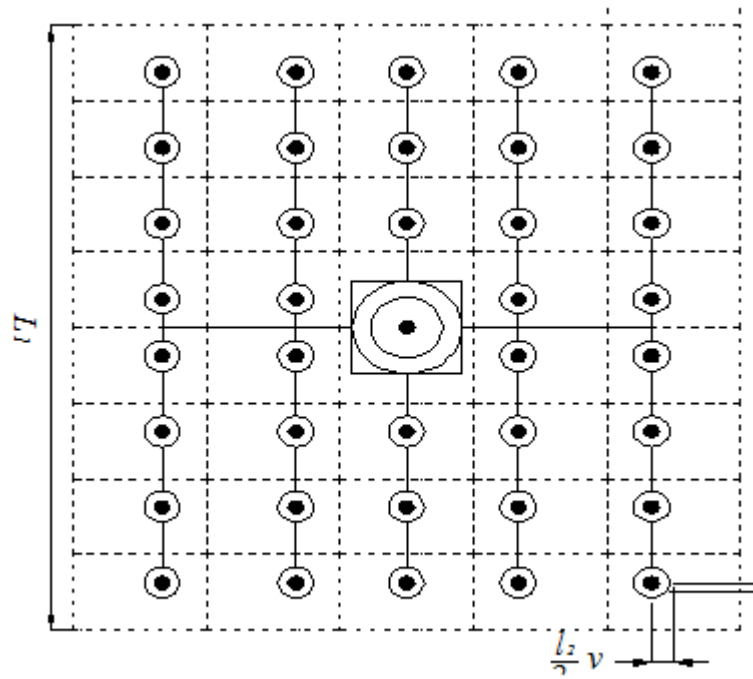


Рис. 2.1 - Модель прямокутної території обслуговування

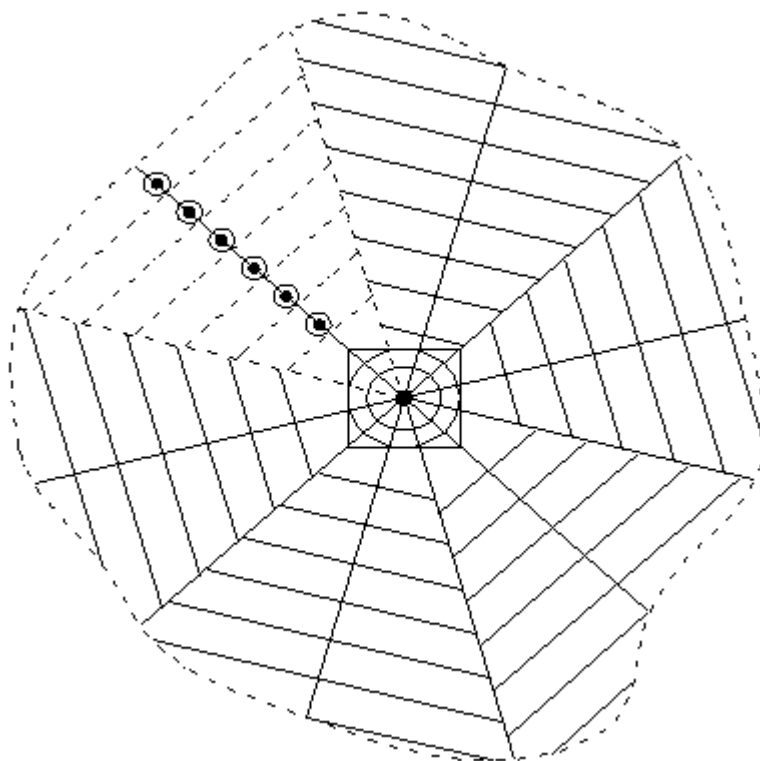


Рис. 2.2 - Модель радіальної території обслуговування

### 2.2.2 Визначення довжини ліній доступу

Для оцінки впливу довжини ліній доступу на вартість мережі доступу розглянемо різні моделі території, де створюється мережа доступу. На рис. 2.3 показано варіанти конфігурації моделі цієї території: рівносторонній трикутник, квадрат та коло.

Площа цих трьох геометричних фігур однакова  $S_1 = S_2 = S_3 = S$ , що дозволяє легко знайти довжини сторони трикутника  $a$ , ребра квадрата  $b$  і радіус кола  $r$ . Вважатимемо, що ВВП знаходиться в геометричному центрі територій, що розмотуються.

Рівність площ усіх ділянок дозволяє легко знайти параметри аналізованих геометричних фігур:

$$a = 2(S/3)^{0.5}, b = S^{0.5}, r = (S/\pi)^{0.5}. \quad (2.1)$$

Середня довжина ліній доступу для території, що має форму трикутника  $L_1$ , квадрата  $L_2$  і круга  $L_3$ , визначається співвідношеннями:

$$L_1 \approx 0,488(S)^{0.5}, L_2 \approx 0,388(S)^{0.5}, L_3 \approx 0,377(S)^{0.5}. \quad (2.2)$$

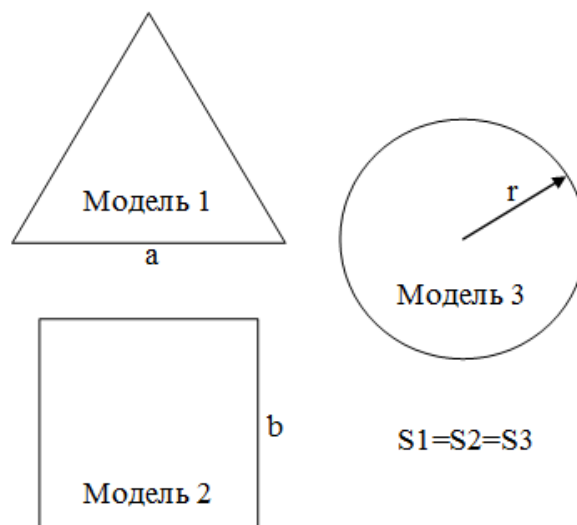


Рис. 2.3 – Модель території мережі доступу

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

З цих міркувань видно, що одним із факторів, що істотно впливає на довжину ліній доступу є конфігурація території, що обслуговується. Другим чинником є містобудівні рішення, зокрема напрямок прокладання вулиць.

Виділимо моделі з найбільш яскраво вираженими відмінностями у напрямках прокладання вулиць: радіальне та прямокутне розташування вулиць.

Для визначення середньої довжини ліній доступу прийmemo позначення:

$\sigma$  – поверхнева щільність користувачів;

$R$  – радіус умовного кола території, яка обслуговується однією мережею доступу;

$R_0$  – радіус умовного кола території, на якій ЛД включено безпосередньо до УПУ, це аналог території, яка для АС називалася зоною прямого живлення;

$R_a$  – радіус умовного кола території, що обслуговується одним ВД;

$n$  – кількість вузлів доступу, включених до ВНП;

$v$  – кількість каналів транспортного доступу між ВНП та ВД;

$\alpha_{k1}, \alpha_{k2}, \alpha_{k3}$  – коефіцієнти кривизни прокладки ліній доступу, включених до ВНП; ліній транспортного доступу, між ВД та ВНП; ліній доступу, включених до ВД.

Розмір коефіцієнта кривизни прокладання ліній залежить від форми території, траси прокладання кабелю та інших чинників. Для практичних розрахунків можна прийняти  $\alpha_{k1}=1,1\dots1,3$ .

$a, b$  – розмір сторін умовно прямокутної території МД;

$a_0, b_0$  – розмір сторін умовно прямокутної, на якій ЛД включено безпосередньо до ВНП;

$a_a, b_a$  – розміри сторін території, що обслуговується одним ВД;

$\xi_1, \xi_2, \xi_3$  – коефіцієнти ущільнення ЛД, що включено до ВНП; каналів меж ВД і ВНП; ліній доступу, включених до ВД.

Коефіцієнти ущільнення  $\xi = N_{KH}/N_{ПС}$ , где  $N_{KH}$  – кількість каналів, що одержуються в результаті застосування систем передачі, а  $N_{ПС}$  – пропускна

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

спроможність напрямної системи (кабелю), необхідна для створення  $N_{KH}$  каналів зв'язку.

$F_1, F_2$  – коефіцієнти, що враховують співвідношення між кількістю ЛД, включених до ВД та кількістю ЛД, включених до ВВП:

$$F_1 = N_0 / (N_0 + N_a); \quad (2.3)$$

$$F_2 = N_a / (N_a + N_0), \quad (2.4)$$

де  $N_a, N_0, N_k$  – пропускна спроможність ЛД, що включено до ВД; ліній доступу, що включено безпосередньо до ВВП; пропускна спроможність ВД.

Припускаючи, що кінцеві пристрої, що стосуються обладнання користувача, що є в даному випадку точками доступу до мережі, розподілені на території рівномірно, то за умови, що всі ЛД включені безпосередньо в ВВП, середню довжину ЛД можна визначити з виразів.

Для територій з радіальним розташуванням вулиць

$$l_{al} = \frac{\int_0^R \frac{2\pi}{\xi} r^2 \sigma \alpha_k dr}{\pi R^2 \sigma} = \frac{2R\alpha_k}{3\xi}, \quad (2.5)$$

$\pi R^2 \sigma$  - площа кола помножена на поверхневу щільність користувачів = кількість користувачів.

Інтегрування по колу від 0 до R (починаючи від центру кола) та підсумовування ліній до кожного користувача.

$2\pi r$  - довжина кола (інтегруючи – отримаємо площу кола), множимо на  $\sigma$  - отримуємо кількість користувачів на колі заданого радіусу, множимо на  $r$  (на відповідний радіус кола) – отримуємо відстані до кожного користувача, тобто загальна довжина лінії до всіх користувачів, що знаходяться на відстані  $r$  від центру. Помножуємо на коефіцієнт кривизни лінії  $\alpha_k$ .

Інтегруючи від 0 до R, отримуємо загальну довжину ліній до всіх

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

користувачів. Ділимо на кількість користувачів – отримуємо середню довжину лінії.

Для територій з прямокутним розташуванням вулиць

$$l_{a2} = \frac{\frac{\sigma}{\xi} \left( \int_{-b/2}^{b/2} aydy + \int_{-a/2}^{a/2} bxdx \right)}{ab\sigma} = \frac{a+b}{4\xi}. \quad (2.6)$$

$ab\sigma$  - кількість користувачів на території.

Починаючи від центру прямокутника, де розташований ВПП, інтегруємо в обидві сторони. Підсумовуємо довжини вертикальних та горизонтальних ліній до кожного користувача ( $a\sigma \times y$  - кількість абонентів на лінії довжиною  $a$  множимо на довжину лінії до центру  $y$  ( $y$  змінюється від  $-0,5b$  до  $+0,5b$ , тим самим підсумовуємо всі вертикальні лінії)) ( $b\sigma \times x$  - кількість абонентів на лінії довжиною  $b$  множимо на довжину лінії до центру  $x$  ( $x$  мінємо від  $-0,5a$  до  $+0,5a$ , цим сумуємо всі горизонтальні лінії)). Отримуємо суму всіх ліній. Ділимо на кількість користувачів – отримуємо середню довжину лінії.

При цьому, залежно від конкретних умов, ВПП може обслуговувати користувачів будь-якої базової мережі: телефонна мережа, мережі передачі даних, мережі кабельного телебачення, Інтернет тощо.

Якщо організується мережа доступу до NGN, основна базова мережа не виділяється, оскільки вузлом доступу у разі є Softswitch, чи інше устаткування, що забезпечує виконання функцій рівня управління та комутації надання всієї сукупності послуг, затребуваних користувачами на території, що обслуговується.

Якщо частина ліній доступу, в межах створеного МД, включена в ВПП, а інша частина - в ВД (якими можуть застосовуватися як віддалені абонентські концентратори, так і абонентські мультиплексори або базові станції бездротового доступу до фіксованих мереж, що відповідають концепції WLL), то середня довжина ЛД визначатиметься з виразів

Для територій з радіальним розташуванням вулиць

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$l_{a3} = \frac{2}{3} \left\{ R_0 \frac{\alpha_{k1}}{\xi_1} F_1 + \left[ \frac{\upsilon(R^3 - R_0^3)\alpha_{k2}}{N_k(R^2 - R_0^2)\xi_2} + R_a \frac{\alpha_{k3}}{\xi_3} \right] F_2 \right\}; \quad (2.7)$$

З (2.5) знайшли середню довжину ліній включених до ВВП  $\frac{2}{3} R_0 \frac{\alpha_{k1}}{\xi_1}$  .., множимо на коефіцієнт, що враховує співвідношення між кількістю ЛД, включених до ВД та кількістю ЛД, включених до ВВП ( $F_1$ , тобто ліній включених до ВВП щодо загальної кількості ліній).

$\frac{2}{3} R_a \frac{\alpha_{k3}}{\xi_3}$  - середня довжина ліній, включених до ВД.

$\frac{\upsilon(R^3 - R_0^3)\alpha_{k2}}{N_k(R^2 - R_0^2)\xi_2}$  - для транспортного сегмента Розпишемо у вигляді інтегралу:

$$\frac{\int_{R_0}^R \frac{\upsilon 2\pi}{\xi} r^2 \sigma \alpha_k dr}{N_k \sigma (\pi R^2 - \pi R_0^2)} \quad (2.8)$$

де,  $2\pi r \sigma$  - кількість УД, розташованих на даній довжині кола.

$2\pi r \sigma \times r$  - кількість ВД помноженої на відстань до кожного, тобто довжина транспортних ліній.

$2\pi r^2 \sigma \times \alpha_k$  - довжина ліній з урахуванням кривизни прокладки.

$2\pi r^2 \sigma \alpha_k \times \upsilon$  - з урахуванням кількості каналів транспортного сегменту.

Для територій з прямокутним розташуванням вулиць

$$l_{a4} = 0,25 \left[ \frac{a_0 + b_0}{\xi_1} F_1 + \left( \frac{\upsilon}{N_k} \frac{ab^2 - a_0 b_0^2 + a^2 b - a_0^2 b_0}{\xi_2 (ab - a_0 b_0)} + \frac{a_a + b_a}{\xi_3} \right) F_2 \right]. \quad (2.9)$$

З (2.6) знайшли середню довжину ліній включених до ВВП

$$0,25 \frac{a_0 + b_0}{\xi_1}, \quad (2.10)$$

									Арк.
									34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					



загальної кількості ліній).

$\frac{2}{3} R_a \frac{\alpha_{k3}}{\xi_3}$  - середня довжина ліній, включених до ВД.

$\frac{\nu(R^3 - R_0^3)\alpha_{k2}}{N_k(R^2 - R_0^2)\xi_2}$  - для транспортного сегмента Розпишемо у вигляді інтегралу:

$$\frac{\int_{R_0}^R \frac{\nu 2\pi}{\xi} r^2 \sigma \alpha_k dr}{N_k \sigma (\pi R^2 - \pi R_0^2)} \quad (2.12)$$

де,  $2\pi r \sigma$  - кількість ВД, розташованих на даній довжині кола.

$2\pi r \sigma \times r$  - кількість ВД помноженої на відстань до кожного, тобто довжина транспортних ліній.

$2\pi r^2 \sigma \times \alpha_k$  - довжина ліній з урахуванням кривизни прокладки.

$2\pi r^2 \sigma \alpha_k \times \nu$  - з урахуванням кількості каналів транспортного сегменту.

$\frac{2(R^3 - R_0^3)\alpha_{k1}}{3(R^2 - R_0^2)\xi_1}$  - середня довжина ліній включених до ВВП, але на

території, що обслуговується МД. (відновивши інтеграл, отримаємо:

$$\frac{\int_{R_0}^R \frac{\nu 2\pi}{\xi} r^2 \sigma \alpha_k dr}{\sigma (\pi R^2 - \pi R_0^2)}, \text{ віднімаємо з кола, радіусом } R, \text{ коло, радіусом } R_0).$$

Для територій із прямокутним розташуванням вулиць

$$l_{a6} = 0,25 \left\{ \frac{a_0 + b_0}{\xi_1} \cdot \frac{N_0}{N_0 + N_{01} + N_a} + \frac{ab^2 - a_0b_0^2 + a^2b - a_0^2b_0}{\xi_2(ab - a_0b_0)} \times \frac{N_{01}}{N_{01} + N_0 + N_a} + \right. \\ \left. + \left[ \frac{\nu(ab^2 - a_0b_0^2 + a^2b - a_0^2b_0)}{N_k(ab - a_0b_0)\xi_2} + \frac{a_a + b_a}{\xi_3} \right] \times \frac{N_a}{N_a + N_0 + N_{01}} \right\}. \quad (2.13)$$

Оскільки ЛД призначені для передачі різномірної цифрової інформації,

										Арк.
										36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

KPM.KI.1.884-03.2.4

необхідно враховувати допустимі значення загасання та опору ЛД для якісної передачі цифрових сигналів при передачі будь-якого виду інформації (мова, дані нерухомі і рухливі зображення, а також мультмедіа). При визначенні оптимальної номенклатури кабелів необхідно враховувати, що довжини ЛД неоднакові. Якщо вибрати такий кабель, для якого буде виконуватися норма опору для найдовших ЛД, то для всіх інших ЛД норма задовольняється автоматично. У цьому випадку для більшості ЛД створюється зайвий запас опору шлейфу, а це призводить до невиправданої витрати кабелю. Тому, якщо йдеться про використання мережі доступу симетричного кабелю, то рекомендується використовувати кілька типів кабелів з різним діаметром жил. Визначення оптимальної номенклатури кабелів ліній доступу може виконуватися таким чином.

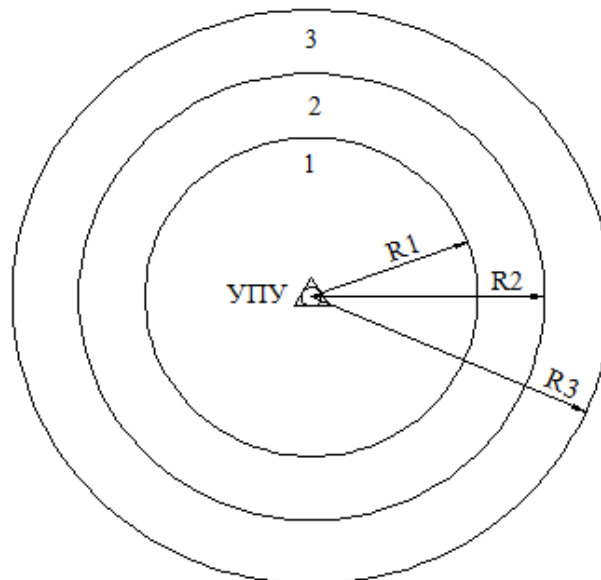


Рис 2.4 - Модель, що використовується для визначення оптимальної номенклатури ЛД

Нехай є територія у формі кола, в центрі якої знаходиться ВНП, а пункти підключення обладнання розміщені в трьох зонах з радіусами  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  (рис. 2.4).

Для вирішення задачі визначення діаметра жил кабелів за мінімальною витратою міді можна використовувати наступний метод: при відомому радіусі  $R_3$  із системи рівнянь  $R_2 = 4/3R_1$ ;  $R_2^2(4R_2 - 3R_3) = R_1^3$  розраховуються радіуси  $R_1$  і  $R_2$ ; за висловом  $d_i \approx 0,22\sqrt{R_i}$  розраховуються оптимальні діаметри жил кабелів.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У деяких випадках доцільніше замість радіуса кола або розмірів сторін прямокутної території користуватися площею території, що обслуговується  $S$ . Тоді з (2.5) отримаємо

$$l_a = 0,375 \frac{\alpha_k}{\xi} \sqrt{S}$$

Неважко показати, що між сторонами  $a$ ,  $b$  та площею  $S$  прямокутника мають місце такі залежності:

$$a = \sqrt{S/U} ; b = \sqrt{S \cdot U} ; U = a/b \quad (2.14)$$

Підставляючи значення  $a$  і  $b$  (2.11) при заданому співвідношенні сторін  $U$  в (2.6), (2.8), (2.10) можна обчислювати середню довжину лінії. Так, середня довжина лінії доступу на територію, що має форму прямокутника,

$$l_a = \frac{\sqrt{S}(\sqrt{U} + \sqrt{1/U})}{4\xi} = \frac{\sqrt{S}\varepsilon}{4\xi} , \quad (2.15)$$

де  $\varepsilon$  - коефіцієнт, що враховує витягнутість території.

Розрахунки можна спростити, якщо ввести поправний коефіцієнт  $k_c$ , що враховує форму території. У цьому випадку середня довжина лінії доступу буде дорівнювати

$$l_a = \frac{\alpha_k}{\xi} k_c \sqrt{S}$$

Коефіцієнт  $k_c$  залежно від форми території має такі значення: для кола – 0,375; для правильного шестикутника – 0,379; для квадрата – 0,383; для еліпса із ставленням сторін 2:1 – 0,41 для прямокутника із ставленням сторін 2:1 – 0,43; для прямокутника із ставленням сторін 5:1 0,58; для трикутника – 0,45.

При перспективному проектуванні значення  $l_a$  і  $l_{c.l}$  визначаються у припущенні рівномірного розподілу кінцевих пристроїв на території і розміщенні вузлів надання послуг в геометричному центрі. За конкретного проектування

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

необхідно враховувати реальні умови. Якщо користувачі концентруються навколо ВВП, то середня довжина ЛД зменшується приблизно на 24%, а при концентрації користувачів на периферії території, що обслуговується, середня довжина ЛД збільшується приблизно на 13%.

На середню довжину ЛД впливає місце розміщення вузлу надання послуг. При віддаленні станції від центру навантаження середня довжина ліній зростає. Залежність збільшення довжини ліній від місця розміщення ВВП на квадратній території з рівномірною поверхневою щільністю наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Збільшення середньої довжини ліній при усуненні ВВП від центру навантаження по осях x та y залежно від довжини сторони квадрата території.

Збільшення середньої довжини лінії, %		1	3	5	10	20
Зміщення у % при щільності	нерівномірної	5,1	9,3	12,4	17,6	25,3
	рівномірної	7,4	12,6	16,1	22,6	31,8

### 2.2.3 Спрощені методи розрахунку середньої довжини ЛД прямокутної та радіальної структури мережі доступу

Для розрахунку середньої довжини ліній доступу обрати фрагмент території прямокутної структури – сегмент, що знаходиться в межах певного ВД, який надає обслуговування одній групі користувачів ІКП, що характеризується ортогональною прокладкою ЛД, для якої будується МД, за умовами, що при створенні МД всі користувачі підключаються до ВВП не безпосередньо, а через ВД.

Для розрахунків використовується формула:

$$l = \frac{\int_{-b/2}^{b/2} \eta a y dy + \int_{-a/2}^{a/2} \eta b x dx}{\eta ab}, \quad (2.16)$$

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $a, b$  – розміри території, що розглядається;

$\eta$  – поверхнева щільність розподілення користувачів.

Зазвичай ВД розміщено в центрі сегменту, враховуючи ортогональність прокладки ліній, сумарна довжина ЛД містить довжини вертикальних  $(\int_{-b/2}^{b/2} \eta a y dy)$  і горизонтальних  $(\int_{-a/2}^{a/2} \eta b x dx)$  ділянок. Знаменник містить значення кількості користувачів на території (поверхнева щільність  $\eta$  помножена на площу території  $a \cdot b$ ), оскільки розраховується середня довжина лінії.

Після спрощення вираз прийме вигляд:

$$l = \frac{a + b}{4}. \quad (2.17)$$

Метод розрахунку середньої довжини ЛД радіальної структури

Для розрахунку середньої довжини ліній доступу обрати фрагмент території радіальної структури, що знаходиться в межах певного ВД, який надає обслуговування одній групі користувачів ІКП, що характеризується радіальною прокладкою ЛД та частіше трапецієвидною формою сегменту, для якої будується МД, за умовами, що при створенні МД всі користувачі підключаються до ВВП не безпосередньо, а через ВД.

Для розрахунків використовується формула:

$$l = \frac{\int_0^R 2\pi\eta r^2 \alpha_k dr}{\pi\eta R^2}, \quad (2.18)$$

де  $\eta$  – поверхнева щільність розподілення користувачів;

$r$  – відстань від ВД до користувача МД;

$R$  – радіус території, що розглядається;

$\alpha_k$  – коефіцієнти кривізни прокладки ЛД, значення якого змінюється в діапазоні від 1 до 1,2.

При визначенні середньої довжини ЛД сегмента, враховуються місця розташування усіх користувачів мережі, що розташовані на території обслуговування, при цьому значення  $r$  змінюється в межах від 0 до  $R$ .

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

В результаті перетворень вираз приймає вигляд:

$$l = \frac{2R\alpha_k}{3}. \quad (2.19)$$

### 2.3 Визначення числа та пропускної спроможності вузлів доступу

Для економічної побудови мережі доступу необхідно оптимізувати мережу ліній доступу, вибрати траси для прокладання цих ліній та визначити оптимальну кількість вузлів доступу на території МД. При цьому територію, яка обслуговується одним ВД, назовемо районом обслуговування (РО). Район обслуговування являє собою найменшу територіальну одиницю мережі доступу, що проектується, і відрізняється від шафового району абонентської телефонної мережі тим, що враховує лінії доступу до всіх вторинних мереж. Завдяки цьому шляхи передачі від ВВП до ВД в РО можуть виконуватися багатопарним кабелем великої ємності, коаксіальним або оптоволоконним кабелем. Якщо розподільча шафа використовується кабельний, то РО збігається з шафовим районом.

Кількість кінцевих пристроїв, що підключаються до ВД, визначається як

$$N_p = (N_1 + N_2 + N_3 + N_4)\gamma_1, \quad (2.20)$$

де  $N_1$  – кількість точок підключення термінального обладнання для користувачів ділового та квартирної секторів;

$N_2$  – кількість пунктів колективного доступу, вибирається з міркувань наведених нижче

$N_3$  – кількість орендованих ліній доступу (5-10% от  $N_1$ );

$N_4$  – кількість ліній транспортного сегмента для підключення ВД (реалізованих у вигляді концентраторів, абонентських мультиплексорів або базових станцій бездротового доступу) до ВВП будь-якої базової мережі;

$\gamma_1$  – експлуатаційний запас на сегменті локального доступу (15-20%).

Пункти колективного доступу (ПКД), призначені для надання послуг передачі цифрових даних та доступу до Інтернету для тих жителів САР, які не

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

мають відповідного термінального обладнання. Мінімальна конфігурація ПКД, включає два універсальні телефони, два комп'ютери в повній комплектації, сканер, принтер, факс і модем. Кількість створюваних ПКД визначається класом САР, до якого належить населений пункт та кількість жителів у відповідному населеному пункті.

## 2.4 Приклад розрахунку довжини ЛД мережі доступу

Припустимо, що структура підключення точок доступу до вузлів передачі послуг однорівнева, у такому разі у кожному секторі будемо встановлювати 1 ВД (вузол доступу), тобто кількість  $N_{ВД} = N_{секторів} = 5$ .

Місце розташування ВД за допомогою векторного методу за критеріями мінімізації довжини ЛД у цілому. Дана задачу я буду вирішувати за наступними етапами:

Обираємо фрагмент території на якому потрібно встановити ВД, тобто сектор;

Дану територію розбиваємо на окремі елементарні квадрати (стороною приблизно 50 м);

Для визначення місця розташування ВД використовується програмний продукт FindANN, що дозволяє отримати оптимальне місце розташування ВД за критерієм мінімізації довжини ЛД. Результати розрахунку зображені на рисунках 2.5-2.6.

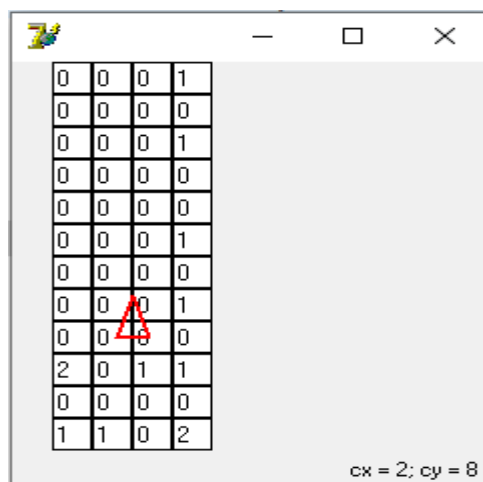


Рис. 2.5 – Місце розташування ВД користувачів групи С

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

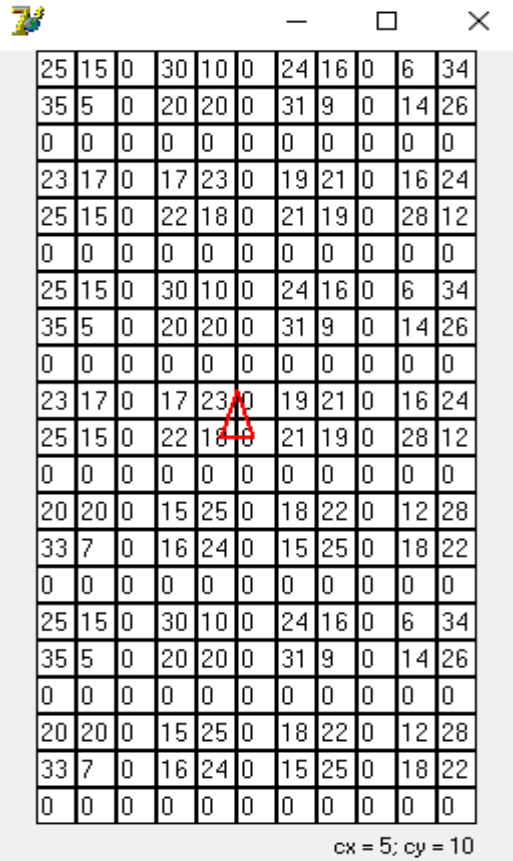


Рис. 2.6– Місце розташування ВД користувачів групи А

Приклад розрахунку довжини ліній доступу. З урахуванням однорівневої ортогональної структури побудови МД формула розрахунку довжини лінії доступу буде наступною  $L_{д} = (a+b)/4$ :

Сектор А:

$a=2$  (км)

$b=1$  (км)

$L_{д}$  сектора А =  $(2+1)/4 = 0,75$  (км)

Сектор В:

$a=2$  (км)

$b=1$  (км)

$L_{д}$  сектора В =  $(2,25+0,5)/4 = 0,69$  (км)

Сектор С:

$a=2$  (км)

$b=1$  (км)

$L_{д}$  сектора С =  $(0,75+0,875)/4 = 0,4$  (км)

Сектор Y:

$a=2$  (км)

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

b=1 (км)

Ллд сектора Y= (0,875+1)/4= 0,47 (км)

Сектор X:

a=2 (км)

b=1 (км)

Ллд сектора X= (0,875+1)/4= 0,47 (км)

Отримані значення ЛДЛС(ліній доступу локального сегменту) менше 1 км, тому припустимо, що однорівнева структуру побудови використовуватися при формуванні структурної схеми.

Визначимо значення довжини лінії доступу для кожного сектору:

При ортогональній структурі значення середньої довжини ЛД розраховується по формулі.

$$l_{\text{срЛД}} = \frac{a + b}{5}$$

де a, b – розміри сегменту, що розглядається. Так як територія мережі доступу поділена на сектори, то розрахунок довжини лінії доступу потрібно проводити для кожного сектору окремо.

Для 1 групи користувачів:

$$l_{\text{срЛД1}} = \frac{1+0,6}{5} = 0,32\text{км}$$

Для 2 групи користувачів:

$$l_{\text{срЛД2}} = \frac{1,4+1,4}{5} = 0,56\text{км}$$

Для 3 групи користувачів:

$$l_{\text{срЛД3}} = \frac{0,45+0,8}{5} = 0,25\text{км}$$

Для 4 групи користувачів:

$$l_{\text{срЛД4}} = \frac{1,4+1,6}{5} = 0,6\text{км}$$

При виконанні курсового проекту використовуємо наступні допущення:

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Будемо використовувати 1-рівневу структуру підключення користувачів до ВНО. Приведемо 1-рівневу модель підключення користувачів (Рис 2.6)

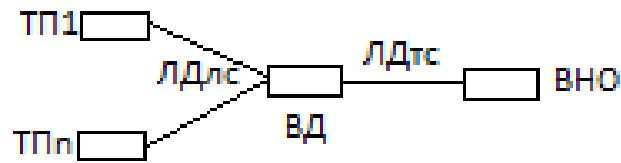


Рис. 2.6 – 1-рівнева модель підключення користувачів

Як видно з даної моделі всі користувачі підключені до базової мережі ВНО тільки через ВД. Таким чином територія яка обслуговується одним вузлом доступу буде збігатися з границями секторів.

### Висновок до другого розділу

Проаналізовано методику розрахунку структурних характеристик мереж доступу. Описані основні поняття та визначення. Проаналізовано процес розрахунку структурних характеристик локального сегменту мережі доступу, розрахунок довжини ліній доступу локального сегменту мережі доступу. Наведено приклади розрахунку структурних характеристик в мережі доступу із використанням проаналізованої та обраної методики. Отримані результати сформовано в таблиці. Визначено число та пропускну спроможність вузлів доступу.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



користувач вибирає радіальну структуру або ортогональну. Головне вікно зображене на Рис.3.2



Рис.3.2 - Головне вікно програми розрахунку лінії доступу

Обравши радіальну структуру відкривається відповідне вікно, яке можна побачити на Рис. 3.3 .

Параметри розрахунку		Параметри розрахунку		Результат розрахунку
Радіус території, км:	<input type="text" value="3.2"/>	Поверхнева щільн. розп.:	<input type="text" value="90"/>	<b>Середня довжина ЛД, км:</b> <input type="text" value="1.6"/>
Рад. обл. і-го ВВП, км:	<input type="text" value="1.1"/>	Поверхнева щільн. КМ:	<input type="text" value="15"/>	
Кількість ВВП, підкл. ЛД:	<input type="text" value="2"/>	Коеф. кривизни ЛД:	<input type="text" value="1.1"/>	
Радіус території, на один	<input type="text" value="0.9"/>	Коеф. крив. ТД між ВД-ВН	<input type="text" value="1.3"/>	
Кількість ВД на ТМД:	<input type="text" value="1"/>	Коеф. крив. ЛД у УД:	<input type="text" value="1.1"/>	
Радіус і-го ТВД, км:	<input type="text" value="1.5"/>			
		<input type="button" value="Розрахувати"/>		<input type="button" value="Історія розрахунків"/>

Рис. 3.3 - Розрахунок радіальної мережі доступу

У цьому вікні є певний набір характеристик, що використовуються саме для розрахунку радіальної мережі доступу. В залежності від введених даних

програма розраховує середню довжину лінії доступу. Також у цьому вікні ми можемо бачити кнопку “Історія розрахунків”. По натисканню цієї кнопки відкривається вікно “Історія розрахунків” у якому ми можемо бачити розрахунки мережі доступу, що були зроблені раніше. На Рис. ми можемо побачити приклад такого вікна.

Радіус території:	Рад. обл. і-го ВВП	Кількість ВВП, підкл. ЛД	Радіус території, на один ВД	Кількість ВД на ТМД	Радіус і-го ТВД	Поверхнева щільн. розп	Поверхнева щільн. КМ	Коеф. кривизни ЛД
5	2	2	15	3	1	30	10	0.3
4.3	1	2	1.4	3	1.3	70	20	1.3
3.4	1.4	3	1.1	2	1.5	120	40	1.2
3.7	0.9	3	1.5	2	1.1	60	25	1.3
2.5	0.6	1	0.75	2	1.2	60	27	1.1
3.2	1.1	2	0.9	1	1.5	90	15	1.1

Рис. 3.4 – Вікно, що містить історію розрахунків

Вікно “Історія розрахунків мережі доступу” містить таблицю з параметрами розрахунку та результатом розрахунку, що вносяться автоматично після натискання кнопки “Розрахувати”. Також тут присутня кнопка “Видалити”, що відповідає за видалення обраних позицій розрахунку.

Також у програмі присутня можливість для розрахування ортогональної мережі доступу. Для цього у головному вікні треба обрати такий тип структури мережі доступу. Натиснувши кнопку “Ортогональна” програма створює вікно такого типу розрахунку, що можна побачити на Рис.

Розрахунок ортогональної мережі доступу

### Ортогональна структура

#### Розрахунок

Параметри розрахунку      Параметри розрахунку      Результат розрахунку

**Сектор А:**

Довжина, км:

Ширина, км:

**Сектор В:**

Довжина, км:

Ширина, км:

**Сектор С:**

Довжина, км:

Ширина, км:

**Сектор D:**

Довжина, км:

Ширина, км:

**Сер. довжина ЛД, км:**

Рис.3.5 - Розрахунок ортогональної мережі доступу

Вікно з розрахунком ортогональної мережі доступу містить в собі параметри розрахунку для такого типу мереж доступу. Середня довжина ЛД розраховується в залежності від введених параметрів. При натисканні кнопки “Розрахувати” програма виконує математичні розрахунки, видає результат та вносить усі ці дані до бази даних. При натисканні кнопки “Історія розрахунків” відкривається відповідне вікно, яке зображене на Рис. 3.6.

Історія розрахунків ортогональних МД:

#### Історія розрахунків МД

Довжина А	Ширина А	Довжина В	Ширина В	Довжина С	Ширина С	Довжина D	Ширина D	Середня довжина ЛД
1	2	3	2	1	3	4	2	2.25
3	2	3	1	4	2	1	4	2.75
2.1	1.3	1	1	0.3	1.2	1.6	3	1.25
1	3	2.4	1.2	2.5	4	2	1.2	1.975
0.5	0.7	2	1	5	2.1	2	3.1	2.375
2	0.4	0.1	1.6	4	2	0.5	1.7	1.65

Рис. 3.6 - Історія розрахунків ортогональної МД

Таблиця з параметрами розрахунку та результатом розрахунку міститься у вікні “Історія розрахунків”, що вносяться автоматично після натискання

кнопки “Розрахувати”. За допомогою кнопки “Видалити” є змога видалити результати, які з будь-якої причини є зайвими у таблиці.

### 3.2 Опис інтерфейсу користувача

Для того, щоб користувач міг скористатися цією програмою та зробити потрібні обчислення необхідно запусити відповідний EXE-файл, який запусить програму. У відкритому вікні, яке є головним користувач має обрати один з двох типів мережі доступу, що доступні у даній програмі.

Якщо користувачу потрібно зробити розрахунок для радіальної мережі доступу, то, відповідно, йому потрібно натиснути на кнопку “Радіальна” (Рис. ). Обравши її для користувача відкривається вікно з параметрами розрахунку радіальної мережі доступу. У цьому ж вікні по натисканню кнопки “Розрахувати” користувач отримує результат розрахунку програми, а саме середню довжину лінії доступу для радіальної мережі доступу.

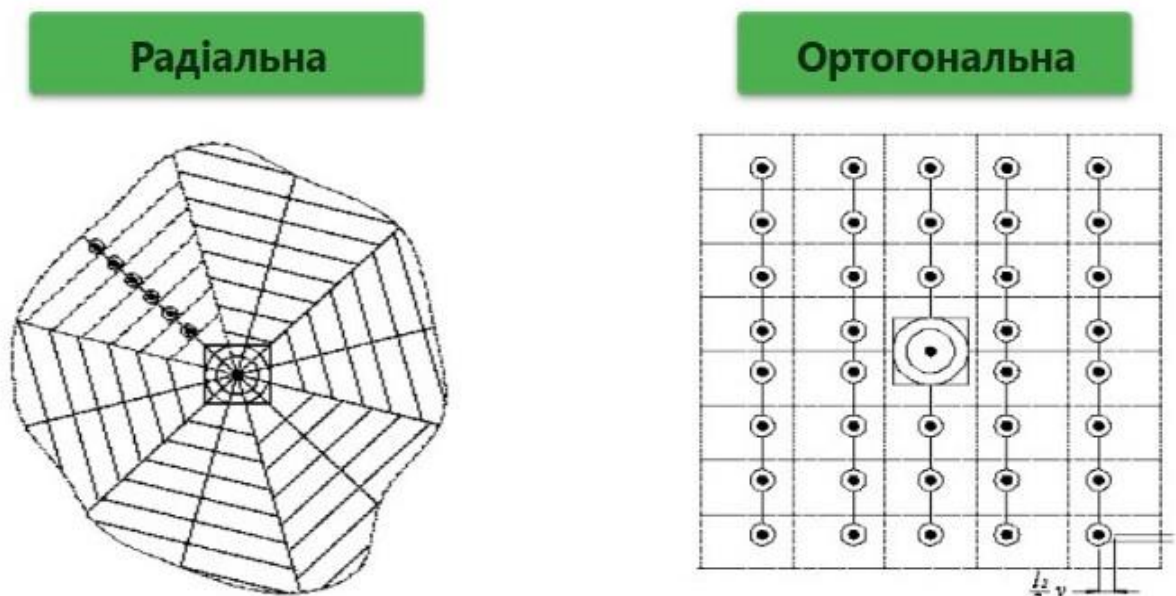


Рис. 3.7 – Моделі побудови мережі доступу

Для того, щоб користувач міг скористатися попередніми розрахунками програма має функцію “Історія розрахунків”, що доповнюється автоматично кожного разу, коли робиться розрахунок. Для того, щоб подивитися історію

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

розрахунків користувач повинен натиснути на кнопку “Історія розрахунків” та перейти у відповідне вікно. У цьому вікні користувач має змогу видалити за потреби зайві результати за допомогою кнопки “Видалити”. Приклад збережених розрахунків приведений на Рис. 3.8

Радіус території:	Рад. обл. і-го ВВП	Кількість ВВП, підкл. ЛД	Радіус території, на один ВД	Кількість ВД на ТМД	Радіус і-го ТВД	Поверхнева щільн. розп	Поверхнева щільн. КМ	Коеф. кривизни ЛД
5	2	2	15	3	1	30	10	0.3
4.3	1	2	1.4	3	1.3	70	20	1.3
3.4	1.4	3	1.1	2	1.5	120	40	1.2
3.7	0.9	3	1.5	2	1.1	60	25	1.3
2.5	0.6	1	0.75	2	1.2	60	27	1.1
3.2	1.1	2	0.9	1	1.5	90	15	1.1

Рис. 3.8 - Приклад збережених розрахунків

Якщо користувачу необхідно розрахувати середню лінію мережі ортогональної мережі доступу, то для цього потрібно у головному вікні вибрати відповідний метод розрахунку натиснувши на кнопку “Ортогональна”. Після цього програма створює вікно відповідного класу, та з відповідними полями для вводу даних саме для такої структури мережі доступу. У цьому вікні видно, як мережа поділена на кілька секторів. Користувач може заповнювати лише частину цих секторів, в залежності від того, мережу яких розмірів та складності потрібно розрахувати. Ввівши дані у поля (приклад приведений на Рис.), користувач натискає кнопку “Розрахувати” після чого він має змогу бачити результати розрахунку.

<b>Сектор А:</b>		<b>Сектор С:</b>		<b>Сер. довжина ЛД, км:</b>	<input type="text" value="1.65"/>
Довжина, км:	<input type="text" value="2"/>	Довжина, км:	<input type="text" value="4"/>		
Ширина, км:	<input type="text" value="0.4"/>	Ширина, км:	<input type="text" value="2"/>		
<b>Сектор В:</b>		<b>Сектор D:</b>			
Довжина, км:	<input type="text" value="0.1"/>	Довжина, км:	<input type="text" value="0.5"/>		
Ширина, км:	<input type="text" value="1.6"/>	Ширина, км:	<input type="text" value="1.7"/>		

Рис. 3.9 – Приклад форми для введення вихідних даних

Після розрахунку програма автоматично додає до бази даних(історії розрахунку) усі використані дані. Якщо є потреба щось змінити у розрахунку можна повторити операцію, при цьому додатковий запис у базі даних створюватись не буде, а лише перезапишеться повторно. Якщо є намір розрахувати іншу мережу, то для цього потрібно закрити діалогове вікно розрахунку та створити нове, яке і дозволить зробити новий розрахунок та новий запис у базі даних.

### 3.3 Опис автоматизованої програми для розробника

Для реалізації даної дипломної роботи була обрана мова програмування C#, яка, з технічної точки зору, підходить для цього проекту як найкраще та здатна задовольнити всі вимоги до поставленої задачі. C# є об'єктно-орієнтованою мовою програмування, що дає змогу створювати великі за розмірами проекти та можливість їх масштабувати. Для створення програмного забезпечення з розрахунку мереж доступу були реалізовані вікна для розрахунку та розроблена схема взаємодії між ними. На Рис. 3.10 зображена схема взаємодії блоків програми, які використовуються у даному дипломному проекті. На цій схемі видно яким чином різні блоки програми взаємодіють та як.

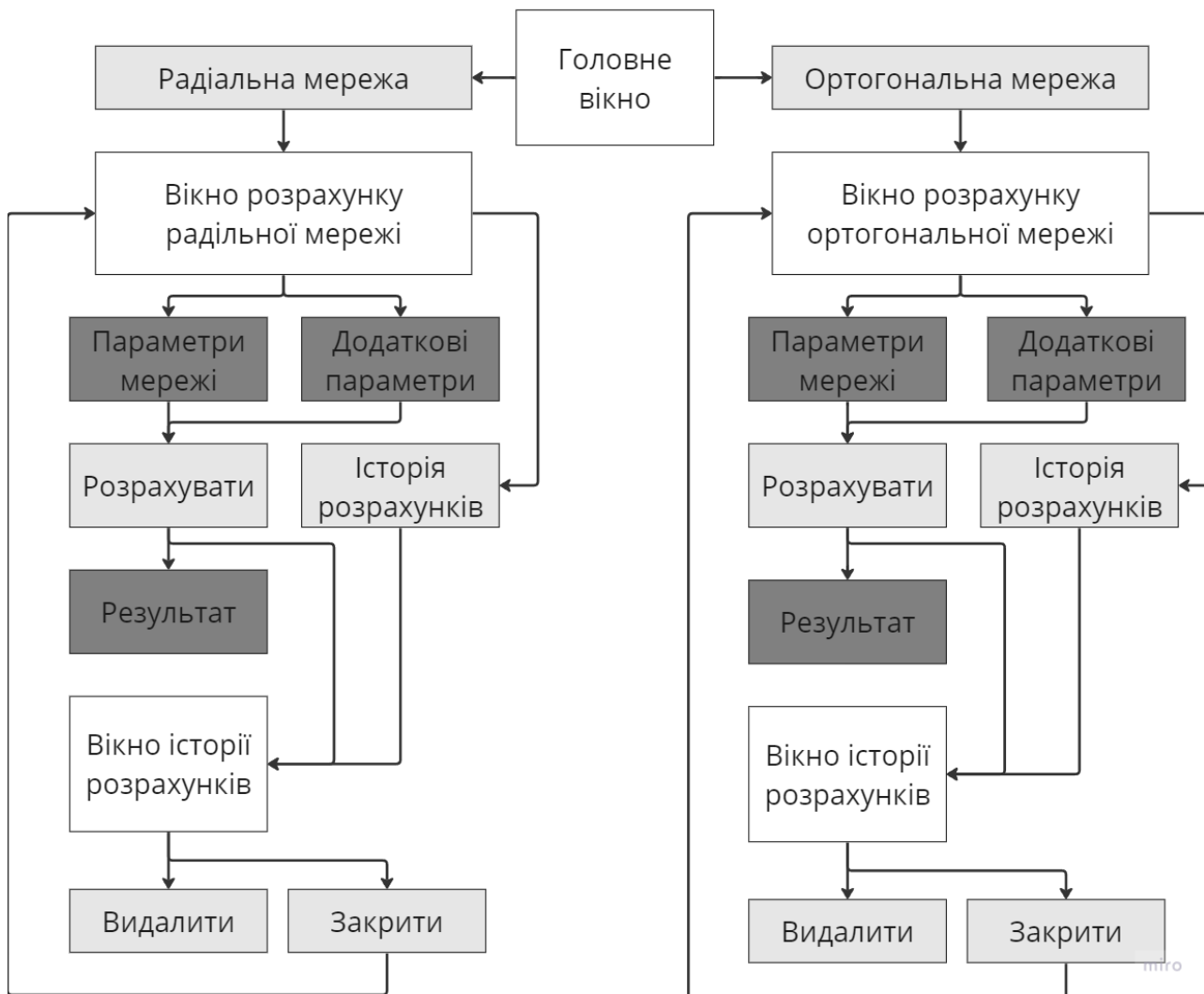


Рис. 3.10 - Схема взаємодії блоків програми

На Рисунку зображений скріншот, що демонструє створення та відображення даних із бази даних. За допомогою методу “Binding” таблиця отримує дані із властивостей класу, що відповідає за розрахунок радіальної МД.

```

<DataGrid.Columns>
  <DataGridTextColumn Header="Радіус території:" Binding="{Binding RadiusTotal}"/>
  <DataGridTextColumn Header="Рад. обл. i-го ВВП" Binding="{Binding VNP}"/>
  <DataGridTextColumn Header="Кількість ВВП, підкл. ЛД" Binding="{Binding VNPCount}"/>
  <DataGridTextColumn Header="Радіус території, на один ВД" Binding="{Binding RadiusSingle}"/>
  <DataGridTextColumn Header="Кількість ВД на ТМД" Binding="{Binding VDCount}"/>
  <DataGridTextColumn Header="Радіус i-го ТВД" Binding="{Binding RadiusTVD}"/>
  <DataGridTextColumn Header="Поверхнева щільн. розп" Binding="{Binding Surface1}"/>
  <DataGridTextColumn Header="Поверхнева щільн. КМ" Binding="{Binding Surface2}"/>
  <DataGridTextColumn Header="Коеф. кривизни ЛД" Binding="{Binding CurvatureCoefficientLD}"/>
  <DataGridTextColumn Header="Коеф. крив. ТД між ВД-ВВП" Binding="{Binding CurvatureCoefficientTD}"/>
  <DataGridTextColumn Header="Коеф. крив. ЛД у УД" Binding="{Binding CurvatureCoefficientLD_UD}"/>
  <DataGridTextColumn Header="Середня довжина ЛД" Binding="{Binding AverageLength}"/>
</DataGrid.Columns>
  
```

Рис. 3.11 - Скріншот створення візуального відображення бази даних для розрахунку радіальної мережі доступу



```

DROP TABLE IF EXISTS `radial`;
CREATE TABLE `radial` (
  `Id` int NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `RadiusTotal` double NOT NULL,
  `VNP` double NOT NULL,
  `VNPCount` double NOT NULL,
  `RadiusSingle` double NOT NULL,
  `VDCount` double NOT NULL,
  `RadiusTVD` double NOT NULL,
  `Surface1` double NOT NULL,
  `Surface2` double NOT NULL,
  `CurvatureCoefficientLD` double NOT NULL,
  `CurvatureCoefficientTD` double NOT NULL,
  `CurvatureCoefficientLD_UD` double NOT NULL,
  `new_tablecolAverageLength` double NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`Id`)
);

```

Рис.3.15 - Створення таблиці для радіального розрахунку

Фрагмент коду, що приведений нижче, на Рис.3.16 , відображає створення таблиці для запису ортогонального розрахунку. На Рис.3.15 видно код мови запитів SQL, який створює ще одну таблицю та відповідає за збереження даних для кожного сектору окремо. Обидві таблиці є взаємопов'язаними між собою за допомогою зовнішніх ключів.

```

DROP TABLE IF EXISTS `orto`;
CREATE TABLE `orto` (
  `Id` int NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `SectorAId` int NOT NULL,
  `SectorBId` int NOT NULL,
  `SectorCId` int NOT NULL,
  `SectorDId` int NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`Id`),
  KEY `fn_sector_a_idx` (`SectorAId`),
  KEY `fn_sector_b_idx` (`SectorBId`),
  KEY `fn_sector_c_idx` (`SectorCId`),
  KEY `fn_sector_d_idx` (`SectorDId`),
  CONSTRAINT `fn_sector_a` FOREIGN KEY (`SectorAId`) REFERENCES `sector` (`Id`),
  CONSTRAINT `fn_sector_b` FOREIGN KEY (`SectorBId`) REFERENCES `sector` (`Id`),
  CONSTRAINT `fn_sector_c` FOREIGN KEY (`SectorCId`) REFERENCES `sector` (`Id`),
  CONSTRAINT `fn_sector_d` FOREIGN KEY (`SectorDId`) REFERENCES `sector` (`Id`)
);

```

Рис.3.16 - Створення таблиці для ортогонального розрахунку

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 3.4 Технології реалізації дипломного проекту

Програмне забезпечення для даного проекту було розроблене за допомогою середовища розробки Visual Studio та мови програмування C#. Мова програмування C# насичена широким функціоналом для реалізації такого типу задач. Ця мова програмування підходить для зручної розробки дуже складних систем.

Перевагами мови C# між іншими мовами можна назвати те, що мова входить до десятки провідних напрямків, які користуються високим попитом на ринку розробки програмного забезпечення. C# має у своєму арсеналі велику кількість фреймворків та інструментів. Для вирішення різноманітних завдань для цієї мови програмування створена велика база матеріалів, що дуже поліпшує розробку. Ця мова програмування дає розробнику максимальний контроль за всіма аспектами виконання програми. Нові покращення з'являються дуже швидко, а сама мова активно розвивається, значно швидше ніж інші мови програмування.

Строго типізована мова програмування має значно кращі властивості при розробці складних систем. C# - це строго типізована мова, тобто компілятор перевіряє код на помилки, пов'язані з типами, ще до його виконання. Визначаючи потенційні помилки заздалегідь, C# позбавляє від проблем налагодження і забезпечує надійність і стійкість програм. Це схоже на особистого тренера для твого коду, який підтримує його у чудовій формі.

Інтерфейс програми, яка була реалізована у дипломній роботі була реалізована на платформі WPF. Windows Presentation Foundation (WPF) - аналог WinForms, система для побудови клієнтських програм Windows з візуально привабливими можливостями взаємодії з користувачем, графічна (презентаційна) підсистема у складі .NET Framework та використовує мову XAML. Фреймворків для розробки інтерфейсу користувача дуже багато, але цей фреймворк від інших відрізняється гнучкими функціями та плагінами.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



## РОЗДІЛ 4

### ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 4.1 Техніко-економічний аналіз передбачуваного проекту

##### 4.1.1 Класифікаційна оцінка проекту

Клас – монопроект, так як це проект з чіткими завданнями.

Тип – організаційно-технічний: забезпечення якості обслуговування користувачів мережі доступу.

Вид – дослідно-інноваційний.

Тривалість – короткостроковий.

Рівень – галузевий.

##### 4.1.2 Призначення проекту

Проект призначається в першу чергу для вирішення проблеми, які стали вельми помітними особливо в 2020 році, це задоволення потреб користувачів у сучасних інтерактивних інфокомунікаційних послугах та модернізація обладнання мережі для якісного доступу до мережу доступу.

Головним призначенням модернізації мережі доступу в населеному пункті Холодна Балка – це підвищення рівня якості послуг які надаються користувачам, збільшення швидкості доступу, мінімізація часу доступу до мережі, зведення до мінімуму часу затримки пакетів в мережі та мінімізація ймовірності помилок.

В дипломній роботі запропоновано реалізувати забезпечення якості обслуговування користувачів шляхом аналізу обладнання та його подальшої заміни, проведенням аналізу технологій PON – вибору оптимальної технології для модернізації мережі доступу.

Актуальність теми дослідження обґрунтована ще й тим, що зараз спостерігається різкий зріст користувачів мереж, який спричинений пандемією, карантинном та карантинном вихідного дня. В першу чергу підвищення якості

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

віддаленого навчання а віддаленої роботи за рахунок надання максимально якісного доступу.

**Об'єктом** дослідження є побудова мережа доступу.

**Предметом** – є методика побудови сучасної мережі доступу.

**Метою** роботи є надання мешканцям селища широкого спектру інфокомунікаційних послуг з нормативної якості, за рахунок побудови нової або модернізації, вже існуючої, мережі доступу на базі сучасної оптичної технології *PON*.

#### 4.1.3 Життєвий цикл проекту

Поняття життєвого циклу проекту важливе для дослідження й аналізу проблем фінансування пов'язаних з ним робіт і прийняття відповідних управлінських рішень під час його реалізації.

Життєвий цикл проекту (проектний цикл) – це період від народження ідеї до завершення та закриття проекту.

Проектний цикл слід віднести окремі стадії або так звані етапи розвитку, які називаються фазами. Найчастіше виокремлюють саме: доінвестиційну, реалізації та експлуатації.

До інвестиційна фаза включає аналіз умов для втілення проектного задуму; розробку концепції проекту; розробку бізнес-плану та попереднє обґрунтування інвестицій, оцінку життєздатності проекту.

На етапі розробки концепції проекту визначають кінцеві цілі проекту і виявляють можливі шляхи їх досягнення.

Цей етап охоплює в собі чітко сформульовані основні характеристики проекту, до яких в свою чергу відносяться:

- наявність альтернативних технічних и технологічних можливостей;
- тривалість та попит на продукцію проекту;
- рівень базових і прогнозованих цін на послуги;
- перспективи експорту продукції;
- складність проекту;
- співвідношення витрат на реалізацію проекту і його результатів.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

На основі цих та інших показників попередньо аналізують можливості реалізації проекту, нерідко для таких цілей використовується допомогою експертна система. Етап оцінки життєздатності проекту передбачає стисле ТЕО. Далі формують конкретні цілі й обмеження, а також визначають вартість проекту з точністю 25 – 40%.

Результатом такої оцінки життєздатності проекту є обґрунтування переваги обраної альтернативи перед іншими. Після цього інвестор, або замовник має переконатися, що вироблена, в результаті реалізації проекту, продукція, протягом життєвого циклу, матиме стабільний попит, достатній для призначення ціни, яка б забезпечила покриття витрат на експлуатацію й обслуговування об'єктів проекту, швидку окупність капіталовкладень.

Проектний продукт має бути підданий таким видам аналізу: технічному, комерційному, екологічному, організаційному, соціальному.

Розглянемо ті критеріями життєздатності проекту, які класифіковані на початку оцінки проекту.

Технічний аналіз дає змогу виявити техніко-економічні альтернативи; варіанти місцезнаходження об'єкта; масштаб і обсяг проекту; терміни реалізації проекту загалом і за фазами; доступність і достатність сировини та інших необхідних ресурсів.

Організаційний – оцінка організаційних, правових, політичних та адміністративних умов, в яких має реалізуватися й експлуатуватися проект.

Після визначення життєздатності проекту і прийняття рішення про початок його здійснення складають план робіт, тобто структурно визначену послідовність етапів робіт, які виконують задля досягнення визначеного комплексу цілей (хто й що має робити і в які терміни). На основі плану робіт складають докладний календарний графік робіт або мережного графіку, що дає змогу точніше оцінити вартість проекту.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 4.2 Організаційне забезпечення проекту

4.2.1. До основних завдань, вирішення яких веде до досягнення поставленої мети належать наступні.

1. Проаналізувати необхідність модернізації, враховуючі всі зміни станом на 2020 рік.
2. Охарактеризувати реальну територію, де планується оновити обладнання доступу, порівнявши з минулою МД.
3. Провести аналіз зростання попиту на інтерактивні (ІКП) для вирішення проблем для учнів, студентів, робітників.
4. Провести аналіз ІКП послуг:
  - Оновити необхідний перелік ІКП, який буде надавати модернізована мережа, враховуючі зростання потреби саме в інтерактивних послугах;
  - розглянути характеристики та параметри ІКП.
5. Розділити користувачів на кілька груп за призначенням.
6. Модернізувати майбутню структуру мережі доступу:
  - проаналізувати топологію, фізичну структуру та технологію мережі;
7. Провести аналіз оптимального обладнання, для цього побудувати порівняльну таблицю для вузлів доступу, порівнюючи їх , визначення його обсягу з урахуванням зростання попиту на послуги, що надаються, для реалізації мережі.
8. Розробка модернізованої моделі з урахуванням усіх особливостей приміського населеного пункту Холодна Балка та сучасні проблеми зв'язані з збільшенням навантаження.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 4.1 – Склад робіт проекту, їх тривалість

Код роботи	Найменування роботи	Т (дні )	Код Попере дньої роботи
0-1	Розробка технічного завдання	9	-
1-2	Збір даних	7	0-1
2-3	Аналіз існуючої мережі	7	1-2
3-4	Проведення аналізу положення	9	2-3
4-5	Встановлення потреби в результатах	5	3-4
4-6	Затвердження концепції	4	3-4
5-7	Встановлення ділових контактів, вивчення цілей, мотивів, вимог	5	4-5
6-7	Розвиток концепції, планування наочної області інших елементів проекту	4	4-6
7-8	Розробка і затвердження звідного плану	6	4-7; 6-7
7-9	Організація виконання робіт	10	4-7; 6-7
8-10	Інформаційний контроль за виконанням робіт	6	7-8
9-10	Детальне проектування і технічні специфікації	8	7-9
10-11	Керівництво і координація робіт, коректування основних показників проекту	10	8-10; 9-10
11	Підтвердження закінчення робіт	4	10-11

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



- $R_i$  – резерв часу події;
- $L_{кр}$  – тривалість критичного шляху.

Розрахунок параметрів мережного графіку зведемо у таблицю 5.2:

Таблиця 4.2 – Параметри робіт мережного графіка

Попередня робота	Робота		Ранній строк			Пізній строк			$R_i$
	i	j	$t_{рн}$	$t_{ij}$	$t_{ро}$	$t_{пн}$	$t_{по}$	$R_c$	
-	0	1	1	9	9	2	10	100	0
0-1	1	2	9	7	15	10	16	94	1
1-2	2	3	15	7	21	16	22	88	1
2-3	3	4	21	9	29	22	30	80	1
3-4	4	5	29	5	33	30	34	76	0
3-4	4	6	33	4	36	34	37	73	1
4-5	5	7	36	5	40	37	41	69	1
4-6	6	7	40	4	43	41	44	66	1
4-7; 6-7	7	8	43	6	48	44	49	61	1
4-7; 6-7	7	9	48	10	57	49	58	52	1
7-8	8	10	57	6	62	57	63	47	1
7-9	9	10	62	8	69	63	70	40	0
8-10; 9-10	10	11	69	10	78	70	79	31	1
10-11	11	2	8	4	83	79	84	26	1
10-11	11	13	81	6	86	82	87	23	0
11-12	12	14	86	5	90	87	91	19	0
11-13	13	14	90	9	98	91	99	11	0
12-14; 13-14	14	15	98	4	101	99	102	8	1
14-15	15	16	101	10	110	102	111	0	1

Визначення критичного шляху: 0-1-2-3-4-6-7-8-10-11-12-14-15-16

#### 4.2.5 Маркетингове обґрунтування проекту

Даний проект є актуальним, особливо в зв'язку з подіями останнього часу, коли збільшується кількість користувачів, а відповідно і навантаження на мережу. Провівши аналіз – зрозуміло, що на необхідність модернізації найбільше впливали наступні фактори. Поява нових користувачів – молодшого віку (школярі молодших класів), які раніше не користувалися інтерактивними послугами під час навчання і старшого віку (вчителі старшого віку), які раніше взагалі не користувалися онлайн послугами, а зараз змушені освоювати комп'ютери та виходити в онлайн для роботи. Необхідність в нових ІКП послугах інтерактивного характеру, саме для них важлива якість (мінімізація помилок, час доступу та ін.) роботи. Все фактори, які зазначені вище збільшили навантаження на мережу.

До чинників, що визначають доцільність впровадження проекту з модернізацією мережі відносяться:

- підвищення оперативності роботи;
- підвищення надійності ходу технологічного процесу;
- зниження до мінімального значення кількості помилок;
- вивільнення персоналу до оптимальної кількості.

### 4.3 Економічні розрахунки проекту

#### 4.3.1 Визначення трудомісткості розробки ПП

Розрахунок трудомісткості програмного продукту, що розробляється, проводиться за формулою:

$$T_{ПП} = T_{ТЗ} + T_{ТП} + T_{РП} + T_{ВН}, \quad (4.1)$$

де:  $T_{ТЗ}$  – трудомісткості розробки технічного завдання створення ПП;

$T_{ТП}$  – трудомісткості розробки технічного проекту ПП;

$T_{РП}$  – трудомісткості розробки робочого проекту ПП;

$T_{ВН}$  – трудомісткості впровадження розробленого ПП;

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розраховуючи трудомісткість, необхідно враховувати, що програмний засіб (ПЗ) по ступеню новизни, що розробляється, є ПЗ, яке має аналог. Крім того, по типу ПЗ даний проект належить до системи автоматизованих розрахунків, а значить його трудомісткість складає 414 людино/г.

Розрахунок трудомісткості розробки технічного проекту розраховується за наступній формулою 5.2.

$$T_{ТЗ} = T_y * L_1 * K_n, \quad (4.2)$$

де  $T_y$  – укрупнена форма часу на розробку аналога ПЗ, людино/г, яка корегується поправочним коефіцієнтом  $K_n$ , враховуючи умови розробки за допомогою комп'ютеру ( $K_n = 0.7$ ).

$L_1$  – питома вага даного етапу розробки з урахуванням ступеню новизни становить 0.1.

$K_n$  – поправочний коефіцієнт, враховуючи ступінь новизни ( $K_n = 0.7$ ).

$$T_{ТЗ} = (414 * 0.7) * 0.1 * 0.7 = 20.3 \quad (\text{людина} - \text{дні}).$$

Розрахунок трудомісткості розробки технічного проекту проводиться за формулою 5.3.

$$T_{ТП} = T_y * L_2 * K_n, \quad (4.3)$$

де  $L_2$  – питома вага даного етапу розробки з урахуванням ступеню новизни становить 0.15.

$$T_{ТП} = (414 * 0.7) * 0.15 * 0.7 = 30,4 \quad (\text{людина} - \text{дні}).$$

Розрахунок трудомісткості розробки робочого проекту проводиться за формулою 5.4.

$$T_{РП} = T_y * L_3 * K_n * K_T, \quad (4.4)$$

де  $L_3$  – питома вага даного етапу розробки з урахуванням ступеню новизни становить 0.7.

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$\kappa_T$  – поправочний коефіцієнт, враховуючи ступінь використання в розробці типових програм ( $\kappa_T = 0.8$ ).

$$T_{PI} = (414 * 0.7) * 0.55 * 0.7 * 0.8 = 89,3 (\text{людина - дні}).$$

Розрахунок трудомісткості впровадження проводиться за формулою 4.5

$$T_{BH} = T_y * L_4 * \kappa_n, \quad (4.5)$$

де  $L_4$  – питома вага даного етапу розробки з урахуванням ступеню новизни становить 0.2.

$$T_{BH} = (414 * 0.7) * 0.2 * 0.7 = 40,6 (\text{людина - дні}).$$

В таблиці 5.3 приведено розрахунок трудомісткості розробки проекту  
Тривалість розробки ПП визначається за формулою 5.6.

$$T_{III} = \sum T_{ij} / (5 * 0.73 * 360), \quad (4.6)$$

- де  $\sum T_{ij}$  – сумарна тривалість розробки, г;
- 6 – тривалість робочого дня, г;
  - 0.73 – коефіцієнт переводу у календарні дні;
  - $T_{ij}$  – тривалість виконання j-го виду роботи по i-му етапу.

Таблиця 4.3 – Розрахунок трудомісткості проекту

Назва етапу	Розрахунок, дні
1.Технічне завдання	$T_{T3} = 20,3$ , $T_{KK} = 0.7 * N_{T3} = 0.7 * 20,3 = 14,21$ , $T_{HK} = 0.15 * N_{T3} = 0.15 * 20,3 = 3,05$
2.Розробка технічного проекту	$T_{PI} = 30,4$ , $T_{KK} = 0.7 * N_{PI} = 0.7 * 30,4 = 21,28$ , $T_{HK} = 0.15 * N_{PI} = 0.15 * 30,4 = 4,56$
3.Розробка робочого проекту	$T_{PI} = 89,3$ , $T_{KK} = 0.7 * N_{PI} = 0.7 * 89,3 = 62,51$ , $T_{HK} = 0.15 * N_{PI} = 0.15 * 89,3 = 13,395$
4.Відладка та впровадження	$T_{BH} = 40,6$ , $T_{KK} = 0.7 * N_{BH} = 0.7 * 40,6 = 28,42$ , $T_{HK} = 0.15 * N_{BH} = 0.15 * 40,6 = 6,09$
Усього:	$\sum T_{ij} = 20,3 + 14,21 + 3,05 + 30,4 + 21,28 + 4,56 + 89,3 + 62,51 + 13,395 + 40,6 + 28,42 + 6,09 = 334,115$

$$T_{III} = 334,115 / (5 * 0.73 * 360) = 334,115 / 1314 = 0,2542(\text{років}).$$

$$T_{III} = 0,2542 * 360 = 91,512(\text{днів})$$

#### 4.3.2 Визначення ціни проекту

Для визначення ціни необхідно розрахувати основну заробітну плату працівників, матеріальні витрати, вартість машино-години та інші витрати на розробку продукту. Розрахунок проводиться за формулою 5.7.

$$Ц = K * C + П_p, \quad (4.7)$$

–  $K$  – коефіцієнт обліку витрат на виготовлення дослідного зразка ПП як продукції виробниче технічного призначення ( $K = 1.1$ ).

–  $C$  – витрати на розробку продукції (кошторисна собівартість).

–  $П_p$  – нормативний прибуток.

Розрахунок нормативного прибутку проводиться за формулою 5.8.

$$П_p = (C - C_M) * P_n / 100, \quad (4.8)$$

–  $C_M$  – матеріальні витрати, грн.

–  $P_n$  – норматив рентабельності приймається рівним 25%.

$$П_p = (47474 - 3550) * 0,25 = 1098,1$$

Розрахунок матеріальних витрат приведено в таблицях 5.4

Таблиця 4.4 – Розрахунок витрат на відрядження

Найменування матеріалу	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Канцтовари			550
Папір	15	60	900
Виготовлення ксерокопій креслень			950
Виготовлення рекламних листівок	100	2	200
Дискети, CD-диски, Flash-накопичувачі			950
Всього			3550

					<b>KPM.KI.1.884-03.2.4</b>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$Ц = 1.1 \cdot 47474 + 1098,1 = 53319,5$$

Основна заробітна плата враховує основну заробітну плату виконавця, безпосередньо зайнятого розробкою даного ПП, з урахуванням його посадового окладу та часу участі в розробці. Розрахунок виконується за формулою 4.9.

$$C_{30} = \sum (Z_i * K_0 / Dp) * \tau_i, \quad (4.9)$$

Де:

- $Z_i$  – середньомісячний оклад і-того виконавця, грн.
- $K_0$  – коефіцієнт обліку окладу керівників і консультантів проекту приймається рівним 0.1.
- $Dp$  – середня кількість робочих днів в місяці приймається рівною 21 дню.
- $\tau_i$  – трудомісткість робіт, що виконуються і-тим виконавцем, людино/дні.

У розробці задіяні постановник задачі та розробник проекту (мережі), середньомісячний оклад яких складає 10800, 5000 грн. відповідно.

Трудомісткості робіт складають 91,512 чол-дні.

$$C_{30} = \frac{10800 * 0.1 * 40}{21} + \frac{5000 * 91,512}{21} = 2057,1 + 21788,6 = 23845,7.$$

Розрахунок додаткової заробітної платні враховує всі виплати безпосереднім виконавцям за час непропрацьований на виробництві, у тому числі: оплата чергових відпусток, компенсації за недовикористану відпустку, оплати пільгового годинника підліткам та ін. і проводиться за формулою (4.10).

$$C_{зд} = C_{30} * K_d, \quad (4.10)$$

де  $K_d$  – коефіцієнт відрахувань на заробітну платню приймається рівним 0.1.

$$C_{зд} = 23845,7 * 0.1 = 2385,57(\text{грн}).$$

Розрахунок відрахувань на соціальне страхування враховує відрахування до бюджету соціального страхування за встановленим державою тарифом від

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

суми основної і додаткової заробітної платні і розраховується за формулою (5.11).

$$C_{cc} = K_{cc} * (C_{зо} + C_{зд}), \quad (4.11)$$

Де:  $K_{cc}$  – коефіцієнт відрахувань на соціальне страхування приймається рівним 0,22, він є єдиним соціальним неском.

$$C_{cc} = 0,22 * (23845,7 + 2385,57) = 5770,87(\text{грн.})$$

Загальновиробничі витрати розраховуються за формулою 4.12 і враховують витрати на загальногосподарські витрати, позавиробничі витрати і витрати на управління.

$$C_H = K_H * C_{зо}, \quad (4.12)$$

де  $K_H$  – коефіцієнт накладних витрат приймається рівним 0.5.

$$C_H = 0.5 * 23845,7 = 11922,85(\text{грн.}).$$

В таблиці 4.5 представлена кошторисна собівартість ПП.

Таблиця 4.5 – Сметна вартість ПП

Назва категорії витрат	Кошторисна собівартість, грн.
Основна заробітна плата	23845,7
Додаткова заробітна плата	2384,57
Відрахування на соціальне страхування	5770,87
Матеріальні витрати	3550
Загальновиробничі витрати	11922,85
Сумарна собівартість	47474

#### 4.3.3 Визначення капітальних і поточних витрат

Розрахунок капітальних витрат, пов'язаних з впровадженням (вдосконаленням) ІС здійснюється за формулою 5.13.

$$K_2 = K_{II} + K_{KO} + K_{DO} + K_B, \quad (4.13)$$

- $K_{II}$  – передвиробничі витрати;
- $K_{KO}$  – вартість комп'ютерного устаткування(
- $K_{DO}$  – вартість допоміжного устаткування, необхідного для надійної роботи мережі доступу;
- $K_B$  – вартість будівництва (реконструкції) у зв'язку з впровадженням мережі доступу.

Передвиробничі витрати – всі витрати, пов'язані з проектуванням, розробкою, відладкою та впровадженням програмного забезпечення, навчання обслуговуючого систему персоналу, перепідготовка частини персоналу підприємства та інші передвиробничі витрати розраховуються за формулою 4.14.

$$K_{II} = C * 1.0. \quad (4.14)$$

Таким чином,  $K_{II}$  приймаються у розмірі 100% від вартості розробленого ПП і становлять:

$$K_{II} = 53319,5 * 1.0 = 53319,5(\text{грн}).$$

Спеціальне комп'ютерного устаткування вартістю 121000 грн, додаткове 8900 грн. Будівництво, пов'язане з впровадженням проекту приблизно 15000 грн. З цього виходить, що величина капітальних витрат складає:

$$K_2 = 53319,5 + 121000 + 8900 + 15000 = 198219,5(\text{грн}).$$

Розрахунок поточних витрат, пов'язаних з впровадженням інформаційної системи здійснюється за формулою 5.15. Основними користувачами програми є адміністратор та інженер самого проекту, в разі модернізації. Тобто при модернізації скорочено одного робітника.

$$C = C_{OПЛ} + C_A + C_{ЕЛ} + C_P + C_{ДОП} + C_{II}, \quad (4.15)$$

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Де:

- $C_{опл}$  – річний фонд основної і додаткової оплати праці персоналу, обслуговуючого мережі;
- $C_A$  – сума річних амортизаційних відрахувань від вартості основного і допоміжного устаткування мережі;
- $C_{ел}$  – вартість витрат на електроенергію за рік;
- $C_P$  – вартість річного ремонту основного і допоміжного устаткування;
- $C_{доп}$  – річна вартість допоміжних матеріалів, пов'язаних з експлуатацією мережі;
- $C_{II}$  – вартість річного утримання приміщень.

Модернізована мережа дозволить скоротити робітника, залишиться 2 робітники, з оплатою 45 грн./год кожен. Тобто виходить економія за рік 82125 грн на одному робітнику, який був скорочений.

Річний фонд основної заробітної платні персоналу, обслуговуючого мережу розраховується за формулою 5.16.

$$Z_{опл} = \sum \chi_{ci} * Z_{ci} + \sum \chi_{pj} * t_{cj} * \Phi_{pj}, \quad (4.16)$$

–  $\chi_{ci}, \chi_{pj}$  – чисельність, відповідно, фахівців і-ї категорії та j-того розряду, обслуговуючих ІС;

–  $t_{cj}$  – годинна тарифна ставка робочого j-того розряду;

–  $\Phi_{pj}$  – річний фонд робочого часу j-того розряду приймається рівним 1825 годин.

До модернізації:

$$Z_{опл} = 3 \cdot 45 \cdot 1825 = 246375 (\text{грн.})$$

Після модернізації:

$$Z_{опл} = 2 \cdot 45 \cdot 1825 = 164250 (\text{грн.})$$

Фонд додаткової заробітної платні розраховується за формулою 4.17.

$$Z_{доп} = Z_{осн} * K_{доп}, \quad (4.17)$$

					<b>KPM.KI.1.884-03.2.4</b>	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $K_{доп}$  – коефіцієнт додаткової заробітної платні, приймається рівним 0.1.

До модернізації:

$$З_{доп} = 246375 * 0.1 = 24637,5(\text{грн.})$$

Після модернізації:

$$З_{доп} = 164250 * 0.1 = 16425(\text{грн.}).$$

Розрахунок нарахувань на заробітну платню проводиться за формулою 4.18.

$$З_{НАР} = (З_{ОСН} + З_{ДОП}) * K_B, \quad (4.18)$$

де  $K_B$  – коефіцієнт відрахувань на соціальні потреби, приймається рівним 0.22.

До модернізації:

$$З_{НАР} = (246375 + 24637,5) * 0.22 = 59842,75(\text{грн.})$$

Після модернізації:

$$З_{НАР} = (164250 + 16425) * 0.22 = 39708,9(\text{грн.}).$$

Таким чином, загальні витрати на оплату праці розраховуються за формулою 5.19.

$$C_{ОПЛ} = З_{ОСН} + З_{ДОП} + З_{НАР}, \quad (4.19)$$

До модернізації:

$$C_{ОПЛ} = 246375 + 24637,5 + 59842,75 = 330855,25(\text{грн.})$$

Після модернізації

$$C_{ОПЛ} = 164250 + 16425 + 39708,9 = 220383,9(\text{грн.}).$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань розраховується за формулою 4.20.

$$C_a = K_{КО} * H_a / 100, \quad (4.20)$$

Де  $H_a$  – норма амортизаційних відрахувань, приймається рівної 60% для комп'ютерного устаткування.

$$C_a = 121000 * 60 / 100 = 72600(\text{грн.}).$$

Річна вартість споживаної електроенергії визначається за формулою 4.21.

$$C_{ЕЛ} = M_y * T_{КО} * Ц_О * K_{И}, \quad (4.21)$$

					<b>KPM.KI.1.884-03.2.4</b>	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

–  $M_y$  – встановлена сумарна потужність комп'ютерного устаткування, приймається рівною 5.2 кВт, хоча раніше була 8.1 кВт;

–  $T_{KO}$  – річний фонд роботи ЕОМ з урахуванням часу на профілактичні огляди складає  $220*6=1320$  годин, хоча раніше було  $245*6=1470$ ;

–  $C_o$  – вартість 1 кВт електроенергії на даний момент складає 3,05грн.;

–  $K_H$  – коефіцієнт інтенсивного використання потужності, приймається рівним 0.9.

Після модернізації

$$C_{EL} = 8,1*1470*3,05*0,9 = 32684,72(\text{грн.})$$

Після модернізації

$$C_{EL} = 5,2*1320*3,05*0,9 = 18841,68(\text{грн.}).$$

Вартість річного ремонту основного і допоміжного устаткування становить 6 % від вартість комп'ютерного і допоміжного устаткування і складає:

$$C_P = K_{KO} * 0,06 = 121000 * 0,06 = 7260(\text{грн.}).$$

Річна вартість допоміжних матеріалів, пов'язаних з експлуатацією ІС становить 1.5 % від вартості комп'ютерного і допоміжного устаткування і складає:

$$C_{VSP} = K_{KO} * 0,015 = 121000 * 0,015 = 181,5(\text{грн.}).$$

Витрати на виробниче приміщення складають 1950 грн. в рік за 1 м<sup>2</sup> раніше було 19 м<sup>2</sup>:

$$C_H = 19*1950 = 37050(\text{грн.})$$

а зараз 12 м<sup>2</sup> и складає:

$$C_H = 12*1950 = 23400(\text{грн.}).$$

До впровадження проекту витрати склали:

$$C_1 = 330855,25 + 72600 + 32684 + 7260 + 181,5 + 37050 = 480630,75(\text{грн.})$$

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таким чином, поточні витрати після впровадження даного проекту складають:

$$C_2 = 220383,9 + 72600 + 18841,68 + 7260 + 181,5 + 23400 = 321607,08(\text{грн.})$$

#### 4.3.4 Визначення показників економічної ефективності проекту

Очікуваний економічний ефект розраховується за формулою 4.22.

$$E_o = E_r - E_n * K_n, \quad (4.22)$$

- $E_r$  – річна економія на поточних витратах;
- $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності єдиноразових витрат – 0.25;
- $K_n$  – єдиноразові витрати на проект.

Річна економія складається з поточних витрат та приросту прибутку у зв'язку із впровадженням проекту, та обчислюється за формулою 4.23.

$$E_r = (C_1 - C_2) + \Delta\Pi, \quad (4.23)$$

–  $C_1, C_2$  – відповідно поточні витрати, відповідно до та після впровадження проекту (грн);

–  $\Delta\Pi$  – приріст прибутку господарюючого суб'єкта або його структурного підрозділу при впровадженні проекту (грн) в даному випадку неможливо підрахувати приріст прибутку, тому він не буде рахуватися.

$$E_r = (480630,75 - 321607,08) = 159023,67(\text{грн.})$$

Тобто було зекономлено 159023,67 грн.

$$E_o = 159023,67 - 0,25 * 321607,08 = 80401,77$$

Розраховуємо коефіцієнт ефективності єдиноразових витрат за формулою 4.24

$$E = E_r / K_n, \quad (4.24)$$

$$E = E_r / K_n = 159023,67 / 198219,5 = 0,802$$

$E > E_n$ , тому проект економічно ефективний.

Термін окупності одноразових витрат обчислюється за формулою 4.25

$$T = 1 / E, \quad (4.25)$$

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$T = 1/0,802 = 1,25 \text{ (років)}$$

$$T = 1,25 \cdot 365 = 465 \text{ (дні)}$$

Техніко-економічні показники проекту, , відображені в таблиці 5.6

Таблиця 4.6 – Техніко-економічні показники проекту

/п	Найменування показника	Одиниця вимірювання	Значення показника
			після впровадження проекту
	Час розробки проекту	дні	91,512
	Ціна ПП	грн.	53319,5
	Капітальні витрати	грн.	198219,5
	Поточні витрати	грн/рік	321607,08
	Економічний ефект від реалізації проекту	грн/рік	159023,67
	Термін окупності	Рік	1,25

### Висновки:

Усі отримані показники знаходяться в рамках норми. Впровадження проекту є економічно ефективним. Після впровадження проекту значно зменшились час виконання даної роботи, а також підвищилась ефективність за рахунок оновлення обладнання та модернізації мережі взагалі. Термін окупності складає приблизно 465 дні. Що також каже про великі можливості проекту та можливості його подальшого розвитку. Завдяки модернізації за рік експлуатації мережі буде зекономлено 159023 грн.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ, ЕКОЛОГІЯ

Тема даного дипломної роботи є «Модернізація мережі доступу у селищі Холодна Балка із аналізом топологічної структури». У зв'язку із цим у розділі охорони праці будемо розглядати офісне приміщення, в якому буде проводитись аналіз, розрахунки та моделювання, з наступними характеристиками: 12х9х3,5м.

$$12 \cdot 9 = 108(m^2)$$

$$12 \cdot 9 \cdot 3,5 = 378(m^3)$$

Виходить: 108 м<sup>2</sup>; 378 м<sup>3</sup>. За нормативними даними на одну людину має бути не менш 20 м<sup>3</sup> та не менш 6 м<sup>2</sup>. Тому максимальна кількість людей у цьому приміщені 18.

#### 5.1 Шкідливі та небезпечні фактори в роботі у робочій зоні

До небезпечних і шкідливих виробничих факторів у зоні робочих місць експлуатуючі системи з комп'ютерами відносять: статична електрика, електромагнітні випромінювання, шум, вібрації, недостатнє висвітлення, вентиляція та ін. Персонал піддається також і впливу шкідливих психофізіологічних виробничих факторів, які у свою чергу підрозділяються по характері дії на фізичні перевантаження й нервово-психічні перевантаження.

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Фізична й нервово-психічні: розумова перенапруга; монотонність праці; емоційні перевантаження.

Професійні шкідливості – несприятливі для здоров'я фактори трудового (виробничого) процесу або незадовільні санітарно-гігієнічні умови.

Професійно шкідливий чинник – виробничий фактор, дія якого в певних умовах може мати несприятливий вплив на працездатність і стан здоров'я працівника аж до виникнення професійного захворювання.

Професійне захворювання – хвороба, викликана дією специфічного шкідливого фактора в умовах виробництва, яка підтверджена в установленому порядку.

Специфічний чинник виробничого середовища – фактор виробничого середовища, який не може бути виключений з виробничого середовища без зупинки процесу виробництва.

Залежно від часу і інтенсивності впливу на працівника, виробничі фактори можуть бути небезпечними або шкідливими.

При миттєвій дії фактор стає небезпечним, а при тривалому впливі — шкідливим.

Небезпечним називають виробничий фактор, вплив якого на організм працюючого у відповідних умовах праці може призвести до травм або іншого раптового, різкого погіршення стану здоров'я.

Шкідливим називають виробничий фактор, вплив якого на організм працюючого може призводити в певних умовах до захворювання або зниження рівня працездатності.

Однією із основних цілей охорони праці на підприємстві є оцінка обстановки та характеристик трудового процесу в частині його впливу на здоров'я і життя працівника.

Для досягнення цього завдання державою встановлено низку критеріїв оцінки, які допомагають визначити ступінь небезпечності умов праці на підприємствах, що використовують працю найманих робітників.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Класифікація виробництва по ступені пожежної, вибухової і вибухопожежної небезпеки

По ступені вибуховий, вибухопожежної і пожежної небезпеки приміщення із ВДТ ЕОМ ставляться до категорії Д, у яких використовуються негорючі речовини й матеріали в холодному стані.

## 5.2 Методи зниження шкідливих та небезпечних факторів в роботі

Вимоги електробезпечності при експлуатації ВТД ЕОМ

Лінія електромережі для ЕОМ виконується як окрема групова трьохпровідна мережа, шляхом прокладки фазового, нульового робочого, нульового захисного проводів.

Нульовий захисний провід використовується тільки для занулення електроприймача.

Використання нульового робочого проводу в якості нульового захисного забороняється.

Штепсельні з'єднання й розетки повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного проводу.

Не допускається підключення ПЕОМ до звичайного двохпровідної мережі, у тому числі з використанням перехідних пристосувань. Є неприпустимим експлуатація кабелів і проводів з ушкодженою ізоляцією, саморобних подовжувачів.

Захисне заземлення - навмисне з'єднання металевих неструмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою зі штучним заземленням. Застосовується в мережах з напругою до 1000 В з ізольованої нейтраллю, і вище 1000 У с будь-яким режимом нейтралі.

За способом захисту людини від поразки електричним струмом ЕОМ повинні відповідати першому класу захисту.

Розрахунок заземлюючого пристрою

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Вихідні данні:

- $d$  - зовнішній діаметр труби  $d = 0.04\text{м}$ ;
- Довжина вертикальних заземлювачей  $l = 2,2\text{ м}$ ; Відношення  $l/l' = 2$ ;
- $\rho_{\phi}$  – питомий опір ґрунту суглинок в місці пристрою заземлення  $\rho_{\phi} = 100\text{ Ом}\cdot\text{м}$ ;
- $\phi$  - безрозмірний кліматичний коефіцієнт, що враховує сезонні коливання вологості ґрунту 1,3.

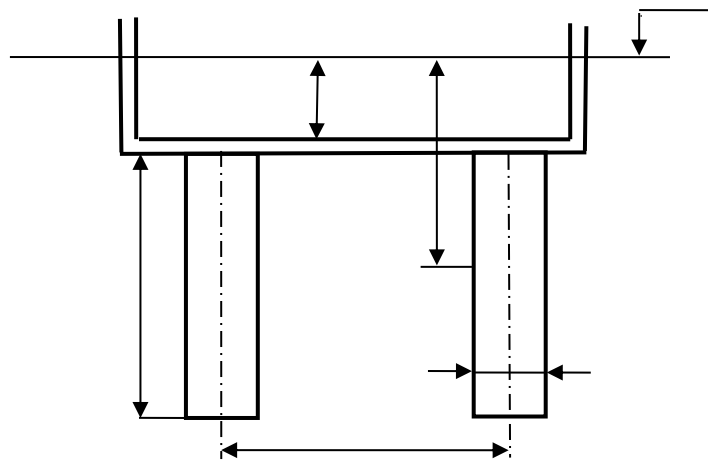
Розрахункове значення питомого опору ґрунту обчислюємо по формулі:

$$\rho_p = \rho_{\phi} \cdot \phi \quad (5.1)$$

Де:

- $\rho_{\phi}$  – питомий опір ґрунту в місці пристрою заземлення ;
- $\phi$  - безрозмірний кліматичний коефіцієнт, що враховує сезонні коливання вологості ґрунту

$$\rho_p = 100 \cdot 1,3 = 130\text{ Ом}\cdot\text{м}$$



Рисю 5.1 – Устрійство заземлювачей

$$t_0 = 0,5\text{ м}, l = 2,2\text{ м}$$

$l$  - довжина заземлювачей, м;

$l'$  - відстань між заземлювачами, м

$$\text{Тоді } t = t_0 + l/2 = 0,5 + 2,2/2 = 1,6\text{ м}$$

Опір одного вертикального заземлювача обчислюємо по формулі:

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$R_{\text{тр}} = \frac{\rho_{\text{расч}}}{2\pi \cdot l} \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right), \quad (5.2)$$

$$R_0 = \frac{130}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,2} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 2,2}{0,04} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,6 + 2,2}{4 \cdot 1,6 - 2,2} \right) = 47,6 \text{ Ом}$$

Визначаємо необхідна кількість вертикальних заземлювачей:

$$n = \frac{R_0}{R_{\text{мп}}} = \frac{47,6}{4} = 11,9 \quad (5.3)$$

Де:  $R_{\text{тр}} = 4 \text{ Ом}$  – необхідний опір.

Округляємо  $n$  до найближчого стандартного числа  $n' = 20$  шт. Визначаємо загальний опір системи вертикальних заземлювачей:

$$R = \frac{R_0}{n' \cdot \eta_{\text{в}}} \quad (5.4)$$

Де:  $\eta_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачей, тому що заземлювачі розташовані в ряд і відношення відстані між заземлювачами до їхньої довжини дорівнює 2, то за табличним значенням приймаємо  $\eta_{\text{в}} = 0,67$  (Юдин «Охрана труда в машиностроении» с.270 таб.19)

$$R_{\text{об}} = \frac{47,6}{20 \cdot 0,67} = 3,55 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір сполучної смуги. При розміщенні в ряд довжина смуги

$$L = l' \cdot (n' - 1) = 4,4 \cdot (20 - 1) = 83,6 \text{ м} \quad (5.5)$$

$$R_{\text{пол}} = \frac{\rho_{\text{р}}}{2\pi \cdot L \cdot \eta_{\text{г}}} \cdot \ln \frac{L^2}{d \cdot t_0}, \quad (5.6)$$

Де:  $\eta_{\text{г}}$  – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачей, приймаємо  $\eta_{\text{г}} = 0,56$  (Юдин «Охороона праці в машинобудуванні» с.270 таб.20);

$$R_{\text{пол}} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 83,6 \cdot 0,56} \cdot \ln \frac{83,6^2}{0,04 \cdot 0,5} = 4,34 \text{ Ом}$$

Загальний опір системи обчислюється по формулі:

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$R = \frac{3,55 \cdot 4,34}{3,55 + 4,34} = 1,95 \text{ Ом}$$

$$R_c = \frac{R_{об} \cdot R_{пол}}{R_{об} + R_{пол}} \text{ (Ом)} \quad (5.7)$$

Прийнята система заземлення задовольняє технічним вимогам, тому що загальний опір системи заземлення менше припустимого значення  $R_{тр} \leq 4 \text{ Ом}$

#### Пожежна профілактика

Пожежі становлять більшу небезпеку для працюючих і можуть заподіяти величезний матеріальний збиток. Пожежна безпека може бути забезпечена мірами пожежної профілактики й активного пожежного захисту. Поняття пожежної профілактики включає комплекс заходів, необхідних для попередження виникнення пожежі або зменшення його наслідків. Під активним пожежним захистом розуміються міри, що забезпечують успішну боротьбу з виникаючими пожежами або вибухонебезпечною ситуацією.

#### Причини пожеж в електроустановках

Пожежі в електроустановках відбуваються через:

- короткого замикання;
- перевантаження мереж;
- більших перехідних опорів;
- від електронагрівальних приладів.

Перевантаження мереж відбувається в результаті проходження по них напруги, що перевищує номінальний. Таке може відбутися у випадку підключення великої кількості споживачів. Це приведе до руйнування, плавлення й згорання ізоляції, що спричиняє коротке замикання.

Коротке замикання відбувається в тому випадку, коли крапки різних фаз мережі з'єднуються через малий опір. Внаслідок чого миттєво збільшується струм, відбувається виділення великої кількості тепла.

Міри захисту:

- дотримання нормальних режимів експлуатації;

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- своєчасне проведення регламентних робіт;
- застосування плавких запобіжників і автоматів.

Більшу роль у пожежонебезпеці грає правильний вибір використання електроустаткування.

Система висвітлення з лампами накаливання найнебезпечніші через те, що температура поверхні колби лампи приблизно дорівнює 500 °С. Більшу роль у безпеці грає правильний вибір типу світильника.

#### Засоби пожежогасіння

Як засоби пожежогасіння на даному об'єкті застосовуються вуглекислотні вогнегасники, призначені для гасіння загорянь установок напругою до 1000 В: ручні ВВ-2А, ВВ-5, ВВ-8.

У вуглекислотних вогнегасниках застосовують зріджений двоокис вуглецю. Вогнегасяща дія його полягає в розведенні повітря й зниженні в ньому змісту кисню до концентрації, при якій припиняється горіння. Вогнегасящий ефект обумовлюється втратами теплоти на нагрівання двоокису вуглецю й зниженням теплового ефекту реакції.

Розрахунок вуглекислотної установки для гасіння пожежі в приміщенні

Кількість вогнегасящого газового складу  $G_T$  (кг) визначається за залежністю

$$G_T = 1,25 \cdot (G_B \cdot V_n \cdot K_y), \text{ кг} \quad (5.8)$$

Де:

- $G_B$ - вогнегасяща концентрація газового складу для вуглекислоти;
- ( $G_B = 0,7 \text{ кг/м}^3$ );
- $V_n$  – обсяг приміщення, що захищається,  $\text{м}^3$ ;
- $K_y$  – коефіцієнт, що враховує особливості процесу газообміну, джерела вуглекислоти крізь нещільності й щілині приміщення, що захищається, приймається 1...1,2

$$G_T = 1,25 \cdot (0,7 \cdot 379 \cdot 1) = 331,625 \text{ кг}$$

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Потрібна кількість робочих балонів  $N_6$  (од.) з вуглекислотою визначається як

$$N_6 = \frac{G_2}{V_6 \cdot \rho \cdot \alpha_n}, \text{ од.} \quad (5.9)$$

Де:

- $V_6=40$  л – обсяг балону;
- $\rho=0,625$  кг/л – щільність засобу гасіння;
- $\alpha_n=1$  – коефіцієнт наповнення.

$$N_6 = \frac{331,625}{40 \cdot 0,625 \cdot 1} \approx 13, \text{ од.}$$

Кількість резервних балонів варто прийняти такий же як число робочих балонів.  $N_6 = N_p = 13$  балонів. Загальна кількість балонів 26 шт.

Виробнича санітарія – це система організаційних та технічних заходів, які спрямовані на усунення потенційно небезпечних факторів і запобігання професійних захворювань та отруєнь.

До організаційних заходів належать:

- дотримання вимог охорони праці жінок та осіб віком до 18 років;
- проведення попередніх та періодичних медичних оглядів осіб, які працюють у шкідливих умовах;
- забезпечення працюючих у шкідливих умовах лікувально-профілактичним обслуговуванням тощо.

Технічні заходи передбачають:

- систематичне підтримання чистоти у приміщеннях і на робочих місцях;
- розробку та конструювання обладнання, що вилучає виділення пилу, газів та пари, інших шкідливих речовин у виробничих приміщеннях;
- забезпечення санітарно-гігієнічних вимог до повітря виробничого середовища;
- улаштування систем вентиляції та кондиціонування робочих місць зі шкідливими умовами праці;

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

– забезпечення захисту працюючих від шуму, ультра- та інфразвуку, вібрації, різних видів випромінювання.

Таким чином, запобігання професійних захворювань і отруєнь здійснюється через здійснення комплексу організаційних і технічних заходів, які спрямовані на оздоровлення повітряного середовища, виконання вимог гігієни та особистої безпеки працюючих.

Розрахунок вентиляції приміщення

Розрахувати продуктивність системи вентиляції в приміщенні із заданими параметрами, з урахуванням максимального розташування робочих місць із персональними комп'ютерами.

Визначаємо площу приміщення:

$$S = A \times B = 12 \times 9 = 108 \text{ м}^2 \quad (5.10)$$

З обліком, що кількість людей ( $n_{\text{л}}$ ) і кількість ЕОМ ( $n_{\text{к}}$ ) дорівнює 23, визначимо кількість тепла виділюване людьми:

$$Q_{\text{л}} = n_{\text{л}} \times q_{\text{л}}; \quad (5.11)$$

$q_{\text{л}}$  – питома тепловиділення 1 чоловік (170 Вт);

$$Q_{\text{л}} = 18 \times 170 = 3060 \text{ Вт};$$

Визначимо кількість тепла виділюване від устаткування:

$$Q_{\text{об}} = n_{\text{к}} \times q_{\text{к}}; \quad (5.12)$$

$q_{\text{к}}$  – питома тепловиділення 1 комп'ютера (400 Вт);

$$Q_{\text{об}} = 18 \times 400 = 7200 \text{ Вт};$$

Визначимо кількість тепла, що виділяє освітлення:

$$Q_{\text{осв}} = S_{\text{пр}} \cdot q_{\text{осв}}; \quad (5.13)$$

Де:

–  $S_{\text{пр}}$  – площа приміщення,

–  $q_{\text{осв}}$  – кількість тепла, що приходить на 1 м<sup>2</sup> площини приміщення від штучного освітлення.

$$Q_{\text{осв}} = 108 \times 10 = 1080 \text{ Вт};$$

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



$$N = \frac{1.2 \cdot 6804 \cdot 300 \cdot 10^{-6}}{3.6 \cdot 0.6 \cdot 0.9} = 1,26 \text{ кВт.}$$

### Розрахунок освітлення приміщення

Завданням розрахунку штучного освітлення є визначення потрібної потужності електричної освітлювальної установки для створення у виробничому приміщенні з персональними комп'ютерами заданої освітленості.

Підбираємо систему висвітлення для приміщення:

Довжина приміщення,  $A = 12 \text{ м}$

Ширина приміщення,  $B = 9 \text{ м}$

Висота приміщення,  $H_n = 3,5 \text{ м}$

$E_n$  - нормована освітленість ( $E_n = 350$ )

$k$  - коефіцієнт запасу ( $k = 1,6$ )

Визначимо площу приміщення:

$$S = A \times B = 12 \times 9 = 108 \text{ м}^2$$

Обчислимо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею по формулі

$$H_p = H_n - h_{p.п.}, \quad (5.17)$$

Де:

–  $h_{p.п.}$  – висота робочої поверхні;

–  $H_p = 3,5 - 1 = 2,5 \text{ м}$ .

Для досягнення рівномірної освітленості необхідно, щоб відношення відстаней між центрами світильників до висоти їхнього підвісу над робочою поверхнею рівнялася конкретному числу, характерному для типу обраного світильника.

У приміщеннях із ВДТ ЕОМ обрані світильники серії ЛД. Для світильників ЛПО відношення  $L_k/H_p = 1,4$

Визначимо  $L_k$  – відношення між центрами світильників розраховуємо по формулі

–  $L_k = H_p \cdot 1,4$

–  $L_k = 2,5 \cdot 1,4 = 3,5 \text{ м}$

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Визначимо кількість світильників:

$$N = A \cdot B / L_k^2 = 108 / 3,5^2 = 8,82 \quad (5.18)$$

Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку необхідно обчислити індекс приміщення по формулі

$$i = \frac{a \cdot b}{H_{\text{поб}} \cdot (a + b)} \quad (5.19)$$

$$i = \frac{12 \cdot 9}{2,5 \cdot (12 + 9)} = 2,05$$

При  $i = 2$  коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 57$ .

Світловий потік одного світильника визначається формулою

$$\Phi_C = \frac{E_H \cdot k \cdot S \cdot z \cdot 100}{N \cdot \eta}, \quad (5.20)$$

Де:

- $E_H$  - нормована освітленість ( $E_H = 350$ );
- $k$  - коефіцієнт запасу ( $k = 1,6$ );
- $S$  - площа освітлюваного приміщення;
- $z$  - коефіцієнт нерівномірності висвітлення
- (для люмінесцентних ламп  $z = 1,1$ );
- $N$  – число світильників (округлімо до 12 шт).

$$\Phi_C = \frac{350 \cdot 1,6 \cdot 108 \cdot 1,1 \cdot 100}{12 \cdot 57} = 9726 \text{ Лм}$$

Приймаємо до установки лампи ЛБ40 у кількості 3-х штук зі світловим потоком  $\Phi = 3120$  лм у кожному світильнику.

$$\Delta = \frac{9360 - 9726}{9360} * 100\% = -3,91\%$$

На практиці допускається відхилення світлового потоку реального від розрахункового в межах від -10% до +20%

Наша погрішність становить -3,91%. Підрахована погрішність задовольняє умові.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розрахуємо потужність освітлювальної системи по формулі

$$P_c = N \cdot n \cdot P_1, \quad (5.21)$$

Де:

- $N$  - кількість світильників;
- $n$  - мінімальна кількість світильників;
- $P_1$  – мінімальна потужність.

$$P_c = 12 \cdot 3 \cdot 40 = 1440 \text{ Вт}$$

Загальні положення гігієнічних вимог до організації роботи із ВДТ ЕОМ

Облаштованість робочих місць ВДТ ЕОМ повинне забезпечити :

- належні умови висвітлення й відсутність відблисків;
- оптимальні параметри мікроклімату;
- належні ергономічні характеристики: наявність шуму й вібрації, рентгенівські випромінювання, електромагнітні випромінювання, електростатичне поле, наявність пилу, озону й оксиду азоту.

Вимоги до виробничих приміщень для експлуатації ВДТ ЕОМ

- Розміщення робочих місць із ВДТ ЕОМ у підвальних і цокольних поверхах заборонено.
- Мінімальна площа на одне робоче місце 6 м, мінімальний обсяг 20.
- Приміщення повинні бути обладнані системами природного й штучного висвітлення.
- Природне висвітлення повинне здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ, північний схід.
- Коефіцієнт природної освітленості (КЕО) повинен бути не нижче 1.5%.
- Приміщення із ВДТ ЕОМ не повинні граничити із приміщеннями, у яких рівень шуму й вібрацій перевищує припустимі норми.
- Віконні прорізи повинні бути обладнані регульованими пристосуваннями (жалюзі, штори, козирки, маркізи).
- Поверхня підлоги повинна бути рівної, не слизькою, з антистатичним покриттям.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища приміщень

Таблиця 5.1 - Мікроклімат приміщення

Пора року	Категорія роботи	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість повітря в робочій зоні, м/с
холодне	легка 1а	22 – 24	40 – 60	0.1
	легка 1б	21 – 23	40 – 60	0.1
тепле	легка 1а	23 – 25	40 – 60	0.1
	легка 1б	22 - 24	40 – 60	0.2

Легка 1а - робота, сидячи, що не потребує більших фізичних витрат, тепловиділення порядку 140 Вт.

Легка 1б - робота, що виконується сидячи або пов'язана з невеликими переміщеннями, не потребуючих більших фізичних витрат, тепловиділення порядку 175 Вт.

Таблиця 5.2 - Рівні іонізації повітря для приміщень із ВДТ ЕОМ:

Рівні	Число іонів в 1 повітря	
	n +	n –
мін необхідні	400	600
оптимальні	1500 – 3000	3000 – 5000
мак припустимі	50000	50000

Гігієнічні вимоги до організації й устаткування робочих місць із ВДТ ЕОМ

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Робоче місце необхідно розташовувати щодо світлових прорізів, щоб природне висвітлення падало з боку, переважно ліворуч. Відстань від тильної поверхні одного до екрана іншого повинне бути не менш 2.5 м. Стандартна висота стола 680 - 800 мм.

Захист відстанню полягає в тім, щоб оператор перебував на відстані не менш 600 - 700 мм від монітора з урахуванням розмірів знаків і символів. Клавіатуру необхідно розташовувати на поверхні стола на відстані від 100 до 300мм від краю поверхні. Поверхня клавіатури повинна бути матової з коефіцієнтом відбиття 0,4.

Вимоги до режимів роботи й відпочинку при роботі із ВДТ ЕОМ. При виконанні робіт протягом дня, які ставляться до різних видів трудової діяльності. За основну роботу з ЕОМ варто вважати таку, котра займає не менш 50% робочого часу. Для програміста - рекомендується 15 хв. перерва через щогодини роботи. Для оператора ЕОМ при 8-ми часовому робочому дні передбачена всередині зміни перерва - 15 хвилин через кожні 2 години роботи.

Долікарняна допомога потерпілому. Перша долікарняна допомога при нещасних випадках від електричного струму складається з 2-х етапів: звільнення потерпілого від дії струму й надання йому медичної допомоги.

Міри першої медичної допомоги потерпілому від електричного струму залежать від його стану. У свідомості – але до цього був у непритомності або тривалий час перебував під струмом, йому необхідно забезпечити повний спокій до прибуття лікаря або терміново доставити в лікувальну установу.

При відсутності свідомості, але збереженому подиху й роботі серця потрібно рівно й зручно укласти потерпілого на м'яку підстилку, розстебнути пояс і одяг, забезпечити приплив свіжого повітря. Варто дати нюхати нашатирний спирт. Якщо потерпілий погано дихає - рідко, судорожно - або якщо подих поступово погіршується, у той час як при цьому триває нормальна робота серця, необхідно робити штучне дихання.

При відсутності ознак життя треба робити штучне дихання й непрямий масаж серця до появи ознак життя або до прибуття лікаря.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

**Висновок.** Більшу частину свого життя людина проводить на роботі, де його можуть чекати не тільки приємні моменти, але й перевтома, стреси й виробничі травми. Тому дуже важливо створити необхідні умови для нормальної роботи людини й збереження його здоров'я під час трудової діяльності на підприємстві. Для цього й створена система охорони праці, що займається перевіркою дотримання всіх описаних вище вимог і розрахунком всіх технічних показників.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ВИСНОВКИ

Результатом дипломної роботи є дослідження процесу побудови мережі доступу , застосування методів розрахунку структурних характеристик мереж доступу та автоматизація процесу розрахунку структурних характеристик мереж доступу.

Основні завдання, вирішені в рамках роботи: Формування технічного завдання на проектування мережі доступу. Аналіз концепції мереж доступу, структура і функції мереж доступу. Проаналізовано методику розрахунку структурних характеристик мереж доступу. Описані основні поняття та визначення. Проаналізовано процес розрахунку структурних характеристик локального сегменту мережі доступу, розрахунок довжини локального сегменту мережі доступу. Наведено приклади розрахунку структурних характеристик мережі доступу із використанням проаналізованої та обраної методики. Отримані результати сформовано в таблиці.

У розділі Реалізація автоматизованої системи розрахунку структурних характеристик мереж доступу наведено Опис роботи програмного забезпечення; Опис інтерфейсу користувача; Опис системи для розробника; Технології реалізації автоматизованої системи.

Також виконано економічний розрахунок та розглянуто питання охорони праці.

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. EPON [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/EPON>
2. Stallings W. *Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud* / W. Stallings. – Pearson Education, Inc., Old Tappan, New Jersey, 2016.
3. Магазин все для телекомунікацій [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу: <https://lantorg.com/products/kommutator-eltex-mes5312>
4. Кількість користувачів інтернетом в Україні [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу: <https://www.epravda.com.ua/news/2019/10/11/652498/>
5. *World Internet Users and 2020 Population Stats* [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу: <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>
6. *International Telecommunication unit* [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.itu.int/>
7. Ресурс присвячений технології PON [Електронний ресурс] <http://ic-line.ua/wiki/1-etapy-proektirovaniya-pon-setej>
8. *Kurose J. F. Computer Networking: A Top-Down Approach, 7th Ed* / James F. Kurose, Keith W. Ross. – Pearson Education, Inc., 2017.
9. Як COVID-19 змінив інтернет і нас - соцмережі і онлайн-ритейл після пандемії [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу: <https://www.web-canape.ua/business/kak-covid-19-izmenil-internet-i-nas-statistika-interneta-i-socsetej-posle-pandemii/>
10. *Tanenbaum A. S. Distributed systems: principles and paradigms* / Andrew S. Tanenbaum, Maarten Van Steen. – Pearson Education. Inc. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ 07458, 2007.
11. *Number of internet users worldwide from 2005 to 2019* [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу: <https://www.statista.com/statistics/273018/number-of-internet-users-worldwide/>

					КРМ.КІ.1.884-03.2.4	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

12. *Report on the state of the Internet environment – Digital 2020* [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу: <https://wearesocial.com/digital-2020>

13. *Roussaki, I. Multi-terminal and Multi-network Access to Virtual Home Environment / I. Roussaki, H. Jormakka, S. Xynogalas, A. Laikari, M. Chantzara, M. Anagnostou.*

14. *Göransson P. Software Defined Networks: A Comprehensive Approach, 2nd ed. / Paul Göransson, Chuck Black, Timothy Culver.– Morgan Kaufmann, US, 2017. – 409 p.*

15. *Coronavirus: the consumer impact* [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу: <https://www.globalwebindex.com/coronavirus>

16. Системи доступу користувача. Модеми цифрового доступу: навчально-методичний посібник до лабораторних робіт/Гайворонська Г.С., Сахаров В.І., Котова О.І. – [2-е вид.]. – Одеса 2008.

17. Вовк А., Практика впровадження пасивних оптичних мереж (PON), 2023 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://deps.ua/ua/knowegablebase/articles/praktika-vn-passivnyh-op-mer-pon.html>

18. Fiber to the x, 2023 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Fiber\\_to\\_the\\_x](https://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x)

19. " Network modeling approaches for calculating wholesale NGA prices: A full comparison based on the Greek fixed broadband market." Nikos Ioannou , Vangelis Logothetis, Dimitris Varoutas, October 2021

20. Компоненти GPON FTTH 04.2022[Електронний ресурс]. — Режим доступу:<https://e-server.com.ua/sovety/pon-vs-ftth-tehnologija-ili-klassika-vkachestve-shemy-podkljuchenija-abonentov>

21. Ethernet Passive Optical Network (EPON) architecture, 2022 [Електронний ресурс].— Режим доступу: [https://www.researchgate.net/figure/Ethernet-PassiveOptical-Network-EPON-architecture\\_fig1\\_260514153](https://www.researchgate.net/figure/Ethernet-PassiveOptical-Network-EPON-architecture_fig1_260514153)

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

22. WDM-PON Archives - Fiber Optical Networking, 2019 [Електронний ресурс].— Режим доступу: <https://www.fiber-optical-networking.com/tag/wdm-pon>

23. " Design, implementation and evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) access network based on a Giga Passive Optical Network GPON" Zouhaira Abdellaoui, Yiyi Dieudonne, Anoir Aleya, July 2021.

24. Overview of GPON Technology, 2016 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://community.fs.com/blog/overview-of-gpon-technology.html>

25. The Fundamentals of Passive Optical Networking (PON), 2023 [Електронний ресурс].—Режим доступу: <https://www.prooptix.com/news/passive-opticalnetworking/>

26. Швидкісний Київстар [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://kyivstar.ua/business/products/fttb-internet>

27. FTTB\_Diagram.jpg(1143 × 647) [Електронний ресурс].— Режим доступу: [https://www.tpg.com.au/sites/default/files/inline-images/FTTB\\_Diagram.jpg](https://www.tpg.com.au/sites/default/files/inline-images/FTTB_Diagram.jpg) 54

28. Traffic flow in GPON FTTH network, 2021 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.technopediasite.com/2021/02/traffic-flow-in-gpon-ftthnetwork.html>

29. Термінал оптичної лінії GPON OLT GCOM GL5610-16P [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://gcom.com.ua/uk/pon/gpon-gl5610-16p/>

					<i>KPM.KI.1.884-03.2.4</i>	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		