

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



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**на тему** Застосування методів аналізу даних при  
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)  
дослідженні параметрів мереж доступу

Здобувача Боброва О.В.  
(прізвище, ініціали)

2 курсу 777 а групи

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

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

Консультанти: к.т.н., доц. Ненов О.  
(посада, прізвище та ініціали)

д.е.н., проф. Басюркіна Н.  
(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 2023 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

*Боброва Олексія Вячеславовича*

1. Тема роботи Застосування методів аналізу даних при дослідженні параметрів  
мереж доступу

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 аналізу даних 2. Моделі теорії масового обслуговування.

3. Технології побудови мереж доступу. 4. Методи розрахунку параметрів та  
характеристик мереж доступу.

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Вступ. 2. Збір та аналіз інформації. 3. Вибір методів аналізу параметрів мереж доступу

4. Застосування методів аналізу даних та моделей теорії масового обслуговування.

5. Імітаційне моделювання та аналіз результатів.

6. Загальні висновки. 7. Економічні розрахунки. 8. Охорона праці.

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

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

Характеристики функціонування мережі, Імітаційне моделювання мережі; Результати  
Імітаційного моделювання мережі; Постановка задачі синтезу структури технічної

системи забезпечення доступності, Методика проектування фрагмента 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>Охорона праці</i>			
<i>Нормоконтроль</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>Вибір та застосування методів аналізу даних.</i>	<i>07.11.2023</i>	
5.	<i>Імітаційне моделювання та аналіз результатів</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 \_\_\_\_\_ *Олексій БОБРОВ*

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 *Олексій БОБРОВ* \_\_\_\_\_

## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота присвячена дослідженню параметрів та характеристик інформаційних мереж та їх складових із застосуванням методів аналізу даних та систем масового обслуговування. Аналіз параметрів та характеристик мереж доступу, комп'ютерних мереж дозволяє поліпшити процес проектування та експлуатації мереж.

В першому розділі проведено аналіз концепції мереж доступу та обґрунтовано необхідність дослідження параметрів. Проведено огляд методів аналізу даних, що можуть застосовуватися для дослідження параметрів мереж та припущення про взаємозв'язок параметрів та характеристик моделі СеМО з параметрами та характеристиками комп'ютерної мережі.

В другому розділі описано процес застосування методів аналізу при дослідженні параметрів та характеристик мережі доступу. Проаналізовано можливості методів аналізу даних в сфері інфокомунікацій. Обґрунтовано вибір в якості методу дослідження моделей теорії масового обслуговування. Визначення особливостей проектування інформаційних мереж та їх складових. Сформовано набір параметрів та характеристик мереж, що є об'єктом аналізу. Сформовано припущення, що приймаються на етапі параметризації моделі масового обслуговування. На основі чого здійснюється структурний та навантажувальний синтез математичної моделі проекту мережі.

Третій розділ присвячено імітаційному моделюванню та його результатам. Визначаються значення показників доступності, що задаються, і обирається варіант побудови мережі. Описана методика проектування фрагмента комп'ютерної мережі. Виконано аналіз характеристик з використанням теорії масового обслуговування та синтез мережі.

Четвертий розділ обґрунтовує економічну вигоду від застосування одержаної системи. У п'ятому розділі розглянуто питання охорони праці.

**Ключові слова:** параметри та характеристики мереж доступу, методи аналізу даних, системи масового обслуговування .

## ABSTRACT

The thesis is devoted to the study of parameters and characteristics of information networks and their components using data analysis methods and mass service systems. Analysis of parameters and characteristics of access networks, computer networks allows to improve the process of designing and operating networks.

In the first section, an analysis of the concept of access networks was carried out and the necessity of parameter research was substantiated. An overview of data analysis methods that can be used for researching network parameters and assumptions about the relationship between the parameters and characteristics of the SeMO model and the parameters and characteristics of the computer network has been reviewed.

The second chapter describes the process of applying analysis methods in the study of parameters and characteristics of the access network. The possibilities of data analysis methods in the field of information communications are analyzed. The choice as a method of research of mass service systems is justified. Determination of design features of information networks and their components. A set of network parameters and characteristics, which is the object of analysis, was formed. Assumptions that are accepted at the stage of parameterization of the mass service model have been formed. On the basis of this, the structural and loading synthesis of the mathematical model of the network project is carried out.

The third chapter is devoted to simulation modeling and its results. The values of the set availability indicators are determined, and the network construction option is selected. The method of designing a fragment of a computer network is described. Analysis of characteristics using mass service theory and network synthesis was performed.

The fourth section substantiates the economic benefit from the application of the obtained system. The fifth chapter deals with the issue of labor protection.

**Keywords:** parameters and characteristics of access networks, data analysis methods, mass service systems.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЇ МЕРЕЖ ДОСТУПУ ТА ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МЕРЕЖ ДОСТУПУ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ МЕРЕЖ .....	10
1.1 Визначення поняття мереж та встановлення місця мереж доступу у структурі сучасних інформаційних мереж .....	10
1.2 Етапи проектування мереж доступу .....	14
1.3 Огляд методів аналізу даних, що можуть застосовуватися для дослідження параметрів мереж доступу.....	16
1.4 Постановка завдання.....	25
РОЗДІЛ 2 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК МЕРЕЖІ ДОСТУПУ .....	26
2.1 Можливості методів аналізу даних в сфері інфокомунікацій. ....	26
2.2 Визначення особливостей проектування інформаційних мереж та їх складових .....	28
2.3 Постановка задачі аналізу характеристик мережі доступу.....	35
2.4 Припущення про взаємозв'язок параметрів та характеристик моделі СеМО з параметрами та характеристиками комп'ютерної мережі.....	40
2.5 Імітаційне моделювання комп'ютерної мережі.....	46
2.6 Синтез структури комп'ютерної мережі щодо забезпечення її доступності.....	52
2.7 Постановка задачі синтезу структури технічної системи забезпечення доступності.....	54
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ФРАГМЕНТА КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ.....	68

					<b>КРМ.КІ. 1.884-03.3.2</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Застосування методів аналізу даних при дослідженні параметрів мереж доступу</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Розробив		Олексій БОБРОВ						
Перевірює		Світлана САХАРОВА						
Рецензент						<b>ар. 767а, ОНТУ</b>		
Нормоконтроль								
Затвердив		Сергій АРТЕМЕНКО						

3.1	Методика проектування фрагмента мережі.....	68
3.2	Аналіз характеристик функціонування з використанням теорії масового обслуговування.....	70
3.3	Імітаційні експерименти із самоподібним вхідним потоком.....	71
3.4	Синтез структури мережі, що підвищує її доступність .....	73
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЕКТУ .....		79
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....		97
ВИСНОВКИ.....		102
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		103
ДОДАТКИ.....		105

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ВСТУП

Конкуренція на ринку теле- та інфокомунікацій, розширення набору інфокомунікаційних послуг та вимоги додатків стимулюють потреби у збільшенні пропускної спроможності мереж доступу, оптимізації структури мережі, зміні обладнання та технологій доступу при цьому виникає необхідність в аналізі параметрів мереж доступу. Сучасні сервіси висувають дедалі вищі вимоги до пропускної спроможності, потреби у збільшенні швидкості передачі на мережах доступу безперервно зростають.

Аналіз та дослідження параметрів мереж доступу дає змогу підвищити ефективність процесу проектування мереж, на основі результатів аналізу вибрати найбільш важливі параметри, виявити кореляцію між параметрами, розбити користувачів на групи, на основі параметрів, що аналізуються, виділити найважливіші фактори, знизити розмірність параметрів, прогнозувати процеси в мережах, завдяки побудові функцій регресії.

Зростання вимог сервісів до збільшення пропускної спроможності мереж доступу за обмежених можливостей технологій xDSL орієнтують операторів на оптичні технології, які дозволяють надавати користувачеві якісний пакет інфокомунікаційних послуг і з кожним днем стають усі більш доступними. Інвестиції в інфраструктуру широкосмугових мереж доступу слід розглядати як довгострокові.

Тому при виборі технологій реалізації таких мереж постає завдання оцінювання доцільності застосування різних технологій.

Об'єктом дослідження є параметри мереж доступу як сегменту інформаційної мережі та математичні методи аналізу даних, завдяки яким проводиться аналіз параметрів.

Предметом – методи аналізу даних, серед яких методи аналізу структурних характеристик, методи виявлення кореляції між параметрами, регресійний аналіз, кластерний аналіз, факторний аналіз, моделі теорії масового обслуговування.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Метою роботи є дослідження параметрів мереж доступу із використанням методів аналізу даних та моделей теорії масового обслуговування.

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

1. Аналіз концепції мереж доступу.
2. Формування переліку параметрів та характеристик, що приймають участь у процесі проектування мережі доступу.
3. Аналіз та вибір методів аналізу даних, що можна застосувати при дослідженні параметрів мереж доступу.
4. Застосування методів аналізу даних та систем масового обслуговування при дослідженні параметрів мережі доступу.
5. . Формування набору параметрів та характеристик мереж, що є об'єктом аналізу та припущення, що приймаються на етапі параметризації моделі масового обслуговування. На основі чого здійснюється структурний та навантажувальний синтез математичної моделі проекту мережі.
6. Імітаційне моделювання та аналіз його результатів.
7. Описання методики проектування фрагмента комп'ютерної мережі.
8. Аналіз характеристик з використанням теорії масового обслуговування та синтез мережі.

					КРМ.КІ.1.884-03.3.2	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 1

# АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЇ МЕРЕЖ ДОСТУПУ ТА ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МЕРЕЖ ДОСТУПУ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

### 1.1 Визначення поняття мереж та встановлення місця мереж доступу у структурі сучасних інформаційних мереж

Безперервне розвинення сфери інфокомунікацій тісно пов'язано з процесом проектування комп'ютерних мереж.

Комп'ютерна мережа – це сукупність комп'ютерів, периферійних пристроїв, мережевих пристроїв та комп'ютерних програм, пов'язаних між собою кабелями або радіохвилями. Більшість перших мереж передавали дані з мідної пари, а сьогодні вони можуть забезпечувати обмін даними, мовними та відеосигналами, використовуючи проводи, оптоволоконне середовище, радіо та хвилі. Комп'ютерні мережі розвиваються зі швидкістю світла, якщо порівнювати їх з іншими комунікаційними технологіями, такими як радіо, телебачення та телефонія.

Комп'ютерні мережі, які зазвичай класифікуються за їх радіусом дії і складності, поділяються на три групи: локальні мережі, регіональні мережі та глобальні мережі

Локальні мережі (local area network, LAN), складаються з пов'язаних між собою комп'ютерів, периферійних пристроїв та іншого комп'ютерного обладнання, причому всі ці пристрої спільно використовують апаратні та програмні ресурси, розташовані на невеликому віддаленні один від одного.

Радіус дії (область обслуговування) локальної мережі може бути невеликим. Офіс, поверх будівлі чи весь будинок цілком.

Іноді відмінності між локальними, регіональними та глобальними мережами (або межі між робочою групою або корпоративною мережею) є

					КРМ.КІ.1.884-03.3.2	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

розмитими, буває важко визначити, де закінчується одна мережа та починається інша. Однак тип мережі найчастіше можна визначити за результатами аналізу наступних чотирьох мережевих характеристик:

- комунікаційне середовище передачі даних;
- протокол передачі даних ;
- топологія мережі;
- тип використання мережі (приватна або загальнодоступна).

Розуміння кордонів між мережами може бути надзвичайно важливим при розробці заходів безпеки, оскільки, наприклад, для захисту мережі від вторгнення чи вірусів ви можете помістити мережні пристрої в деякі або всі точки перетину цих кордонів.

#### Основні терміни

Ethernet. Комунікаційна технологія, що використовує передачі даних по мережі метод доступу CSMA/CD.

Системна мережева архітектура (Systems Network Architecture (SNA)).

Багаторівневий комунікаційний протокол, який використовується компанією ІВfuґ для передачі даних між мейнфреймами та периферійними пристроями такими як термінали та принтери.

Віртуальна приватна мережа (Virtual private network (VPN)) - Приватна мережа, працююча як тунель всередині мережі більшого масштабу (наприклад, всередині Інтернету або корпоративної мережі) і, таким чином, доступна тільки для певних клієнтські комп'ютери.

Світова мережа (Wide area network (WAN)). Сукупність мереж, що охоплюють великі площі (на відстанях понад кілька десятків кілометрів один від одного друга) і найчастіше що у різних країнах і різних континентах.

Інтернет (Internet). Всесвітня мережа взаємопов'язаних локальних та регіональних мереж, що працюють за протоколом TCP/IP; дозволяє людям обмінюватися повідомленнями електронної пошти та отримувати доступ до самої різної інформації.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Клієнт-серверні обчислення (Client/Server Computing). Архітектура комп'ютерних апаратних та програмних засобів, у яких різні модулі Програми можуть виконуватися на окремих комп'ютерах або різними компонентами одного комп'ютера. Зазвичай клієнтські компоненти програм забезпечують введення/виведення, а серверні програми виконують пошук у базах даних, керують виведенням на друк і т.д.

Комутатор (Switch) Пристрій для зв'язку мережевих сегментів, що пересилає та фільтрує кадри між ними. Спочатку комутатори працювали, насамперед чергу, на рівні 2 моделі OSI і для пересилок використовували фізичні адреси, або адреси пристроїв; однак сучасні комутатори можуть також функціонувати на Рівні 3 моделі OSI і вищих рівнях.

Комп'ютерна мережа (Computer Network). Сукупність комп'ютерів, периферійних пристроїв, мережевих пристроїв та програмних засобів, між якими здійснюється передача інформації по кабелях або за допомогою радіо хвиль.

Корпоративна мережа, мережа підприємства (Enterprise Network). Об'єднання локальних, регіональних чи глобальних мереж, що дозволяє користувачам комп'ютерів використовувати численні обчислювальні та мережеві ресурси для виконання різноманітних завдань.

Локальна мережа (Local area network (LAN)). Сукупність взаємопов'язаних комп'ютерів, пристроїв друку та іншого мережевого обладнання, в якому апаратні та програмні засоби використовують спільно. Область обслуговування зазвичай обмежена межами окремого офісу, поверху чи будівлі.

Магістраль (Backbone). Швидкісне комунікаційне середовище, що з'єднує мережі на одному або різних поверхах будівлі або на віддалених відстанях.

Маршрутизатор (Router). Мережевий пристрій, що з'єднує мережі з одним або різними методами доступу та передавальними середовищами (наприклад, мережі Ethernet та мережа з маркерним кільцем). Маршрутизатор пересилає пакети та фрейми у відповідні мережі, для чого використовується певний метод

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

прийняття рішень, заснований на даних таблиці маршрутизації, способи виявлення найбільш ефективних маршрутів, а також параметри, попередньо задані мережевим адміністратором.

Міжмережевий обмін, об'єднання мереж (Internetworking). Процес з'єднання мереж як одного типу, так і мереж різних типів для забезпечення взаємного обміну інформацією.

Міст (Bridge). Мережний передавальний пристрій, що з'єднує різні локальні мережі або сегменти однієї локальної мережі, які використовують один і той ж метод доступу. Прикладом можуть бути дві локальні мережі Ethernet, з'єднані між собою. Мости функціонують на каналному рівні.

Пакет (Packet). Модуль даних, упакованих у вигляді, придатному для передачі по мережі, що містять керуючу та іншу інформацію. Відповідає Мережевому рівню моделі OSI (Рівню 3).

Протокол (Protocol). Встановлений регламент, що визначає спосіб форматування мережевих даних у пакеті або фреймі, механізм їх передачі та методи інтерпретації даних, отриманих на вузлі, що приймає.

Регіональна мережа (Metropolitan area network). Мережа, що зв'язує кілька локальних мереж у межах великого міста чи значної міської території.

Мережа загального користування (Public Network). Мережа, що пропонує свої послуги всім членам певної спільноти (наприклад, мережеві служби, що надаються телекомунікаційною компанією чи компанією кабельного телебачення).

Топологія (Topology). Фізична конфігурація кабелю та логічні маршрути, яким впливають мережні пакети, що передаються цим кабелем.

Трансляційний міст (Translation bridge). Міст між мережами, що використовують різні транспортні протоколи, який може спрямовувати трафік за цим протоколом у відповідні мережі.

Трансляція (Translation). Спосіб перетворення одного транспортного протоколу в інший.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Фрейм (Frame). Цей термін іноді використовується як еквівалент поняття "пакет" та позначає блок даних, що передається по мережі і містить керуючу та адресну інформацію, що відповідає Канальному рівню моделі OSI (Рівню 2).

Хост (Host). Комп'ютер (мейнфрейм, міні-ЕОМ, сервер чи робоча станція), має операційну систему, що дозволяє іншим комп'ютерам одночасно звертатися до нього для отримання доступу до файлів, даних та служб. Програми та обробка інформації можуть виконуватись безпосередньо на хості або можуть бути завантажені для виконання на клієнтський комп'ютер, що звертається до хоста. В іншому Значення "хост" - це будь-який комп'ютер, підключений до мережі.

Приватна мережа (Private network). Мережа, що належить деякій організації та керована силами цієї організації (наприклад, університетська мережа, яку підтримує один із коледжів).

Шлюз (Gateway). Мережевий пристрій, що забезпечує обмін інформацією між мережними системами різного типу (наприклад, між складними протоколами чи різними поштовими системами).

## 1.2 Етапи проектування мереж доступу

Залежно від типу об'єкта, для якого розробляється проект мережі та стадії документації, можна виділити наступні етапи проектування мережі доступу:

Проектна документація для нового об'єкта будівництва:

- формування переліку необхідних вихідних даних для проектування мережі доступу;
- за потреби формування запитів отримання технічних умов підключення проєктованого об'єкта до мереж доступу;
- аналіз одержаних матеріалів від Замовника;
- розробка концепції мережі доступу об'єкта, що проєктується;
- розробка проєктної документації мережі доступу об'єкта;
- погодження документації мережі доступу об'єкта із Замовником;

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- погодження документації мережі доступу об'єкта в Експертизі (Державна/Недержавна);
- за потреби узгодження проектної документації мережі доступу об'єкта з провайдером.

У рамках проектування мереж доступу розробляються технічні рішення щодо приєднання об'єкта до мереж зв'язку загального користування, таких як:

- система телефонного зв'язку, телефонна мережа загального користування;
- доступ до мережі передачі даних Інтернет;
- система кабельного телебачення;
- провідне радіомовлення (радіофікація);
- мультисервісна мережа зв'язку.

Технічні рішення щодо побудови мережі доступу та підключення проєктованих систем зв'язку об'єкта до мереж зв'язку загального користування виконуються у відповідності з технічними умовами, що видаються постачальником послуг зв'язку провайдером або оператором, чи організацією, що експлуатує.

У рамках проектної документації мереж доступу можна виділити такі основні системи:

- система передачі даних (СПД);
- структурована кабельна мережа (СКМ), включаючи систему кабеленесучих конструкцій (СКК);
- локально-обчислювальна мережа (ЛОС);
- безпроводова локально-обчислювальна мережа Wi-Fi (БЛОМ);
- система телефонного зв'язку (IP/аналоговий) (місцевий автоматичний телефонний зв'язок, телефонний зв'язок мережі загального користування) (СТЗ);
- система провідного радіомовлення (система радіофікації, система радіотрансляції);
- система годинофікації (система точного часу) (СТЧ);

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- система колективного (кабельного, супутникового) прийому телебачення (система прийому телевізійних програм) (СКПТ);
- система зв'язку для маломобільних груп населення (СЗ МГН);
- комплекс систем оповіщення, локальна, об'єктова система оповіщення та інші;
- система звукофікації.

### **1.3 Огляд методів аналізу даних, що можуть застосовуватися для дослідження параметрів мереж доступу**

Для вирішення завдань, пов'язаних з аналізом даних (виявлення прихованих взаємозв'язків усередині масивів даних, наприклад в статистичних даних, отриманих при аналізі мережного трафіка, показників якості передачі даних, вимог користувачів) за наявності випадкових та непередбачуваних впливів, математиками та іншими дослідниками за останні роки був вироблений набір методів, які називаються сукупністю статистичними методами аналізу даних. За цей час нагромаджено великий досвід успішного застосування цих методів у різних сферах людської діяльності, від економіки до космічних досліджень та в інфокомунікаціях. І за певних умов ці методи дають змогу отримувати оптимальні рішення. Ефективним є застосування методів аналізу даних при дослідженні параметрів мереж доступу.

Статистичні методи, що ґрунтуються на використанні математичної статистики є ефективним інструментом збору та аналізу інформації. Застосування цих методів не вимагає великих витрат і дозволяє із заданим ступенем точності та достовірністю судити про стан досліджуваних явищ (об'єктів, процесів), прогнозувати та регулювати проблеми на всіх етапах та на основі цього виробляти оптимальні рішення.

Всі статистичні методи аналізу за ознакою спільності можна класифікувати на три основні групи: графічні методи, методи аналізу статистичних сукупностей та економіко-математичні методи. Запропонована класифікація дає наочне уявлення про різноманітність статистичних методів і

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

про ті потенційні можливості, які вони мають у частині їх використання при аналізі даних.

Графічні методи ґрунтуються на застосуванні графічних засобів аналізу статистичних даних. Серед них такі методи як: контрольний листок, діаграма Парето, схема Ісікави, гістограма, діаграма розкиду, розшарування, контрольна карта, графік тимчасового ряду та ін. Дані методи не вимагають складних обчислень, можуть використовуватися як самостійно, так і комплекс з іншими методами та є дуже ефективними.

Методи аналізу статистичних сукупностей служать вивчення інформації, коли зміна аналізованого параметра носить випадковий характер. Основними методами цієї групи, є: регресивний, дисперсійний і факторний аналіз, метод порівняння середніх, метод порівняння дисперсій та ін. аналіз; дослідити зв'язки між випадковими та не випадковими величинами (регресивний аналіз); виявити роль окремих факторів у зміні аналізованого параметра (факторний аналіз) тощо.

Поєднанням економічних, математичних і кібернетичних методів - економіко-математичні методи є оптимізація є центральним поняттям методів цієї групи, тобто процес знаходження найкращого варіанта з множини можливих з урахуванням прийнятого критерію оптимальності. Ці методи не є чисто статистичними, але вони широко використовують апарат математичної статистики, що дає підставу включити їх у класифікацію статистичних методів, що розглядається. Для цілей, пов'язаних із забезпеченням якості, із досить великої групи економіко-математичних методів слід виділити насамперед такі: математичне програмування (лінійне, нелінійне, динамічне); планування експерименту; імітаційне моделювання: теорія ігор; теорія масового обслуговування; теорія розкладів; функціонально-вартісний аналіз та ін.

Аналіз даних за допомогою статистичних методів може бути виконаний у декілька етапів.

Опис даних. У практичних завданнях зазвичай є сукупність спостережень (десятки, сотні, або навіть тисячі результатів вимірів індивідуальних

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

характеристик), у зв'язку з цим виникає завдання компактного опису наявних даних.

Для цього використовують методи описової статистики - опис результатів за допомогою різних агрегованих показників графіків. З іншого боку, деякі показники описової статистики використовують і інших статистичних методах.

Для результатів вимірювань у шкалі відносин показники описової статистики можна розбити кілька груп.

Показники положення – описують положення експериментальних даних на числовій осі. Приклади таких даних – максимальний та мінімальний елементи вибірки, середнє значення, медіана, мода та ін.

Показники розкиду – описують ступінь розкиду даних щодо центру (середнього значення). До них відносяться: вибіркова дисперсія, різниця між мінімальним та максимальними елементами (розмах, інтеграл) вибірки та ін.

Показники асиметрії (становище медіани щодо середнього) та ін.

Гістограма та ін.

Дані показники використовуються для наочного уявлення та первинного (візуального) аналізу результатів вимірювань характеристик експериментальної та контрольної груп.

Вивчення подібностей та відмінностей (порівняння двох вибірок) – завдання полягає у встановленні збігів або відмінностей характеристик двох наявних вибірок.

Типовим завданням аналізу даних є завдання встановлення збігів або відмінностей характеристик експериментальної та контрольної груп. Для цього формулюються статистичні гіпотези: гіпотеза про відсутність відмінностей (так звана нульова гіпотеза) та гіпотеза про значущість відмінностей (так звана альтернативна гіпотеза).

Для ухвалення рішення про те, яку з гіпотез (нульову чи альтернативну) слід прийняти, використовують вирішальні правила – статистичні критерії. Тобто на підставі інформації про результати спостережень (характеристики членів експериментальної та контрольної груп) обчислюється число, яке

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

називається емпіричним значенням критерію. Це порівнюється з відомим (наприклад, заданим таблично) еталонним числом, званим критичним значенням критерію.

Критичні значення наводяться, зазвичай, для кількох рівнів значимості. Рівнем значущості називається ймовірність помилки, що полягає у відхиленні (не прийнятті) нульової гіпотези, коли вона вірна, тобто ймовірність того, що відмінності вважаються суттєвими, а вони насправді випадкові. Зазвичай використовують рівні значущості 0,05; 0,01; 0,001.

Якщо отримане дослідником емпіричне значення критерію  $a$  виявляється меншим чи одно критичному, то приймається нульова гіпотеза - вважається, що на заданому рівні значущості (тобто при тому значенні критичного показника, для якого розраховано критичне значення критерію) характеристики експериментальних та контрольних груп збігаються. В іншому випадку, якщо емпіричне значення критерію виявляється строго більше критичного, то нульова гіпотеза відкидається і приймається альтернативна гіпотеза - характеристики експериментальної та контрольної груп вважаються різними з достовірністю відмінностей  $(1-a)$ . Наприклад, якщо  $a = 0,05$  і прийнято альтернативну гіпотезу, то достовірність відмінностей дорівнює 0,95 або 95%. Тобто достовірність відмінності показників – це доповнення до одиниці рівня значущості під час перевірки гіпотези про збіг характеристик двох незалежних вибірок. Іншими словами, чим менше емпіричне значення критерію (чим лівіше воно знаходиться від критичного значення), тим більший ступінь збігу характеристик об'єктів, що порівнюються. І навпаки, що більше емпіричне значення критерію (що правіше воно від критичного значення), то сильніше відрізняються показники порівнюваних об'єктів.

Дослідження залежностей. Якщо розглянуті у попередніх розділах описова статистика та статистичні критерії дозволяли, відповідно, компактно представляти отримані результати та визначати подібності та відмінності, то наступним етапом аналізу даних зазвичай є дослідження залежностей. Для цих цілей застосовуються кореляційний та дисперсійний аналіз (для встановлення

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

факту наявності чи відсутності залежності між змінними), а також регресійний аналіз (для знаходження кількісної залежності між змінними).

Кореляційний аналіз. Кореляція (*Correlation*) – зв'язок між двома або більше змінними (в останньому випадку кореляція називається множинною). Мета кореляційного аналізу – встановлення наявності чи відсутності зв'язку. У разі, коли є дві змінні, значення яких виміряно в шкалі відносин, використовується коефіцієнт лінійної кореляції Пірсона  $r$ , який набуває значення від  $-1$  до  $+1$  (його нульове значення свідчить про відсутність кореляції). Термін «лінійний» свідчить про те, що досліджується наявність лінійного зв'язку між змінними – якщо  $r(x, y) = 1$ , то одна змінна лінійно залежить від іншої (і навпаки), тобто існують константи  $a$  та  $b$ , причому  $a > 0$ , Такі що  $y = a x + b$ .

Для даних, виміряних у порядковій шкалі, слід використовувати коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (він може застосовуватися і для даних, виміряних в інтервальній шкалі, оскільки є непараметричним і вловлює тенденцію – зміни змінних в одному напрямку), який позначається  $s$  і визначається порівнянням рангів – номерів значень порівнюваних змінних у тому упорядкуванні. Коефіцієнт кореляції Спірмена менш чутливим, ніж коефіцієнт кореляції Пірсона (оскільки перший у разі вимірів у шкалі відносин враховує лише впорядкування  $x$  елементів вибірки). У той самий час він дозволяє виявляти кореляцію між монотонно нелінійно пов'язаними змінними (котрим коефіцієнт Пірсона може показувати незначну кореляцію).

Універсальних рецептів встановлення кореляції між немонотонно та нелінійно пов'язаними змінними на сьогоднішній день не існує. Зазначимо, що велике (близьке до плюс одиниці або мінус одиниці) значення коефіцієнта кореляції говорить про зв'язок змінних, але нічого не говорить про причинно-наслідкові відносини між ними.

Дисперсійний аналіз. Вивчення наявності чи відсутності залежності між змінними можна проводити за допомогою дисперсійного аналізу

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

(*Analysis of Variance - ANOVA*). Його суть полягає у наступному. Дисперсія характеризує «розкид» значень змінної. Змінні пов'язані, якщо для об'єктів, що відрізняються значеннями однієї змінної, відрізняються значення іншої змінної. Отже, потрібно всім об'єктам, мають одне й те значення однієї змінної (званої незалежною змінною), подивитися, наскільки різняться (наскільки велика дисперсія) значення іншої (чи інших) змінної, званої залежною змінною. Дисперсійний аналіз якраз і дає можливість порівняти відношення дисперсії залежною змінною (міжгруповою дисперсією) з дисперсією всередині груп об'єктів, що характеризуються одними й тими самими значеннями незалежною змінною (внутрішньогруповою дисперсією). Інакше кажучи, дисперсійний аналіз «працює» в такий спосіб. Висувається гіпотеза про наявність залежності між змінними. Виділяються групи елементів вибірки з однаковими значеннями незалежною змінною (кількість таких груп дорівнює числу попарно різних значень незалежною змінною). Якщо гіпотеза про залежність вірна, то значення залежною змінною всередині кожної групи повинні не дуже відрізнятися (внутрішньогрупова дисперсія має бути мала). Навпаки, значення залежною змінною різних груп повинні відрізнятися сильно (міжгрупова дисперсія має бути велика). Тобто змінні залежні, якщо відношення міжгруповою дисперсією до внутрішньогруповою (зазвичай позначається буквою F) велике. Якщо ж гіпотеза неправильна, це ставлення має бути мало.

Регресійний аналіз. Якщо кореляційний та дисперсійний аналіз, якісно кажучи, дають відповідь на питання, чи існує взаємозв'язок між змінними, то регресійний аналіз призначений для того, щоб знайти «явний вигляд» цієї залежності. Мета регресійного аналізу – знайти функціональну залежність між змінними. Для цього передбачається, що залежна змінна (іноді звана відгуком) визначається відомою функцією (іноді кажуть – моделлю), яка залежить від залежною змінною або змінних (іноді званих факторами) та деякого параметра. Потрібно знайти такі значення цього параметра, щоб отримана залежність (модель) найкраще описувала наявні експериментальні дані. Наприклад, у простій лінійній регресії передбачається, що залежна змінна у є лінійною

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

функцією  $y = a x + b$  від незалежної змінної  $x$ . Потрібно знайти значення параметрів  $a$  і  $b$ , у яких пряма  $ax + b$  найкраще описувати (апроксимувати) експериментальні точки  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ .

Зниження розмірності. Часто внаслідок експериментальних досліджень виникають великі масиви інформації. Наприклад, кожен із досліджуваних об'єктів описується за кількома критеріями (вимірюються значення кількох змінних – ознак). Тоді результатом вимірів буде таблиця з числом осередків, що дорівнює добутку числа об'єктів на число ознак. Виникає питання, чи всі змінні є інформативними. Досліднику бажано було б виявити ці суттєві змінні (це важливо з змістовної точки зору) та сконцентрувати увагу на них. Крім того, завжди бажано скорочувати обсяги інформації, що обробляється (не втрачаючи при цьому суті). Статистичні методи можуть допомогти тут. Існує цілий клас завдань статистичного аналізу – методи зниження розмірності – мета яких якраз і полягає у зменшенні кількості аналізованих змінних або за допомогою виділення суттєвих змінних, або побудови нових показників (на підставі отриманих у результаті експерименту). Але за все (у тому числі за агрегування інформації) треба платити – такою платою в завданнях зниження розмірності є та частина варіації (змін, дисперсії) вихідних показників, яка пояснюється змінами тих показників, які не залишаються внаслідок зниження розмірності (найменш мінливі) показники чи їх комбінації).

Для зниження розмірності використовується факторний аналіз, а основними методами є метод головних компонент, що коротко розглядається нижче, і багатовимірне шкалювання.

Метод головних компонентів полягає у отриманні кількох нових показників – головних компонентів, є лінійними комбінаціями вихідних показників (нагадаємо, що лінійною комбінацією називається зважена сума), отриманих у результаті експерименту. Головні компоненти впорядковуються порядку спадання тієї дисперсії, що вони «пояснюють». Перша головна компонента пояснює більшу частину дисперсії, ніж друга, друга – більшу, ніж

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

третья тощо. Зрозуміло, що чим більше головних компонентів буде враховуватися, тим більшу частину змін можна буде пояснити.

Перевага методу головних компонентів полягає в тому, що найчастіше перші кілька головних компонентів (одна-дві-три) пояснюють більшу частину (наприклад, 80-90%) змін великого числа (десятків, а іноді й сотень) параметрів. З іншого боку, може бути, що у перші кілька основних компонент входять в повному обсязі вихідні параметри. Тоді можна дійти невтішного висновку у тому, які параметри є суттєвими і ними слід звернути увагу насамперед.

Класифікація. Велику групу завдань аналізу даних, що ґрунтуються на застосуванні статистичних методів, становлять так звані завдання класифікації. У близьких сенсах (залежно від предметної області) використовуються також терміни: "угруповання", "систематизація", "таксономія", "діагностика", "прогноз", "прийняття рішень", "розпізнавання образів".

Виділяються три підобласті теорії класифікації: дискримінація (дискримінантний аналіз), кластеризація (кластерний аналіз) та угруповання.

У дискримінантному аналізі класи передбачаються заданими (наприклад, навчальними вибірками, для елементів яких відомо, яким класам вони належать: хворий-здоровий, легкий ступінь захворювання – середній – тяжкий тощо). Завдання полягає в тому, щоб об'єкт, що знову з'являється, віднести до одного з цих класів. Термін «дискримінація» має безліч синонімів: діагностика (потрібно поставити діагноз з кінцевого списку можливих діагнозів, якщо відомі певні характеристики пацієнта і відомо, які діагнози ставилися пацієнтам, які увійшли до навчальної вибірки), розпізнавання образів з учителем, автоматична (або статистична) класифікація з учителем і т.д. Якщо в дискримінантному аналізі класи задані, то кластеризація та угруповання призначені для виявлення та виділення класів. Синонімами є побудова класифікації, таксономія, розпізнавання образів без вчителя, автоматична класифікація без вчителя тощо.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Завдання кластерного аналізу полягає у виділенні за емпіричними даними різко різняться груп (кластерів) об'єктів, які схожі між собою всередині кожної групи. При угрупованні, коли різких меж між кластерами немає, досліднику доводиться самому вводити межі між групами об'єктів. Завданням класифікації (як теоретичним їх аспектам, і досвіду успішного вирішення конкретних прикладних завдань присвячена численна література). Розглядати їх докладно у цій роботі ми не будемо. До завдань прогнозу зазвичай належать і завдання аналізу часових рядів.

Аналіз часових рядів. Тимчасовим рядом називається послідовність чисел – значень деякого показника, виміряного у різні моменти часу. Тимчасові ряди використовуються для опису динаміки процесів, наприклад зміни температури тіла, концентрації певної речовини в крові і т.д. На підставі кінцевого відрізка тимчасового ряду дослідник повинен зробити висновки про властивості аналізованого процесу і ті механізми (у рамках статистики – імовірнісних механізмах), які породжують цей ряд. При вивченні часових рядів ставляться такі цілі: агрегований опис характерних рис ряду; підбір статистичних моделей, що описують часовий ряд; передбачення майбутніх значень виходячи з минулих спостережень (прогноз динаміки); вироблення рекомендацій щодо управління процесом, що породжує тимчасовий ряд. На сьогоднішній день існує безліч моделей та методів, що дозволяють досягати перерахованих вище цілей з урахуванням специфіки досліджуваного процесу. Ці методи докладно описані у літературі та реалізовані у комп'ютерних статистичних пакетах.

Кластерний аналіз. Кластерний аналіз є засіб дослідження топологічної структури сукупності об'єктів. Він дозволяє розбити безліч об'єктів у ознаковому просторі класи близьких між собою об'єктів. Виявлені цим способом "згустки об'єктів", звані кластерами (класами, таксонами), дозволяють сформулювати, зрештою, гіпотези про логічну структуру сукупності. Кластери, чудово знайдені вперше і розумно описані дослідником, після повторного збору інформації та застосування кластерного аналізу можуть "розсіпатися" через випадковість виявленої кластерної структури. Ця руйнація

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

може статися, тоді, коли реальна кластерна структура може бути відсутнім взагалі (досліджувана сукупність однорідна) або коли задано кількість класів, що не відповідає реальності. Серед багатьох методів кластерного аналізу ми розглядаємо лише методи, що дозволяють вивчати великі масиви даних, що не обмежуються можливостями оперативної пам'яті ЕОМ.

#### **1.4 Постановка завдання**

Метою роботи є дослідження параметрів мереж доступу із використанням методів аналізу даних.

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

1. Аналіз концепції мереж доступу, основні терміни та визначення.
2. Аналіз етапів проектування мереж доступу.
3. Огляд методів аналізу даних.
4. Формування переліку параметрів, що приймають участь у процесі проектування мережі доступу.
5. Вибір методів аналізу даних, що можна застосувати при дослідженні параметрів мереж доступу.
6. Застосування методів аналізу даних при дослідженні параметрів мережі доступу
7. Аналіз методів розрахунку структурних характеристик мереж доступу.
8. Формування вихідних даних до проектування мережі доступу.
9. Формування вимог до мережі та мережного обладнання.
10. Побудова структурної та функціональної схем мережі доступу для заданих умов.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 2

### ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК МЕРЕЖІ ДОСТУПУ

#### 2.1 Можливості методів аналізу даних в сфері інфокомунікацій

Основним завданням будь-якого аналітика комп'ютерних мереж та систем є генерація гіпотез, що ґрунтуються на «зовнішніх знаннях»: даних о користувача, сервісах, параметрах мережі, ринку послуг та іншої корисної інформації. Сьогодні вилучення потрібної інформації з величезної купи сховищ даних називають інтелектуальним аналізом даних, методи аналізу даних якого дозволяють приймати стратегічно важливі рішення при проектуванні, експлуатації та модернізації мереж.

Аналіз даних завдяки широті можливостей, які він відкриває, знайшов широке застосування у науці: його використовують як сучасний метод дослідження. Однак і на практиці він відіграє не меншу роль: те, що допомагає науці, рухати людство шляхом до прогресу, дозволяє мережному бізнесу, операторам зв'язку збільшувати прибуток і кількість клієнтів. Методи аналізу даних дозволяють:

- сегментувати користувачів – клієнтів послуг, сегментування інфокомунікаційних послуг, сегментування обладнання;
- прогнозувати потреби та вимоги користувачів до інфокомунікаційних послуг; прогнозування кількості користувачів; прогнозування навантаження в мережі;
- пошук взаємозв'язку між параметрами мережі, вимогами користувачів, можливостями операторів тощо,
- проводити аналітику складських запасів обладнання мережі,
- приймати рішення про індивідуальні знижки для клієнтів послуг, розробка спеціальних пропозицій щодо інфокомунікаційних послуг для клієнтів сервісів передачі даних;

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- аналіз фінансових показників – вартості мережі та її складових, вартість послуг зв'язку, прибутки операторів, вартість експлуатації та технічного обслуговування порівняння вартості модернізації, побудови нової мережі, ремонт старої;

- зменшення розмірності параметрів мережі, виявлення факторів, що впливають на процеси в мережах та в процесі надання інфокомунікаційних послуг;

- залучати нових користувачів, приймати рішення про введення нового обладнання, модернізації обладнання, збільшення пропускної спроможності, кількості ліній.

Серед методів інтелектуального аналізу даних.

Кластеризація, кластерний аналіз – пошук та об'єднання схожих структур та об'єктів. Кластерний аналіз лише знаходить та поєднує об'єкти із загальними властивостями, але не допомагає робити висновки. Наприклад, методами кластерного аналізу можна поділити користувачів на групи в залежності від схожих потреб та властивостей;

Алгоритм k-середніх (k-means, швидкий кластерний аналіз) – допомагає визначити гіпотези щодо кількості кластерів, значення k може залежати від раніше проведених досліджень, припущень або інтуїтивно. Метод дозволить прийняти рішення щодо розподілу користувачів на групи, або сегментування мережі, вибору кількості вузлів доступу.

Байєсовські мережі – графічні структури, які мають ймовірнісні відносини між величезним масивом змінних, служать до створення ймовірнісного виведення з урахуванням цих змінних.

Штучні нейронні мережі - дуже популярна тема останнім часом, але перш ніж скористатися нейронною мережею, аналітик її повинен «навчити» (від того, наскільки правильно, вірно і точно буде навчена мережа, залежить її ефективність у вирішенні тих чи інших завдань).

Подання інформації, отриманої будь-якими методами аналізу даних, у візуальному форматі покращує її розуміння у кілька разів. Застосування деяких

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

методів аналізу – технічно складний процес, його результати можуть і повинні бути зрозумілі практично будь-якому користувачеві інформації. Лише грамотна візуалізація може бути дієва для підвищення ефективності сприйняття результатів аналізу даних та допоможе зробити правильні висновки користувачам.

Створити візуалізацію результатів аналізу даних допомагають професійні аналітичні програми, створені спеціально для візуалізації даних і роботи з ними фахівців нетехнічного профілю.

## **2.2 Визначення особливостей проектування інформаційних мереж та їх складових**

Процес проектування інформаційної мережі або її складових носить ітераційний характер, при цьому ітерації цього процесу можуть включати більше одного рівня проектування. Тобто в процесі проектування процедура аналізу об'єкта виконується багаторазово. Дуже важливою задачею є зменшення трудомісткості кожного етапу аналізу, при цьому не знизити якість остаточного проекту. На початкових стадіях проектування, коли висока точність результатів не потрібна, доцільно використовувати прості та економічні моделі аналізу даних.

Створити проект інформаційної мережі, або мережі доступу означає вибрати структуру мережі, визначити значення всіх параметрів мережі та подати отримані результати у встановленій формі. Проектна документація (що є результатом проектування мережі) можуть бути виражені у вигляді схем (структурної та функціональної), пояснювальних записок, таблиць з вибраним обладнанням, описом, результати розрахунків.

В рамках проектування мережі вирішуються задачі синтезу. Проектною процедурою структурного синтезу є розробка (або вибір) структури мережі. Процедури параметричного синтезу – розрахунок (або вибір) значень параметрів елементів.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Завдання структурного синтезу полягає у визначенні мети, множини можливих рішень, умов, та обмежень. Завдання полягає у синтезі (або корекції) структури, визначенні типів вузлів мережі, розподіл функцій по вузлам таким чином, щоб під час виконання заданих обмежень досягався екстремум цільової функції.

Також, наряду з задачами синтезу в процесі проектування мережі вирішуються задачі аналізу. Мета аналізу - отримання інформації про характер функціонування та значення вихідних параметрів при заданій структурі об'єкта, відомості про зовнішні параметри та параметри елементів мережі.

Для аналізу інформаційної мережі широко використовуються математичні методи та моделі масового обслуговування. Спрощені моделі масового обслуговування дозволяють знаходити явний вигляд цільової функції, якою використовується характеристика мережі, така як час затримки повідомлень (пакетів).

Моделювання життєвого циклу інформаційної мережі є ітеративним процесом – на кожній ітерації проводиться аналіз отриманих результатів та за необхідністю коригуються попередні етапи роботи. Комп'ютерна мережа при цьому підходить у кожній стадії проходить цикл, що повторюється: планування - реалізація - перевірка – оцінка (англ. plan-do-check-act cycle).

Математичні функціональні моделі у загальному випадку це алгоритм обчислення вектора вихідних параметрів мережі при заданих векторах параметрів елементів мережі та зовнішніх параметрів. Закон функціонування мережі в рамках роботи подано у наступному вигляді:

$$H(t) = fc(S, F, Y, X, t),$$

де  $fc$  – функція, алгоритм, логічні умови, методика, таблиця або словесний опис, що визначає правило перетворення вхідних параметрів мережі у вихідні характеристики мережі;

$H(t)$  – вектор показників, які залежать від поточного часу  $t$  ( $t \geq 0$ ):

$$H = \{V, T, N, C, Z\}$$

Параметри – первинні дані мережі:

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

S – структурні параметри ,  
F – функціональні параметри,  
Y – параметри навантаження,  
X – параметри довкілля, зовнішні фактори.

Характеристики – вторинні дані мережі:

V – характеристики потужності,  
T – тимчасові характеристики,  
N – характеристики надійності,  
C – економічні характеристики,  
Z – інші.

Характеристики мережі доступу

Поняття характеристики функціонування мережі доступу у роботі включає вторинні властивості мережі доступу і є функція параметрів, та визначаються в процесі вирішення завдань аналізу. Параметри мережі доступу описують первинні властивості мережі і є вихідними даними під час вирішення завдань аналізу.

Характеристики комп'ютерних мереж – це сукупність показників ефективності (якості) мережі, що можна поділити на кількісні та якісні.

Кількісні характеристики комп'ютерних мереж ділимо на дві групи:

- глобальні, що визначають найважливіші властивості мережі як цілісного об'єкта;
- локальні, визначальні властивості окремих пристроїв чи частин мережі та дозволяють отримати більш детальне уявлення про ефективність мережі

До глобальних характеристик відносяться характеристики продуктивності, надійності, оперативності, вартості та інші (наприклад енергоспоживання і т.п.).

Продуктивність комп'ютерної мережі – міра потужності мережі, визначальна кількість роботи, яка виконується мережею за одиницю часу. Враховує показники ефективності комп'ютерної мережі, що визначають якість

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

функціонування мережі взагалі, так її окремих елементів та підсистем – технічних та програмних засобів її компонентів.

Продуктивність мережі залежить, в першу чергу, від продуктивності окремих її елементів, що називається швидкістю роботи або швидкодією пристроїв. Наприклад, для мережі доступу швидкість передачі даних по каналах зв'язку, що вимірюється обсягом даних, що передаються за одиницю часу. Швидкодія вузлів мережі доступу або, точніше, процесорів, вимірюване числом команд, виконуваних за одиницю часу. Для оцінки продуктивності комп'ютерної мережі загалом використовується наступна сукупність показників:

- продуктивність мережі передачі даних СТК, що вимірюється числом повідомлень (біт, кадрів, пакетів, чарунок), що передаються по мережі за одиницю часу;

- продуктивність засобів обробки даних СВТ, являє собою сумарну продуктивність усіх обчислювальних засобів ВТ (ЕОМ та систем), що входять до складу мережі.

Продуктивність СТК (комунікаційна потужність) може бути задана такими показниками:

- максимальна чи гранична продуктивність, тобто пропускна спроможність мережі що вимірюється кількістю пакетів, що передаються в мережі за одиницю часу;

- реальна чи фактична продуктивність мережі передачі даних, яка може бути задана як середнє значення на деякому інтервалі часу або як миттєве значення в конкретний час.

Продуктивність СВТ (обчислювальна потужність) загалом складається з продуктивностей обчислювальних засобів, що виконують обробку даних у мережі. Найбільш важливим показником продуктивності, як сукупності технічних та програмних засобів, є системною продуктивність  $\lambda_0$ , що вимірюється числом завдань, що виконуються системою за одиницю часу:

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Характеристики оперативності описують затримки, що виникають при передачі та обробці даних у мережі доступу.

Для оцінки оперативності мережі доступу використовуються такі показники: час доставки пакетів (або повідомлень), час відгуку (відповіді). Термін доставки (час затримки) пакетів характеризує ефективність організації передачі даних у мережі доступу та є інтервалом часу, що вимірюється від моменту надходження пакета або повідомлення до мережі до моменту отримання пакета адресатом. Загалом час затримки – величина випадкова, що обумовлено випадковим характером процесів надходження та передачі даних у мережі доступу.

У комп'ютерних мережах зазвичай час доставки задається середнім значенням  $T$ , яке може накладатися обмеження  $T < T^*$  в залежно від типу переданих даних.

При передачі мультимедійних даних в мережі доступу, крім затримки (середнього значення часу доставки пакетів) важливою характеристикою є варіація затримки або джиттер, що є середньоквадратичним відхилення часу затримки різних пакетів.

Час відгуку (відповіді) – інтервал часу з моменту надходження запиту (транзакції, повідомлення) до мережі до моменту завершення його обслуговування, пов'язаного з виконанням деякої прикладної або обслуговуючої програми, із зверненням до бази даних тощо.

Час відповіді є час перебування запиту в мережі та характеризує ефективність як телекомунікаційних, так і обчислювальних засобів комп'ютерної мережі.

Час відгуку, як і час затримки – величина випадкова і може задаватися середнім значенням  $U$  або у вигляді ймовірності  $P(tu < U^*)$  неперевищення певного заданого значення  $U^*$ .

У мережах реального часу замість терміну "час відповіді" часто використовують термін "час реакції".

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Як характеристики надійності зазвичай використовуються наступні показники:

- ймовірність безвідмовної роботи мережі  $P(t)$  – ймовірність того, що протягом часу  $t$  не станеться відмови;

- інтенсивність відмов  $\lambda_0$  – середня кількість відмов за одиницю часу;

- час напрацювання на відмову – проміжок часу між двома суміжними відмовими – величина випадкова, а її середнє значення  $T_0$  називається середнім напрацюванням на відмову  $T_0 = 1/\lambda_0$ ;

- час відновлення – інтервал часу від моменту настання відмови до моменту відновлення;

працездатності системи – величина випадкова і зазвичай задається середнім значенням  $T_в$ , що називається середнім часом відновлення;

- коефіцієнт готовності  $K_г$  - частка часу, протягом якого мережа працездатна:  $K_г = T_0/(T_0+T_в)$ .

Величина  $K_г$  може трактуватися як ймовірність того, що будь-який момент часу мережа працездатна.

Аналогічно, значення  $(1-K_г)$  визначає ймовірність того, що мережа перебуває у стані відновлення (непрацездатна).

Як вартісні (економічні) характеристики мережі доступу можуть використовуватися такі показники:

- повна вартість володіння (Total cost of ownership, TCO) - витрати, розраховані на всіх етапах життєвого циклу мережі та включають вартість технічних, інформаційних та програмних засобів (прямі витрати) та витрати на експлуатацію мережі (непрямі витрати);

- вартість (ціна) передачі даних та обробки даних у мережі, обумовлена обсягом і вартістю ресурсів мережі, що використовуються відповідно при передачі та обробці даних.

Як локальні характеристики комп'ютерних мереж можуть використовуватися залежно від цілей дослідження найрізноманітніші

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

показники ефективності. Локальні характеристики описують ефективність функціонування:

- вузлів та каналів мережі доступу;
- окремих сегментів мережі доступу;
- вузлів доступу та обладнання.

Локальні показники можуть бути розбиті на дві групи: тимчасові; безрозмірні.

До тимчасових характеристик належать:

- час доставки (затримки) пакетів під час передачі між сусідніми вузлами доступу мережі;
- час очікування передачі у вузлах мережі чи звільнення ресурсів;
- час перебування даних у різних вузлах, пристроях чи підсистемах.

До безрозмірних характеристик відносяться:

- число пакетів, що знаходяться в буферній пам'яті вузлів (маршрутизаторів, комутаторів);
- коефіцієнти завантажень вузлів, каналів зв'язку та пристроїв і т.д.

Коефіцієнт завантаження або просто завантаження  $\rho$  пристрою це частка часу, протягом якого пристрій працює:

$$T_t = T \rightarrow \infty \rho \lim ,$$

де  $t$  - час, протягом якого пристрій працював;

$T$  – час спостереження.

Завантаження  $\rho$  характеризує ступінь використання пристрою та часто називається коефіцієнтом використання пристрою.

Оскільки  $0 \leq \rho \leq 1$ , то завантаження може трактуватися як ймовірність того, що у будь-який момент часу пристрій працює.

Величина  $\eta = 1 - \rho$  називається коефіцієнтом простою пристрою та характеризує частку часу, протягом якого пристрій не працює (простує).

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 2.3 Постановка задачі аналізу характеристик мережі доступу

Ускладнення структури інформаційних мереж, зростання кількості обладнання, складності комплектуючих та протяжності мереж вимагає підвищення ефективності застосування та вдосконалення методів проектування та управління мережами.

Розрахувати кількісні характеристики функціонування мереж дає можливість теорія масового обслуговування. При цьому оцінюються ймовірно-часові характеристики вузлів. Надійність мережі не розраховується. Після використання методів теорії масового обслуговування, за рахунок спрощеного підходу, необхідним є уточнення характеристик мережі. При цьому використовуються більш реальні моделі, що робить процес проектування мереж - ітераційним процесом.

Технічні та програмні засоби комп'ютерної мережі в даний час стають все більш складними. Також ускладнюються умови їх роботи. Окремі види пристроїв комп'ютерної мережі складаються з сотень тисяч елементів. Ймовірність виникнення хоча б однієї відмови сучасного складного пристрою стає достатньо великим, отже, необхідні спеціальні заходи, що забезпечують доступність ресурсів та послуг. Доступність – властивість зберігати працездатний стан протягом деякого напрацювання або стан комп'ютерної мережі, у якому мережа відповідає всім вимогам, які пред'являються її функціонуванню. Для оцінки доступності застосовується кількісний показник: коефіцієнт оперативної готовності  $R_s$ . Методи теорії надійності використовуються для забезпечення заданих вимог до функціонування комп'ютерної мережі та підвищення доступності на етапах проектування, виготовлення, випробування та експлуатації мережі. Методи теорії ймовірностей, як математичного апарату теорії надійності, що використовуються для розрахунку показника ймовірності безвідмовної роботи комп'ютерної мережі.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

При проектуванні мережі зміна її структури з метою покращення характеристик або оновлення з'являється небезпека зниження готовності, тому необхідно розраховувати коефіцієнт готовності проекту мережі на кожному етапі ітерації проектування.

Використання запропонованої методики аналізу проекту мережі наводить до цілеспрямованої зміни структури мережі та обчислення, в тому числа та надійних характеристик функціонування.

Характеристики функціонування мережі у разі пропонується подати як функцію структурно-функціональної організації та коефіцієнта оперативної готовності, не нижче за заданий.

$$H(t) = f(SF, R_s \geq R_z, C) \quad (2.1)$$

де  $SF$  – структурно-функціональні параметри комп'ютерної мережі;

$R_s, R_z$  - Коефіцієнти оперативної готовності;

умова  $R_s \geq R_z$  обмежує ймовірність безвідмовної роботи мережі,

$C$  - вкладення в мережу.

Розробка моделі інформаційної мережі, мережі доступу, як її сегменту або комп'ютерної мережі, як технічної системи з дискретним характером функціонування полягає у виборі конкретного математичного апарату, у термінах якого формулюється модель, та побудові моделі або сукупності моделей досліджуваної мережі, що відображають можливі варіанти структурно-функціональної організації комп'ютерної мережі.

Аналітичний метод математичного моделювання використовує апарат теорії ймовірностей; теорії масового обслуговування. При цьому багато моделей реальних систем будуються на основі моделей масового обслуговування: базових у вигляді систем масового обслуговування СМО та мережних моделей як мереж масового обслуговування МеМО.

У процесі розробки аналітичної моделі мережі необхідно визначити склад та перелік параметрів та характеристик моделі в термінах теорії масового обслуговування, і встановити їх взаємозв'язок з параметрами та

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

характеристиками досліджуваної системи, тобто виконати параметризацію моделі.

Так як склад та номенклатура системних та модельних параметрів і характеристик відрізняється, необхідно встановити відповідність між їх значеннями. Це виконується на етапі параметризації моделі.

При використанні аналітичного методу при побудові математичної моделі використовується ряд спрощених припущень. Численні джерела при моделюванні комп'ютерної мережі застосовують моделі масового обслуговування з наступними припущеннями та спрощеннями.

Для отримання компактних аналітичних результатів допускається, що інтервали між надходженнями заявок описуються Марківським чи пуасонівським розподілом.

Теорія масового обслуговування дозволяє моделі М/М/К, що спрощено описує процеси, що відбуваються в комутаційному обладнанні вузла доступу, оцінити середню довжину черги та середній час очікування заявки на черги в залежності від характеристик вхідного потоку та часу обслуговування.

За допомогою моделі М/М/К системи масового обслуговування можна приблизно моделювати мережу з комутацією пакетів (IP-мережу). Пропускна спроможність магістралі комутатора  $N/2$  більше швидкості надходження даних на входи портів. При цьому шина передає кадри в псевдопаралельному режимі, не вносячи затримок у передачу кадру загалом.

Шина забезпечує одночасну передачу потоку даних від усіх портів і комутатор не вносить затримку по дорозі передачі, т.к. є неблокованим.

Важлива роль найпростішого потоку при моделюванні визначається тим, що найпростіші чи близькі до них потоки часто зустрічаються на практиці. Крім того, при аналізі СМО можна отримати цілком задовільні результати, замінюючи вхідний потік будь-якої структури найпростішим із тією ж інтенсивністю.

Для найпростішого потоку характерно, що надходження заявок через короткі проміжки часу більш імовірно, ніж через довгі – 63% проміжків часу

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

між заявками мають довжину, меншу за середню значення  $1/\lambda$ . Наслідком цього є те, що найпростіший потік порівняно з іншими видами потоків створює найважчий режим роботи системи. Тому припущення у тому, що у вхід системи надходить найпростіший потік заявок, призводить до визначення граничних значень показників якості обслуговування. Якщо реальний потік відмінний від найпростішого, то система функціонуватиме не гірше, ніж це впливає з отриманих оцінок.

Моделі мереж масового обслуговування використовуються для аналізу характеристик протоколів канального, мережного та транспортного рівнів моделі ISO/OSI. Мережеві моделі окремих елементів комп'ютерної мережі адекватно відображають багатоетапний процес обробки пакетів у цих пристроях, дозволяючи як розраховувати характеристики, а й здійснювати вибір різних параметрів, наприклад, обсягів буферної пам'яті вузлів комутації. Досвід проектування та вимірювань реальних мереж показує, що моделі масового обслуговування є досить точним і практично єдиним добре розробленим математичним апаратом, що дозволяє здійснювати вибір альтернативних варіантів, та оптимізацію характеристик на етапі проектування комп'ютерної мережі.

Припущення, що приймаються на етапі параметризації моделі масового обслуговування

1. Вхідний потік пакетів мережі з комутацією кадрів, що надходять на інтерфейс вхідного комутатора, відповідає вхідному потоку заявок моделі  $\lambda_0$ .
2. Виробники обладнання пропонують комутатори з комутацією на льоту, коли пакети передаються з мінімально можливою затримкою. Цю властивість можна інтерпретувати як потік без післядії під час розгляду вхідного потоку пакетів.

3. Технологічна реалізація комутаторів визначається їх архітектурою. У комутаторах із загальною шиною (backplane) для зв'язку процесорів портів застосовується високошвидкісна шина, що у режимі поділу часу. Після того, як

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

дані перетворюються на прийнятний для передачі по шині формат, вони поміщаються на шину і далі передаються в порт призначення. У кожен час по шині може передаватися лише один пакет, тобто передбачається простий потік.

4. Інтенсивність  $\lambda_0$  та закон розподілу інтервалів між послідовними заявками передбачаються постійними у часі, і потік заявок вважається стаціонарним.

5. Заявки моделі, що виходять з обслуговуючого приладу, утворюють вихідний потік пакетів вихідного інтерфейсу вузла мережі.

Спрощення, які приймаються при параметризації моделі СМО  
Спрощення, які приймаються при взаємозв'язку параметрів та характеристик моделі СМО з параметрами та характеристиками вузла комп'ютерної мережі.

1. Кадр мережі з комутацією пакетів відповідає запиту моделі.

2. Потік кадрів відповідає потоку заявок.

3. Структурні параметри СМО:

a. Кількість обслуговуючих приладів дорівнює  $K$ ;

b. Кількість  $k$  накопичувачів дорівнює 1.

Місткість накопичувача вважається нескінченною, тобто заявки ніколи не губляться через вичерпання буфера;

c. Накопичувач моделі відповідає буферу інтерфейсу комутатора (цей термін використовується як узагальнена назва пристрою комутації пакетів).

4. Навантажувальні параметри СМО:

a. Кількість вступників до системи класів заявок  $N$  дорівнює 1;

b. Експоненційний закон розподілу інтервалів часу між заявками, що надходять до системи;

c. Середній час обслуговування кадру відповідає середньому часу  $b_1$  просування кадру процесором комутатора із вхідного буфера у вихідний канал. Для отримання аналітичного результату, час обслуговування вважається випадковою величиною з експоненційним законом розподілу. Продуктивність обслуговуючого приладу дорівнює пропускній здатності вихідного інтерфейсу

5. Основні характеристики СМО з однорідним потоком заявок:

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

а. навантаження системи:  $y = \lambda b$  - це теоретичний максимум вхідної швидкості  $\lambda_0$ , при якій вузол мережі встигатиме обробляти всі запити, обернено пропорційний часу обслуговування запиту. З практичних міркувань, таких як вимоги, на час відгуку або обмеження на розміри буферів, вхідна швидкість обмежується 70-90% від теоретичного максимуму.

б. завантаження системи  $\rho = \lambda b$ ; середній час очікування заявок у черзі;

$$w = \frac{Pb}{K(1-\rho)}; \quad (2.2)$$

де  $P$  – ймовірність того, що всі  $K$  прилади зайняті обслуговуванням заявок. Ймовірність  $P$  визначається як:

$$P = \frac{(K\rho)^K}{K!(1-\rho)} P_0 \quad (2.3)$$

де  $P_0$  – ймовірність простою багатоканальної СМО, тобто ймовірність того, що в системі немає заявок:

$$P_0 = \left[ \frac{(K\rho)^K}{K!(1-\rho)} + \sum_{i=0}^{K-1} \frac{(K\rho)^i}{i!} \right]^{-1} \quad (2.4)$$

середній час перебування заявок у системі:  $u = w + b$ ; д. середня довжина черги =  $w$ ; е. середня кількість заявок у вузлі  $m = \lambda u$ .

2.4 Припущення про взаємозв'язок параметрів та характеристик моделі СеМО з параметрами та характеристиками комп'ютерної мережі

За допомогою моделі мережі масового обслуговування СеМО можна приблизно моделювати мережі з комутацією пакетів, вузлами якої є СМО М/М/К, описані вище.

1. Вузол комутації відповідає вузлу РСемо.
2. Експоненційний закон розподілу інтервалів часу між кадрами, що надходять до системи, описує потік заявок  $\lambda_0$ .
3. Залежності, що пов'язують інтенсивність потоків заявок у різних вузлах лінійні.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4. Буфер передбачається нескінченним, тобто, заявки ніколи не губляться через вичерпання буфера.

5. Передбачається, що заявки не розмножуються після обслуговування деякої заявки у вузлі та не формують кількох нових заявок.

6. Для отримання граничних значень характеристик комп'ютерної мережі передбачається однорідний потік пакетів.

7. Маршрут передбачається один, для одного завдання, яке вирішується мережею, наприклад, лише вихід в Інтернет або лише робота з сервером програм або файл-сервером.

8. Середній час обслуговування заявки відповідає середньому часу просування кадру в процесором комутатора з вхідного буфера у вихідний канал.

9. Для отримання аналітичного результату час обслуговування вважається випадковою величиною з експоненційним законом розподілу рівної пропускної спроможності вихідного інтерфейс комутатора.

10. Користувачі мережі відповідають декільком зовнішнім джерелам заявок, що генерують у КС запити, незалежно від кількості запитів, перебувають у КС та відповіді повертаються у зовнішнє середовище після обслуговування у КС, тобто. моделлю комп'ютерної мережі можна припустити розімкнену мережу масового обслуговування.

11. Для опису лінійних розімкнених однорідних Експонентних СеМО необхідно задати такі параметри:

a. число вузлів у РСеМО  $n$  дорівнює кількості вузлів комутації мережі.

b. число обслуговуючих приладів у вузлах РСеМО:  $K = 1$

c. матрицю ймовірностей передач  $P = [p_{ij} | i, j = 0, 1, \dots, n]$  відповідну матрицю зв'язків між вузлами мережі.

12. Для вузла - комутатора другого рівня трафік підмережі у т.ч. і віртуальної мережі VLAN, фільтрується з коефіцієнтом передачі  $a_{ij}$  рівним одиниці

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

13. Для вузла комп'ютерної мережі - комутатора третього рівня трафік підмережі, у т.ч. і віртуальної мережі VLAN, фільтрується з коефіцієнтом передачі, визначеним обсягом даних, що передаються між підмережами та всередині підмережі. Наприклад, з коефіцієнтом передачі  $\alpha_{ij}$  рівним 50%/50%, 20%/80%, 80%/20% залежно від завдань, які вирішуються мережею та коефіцієнтом передачі відповідно рівним 0,5; 0,2; 0,8.

14. Інтенсивність джерела заявок  $\lambda_0$ , що надходять до РСeMO обчислюється з таких міркувань: теоретичний максимум вхідної швидкості  $\lambda_0$ , при якій КС встигатиме обробляти всі запити, обернено пропорційний часу обслуговування запиту. З практичних міркувань, таких як вимоги, часу відгуку чи обмеження на розміри буферів, вхідна швидкість обмежується 70-90% від теоретичного максимуму та кількістю підключених користувачів.

15. Середні тривалості обслуговування заявок у вузлах РСeMO відповідають середньому часу просування пакету  $b_l$  процесором комутатора із вхідного буфера у вихідний канал.

Для отримання аналітичного результату час обслуговування вважається випадковою величиною з експоненційним законом розподілу пуассонівським часом розподілу. Продуктивність обслуговування дорівнює пропускній спроможності вихідного інтерфейсу комутатора

16. Умова відсутності перевантаження розімкнутого СеМО відповідає умови відсутності навантаження комп'ютерної мережі:

$$\lambda_0 < \min\left(\frac{K_1}{\alpha_1 b_1}, \dots, \frac{K_i}{\alpha_i b_i}\right) \quad (2.5)$$

17. Навантаження СеМО відповідає навантаженню мережі

$$Y = \sum_{j=1}^n y_j \quad (2.6)$$

18. Завантаження СеМО відповідає Завантаження мережі:

$$R = \sum_{j=1}^n \rho_j \quad (2.7)$$

19. Час очікування СеМО відповідає часу очікування мережі:

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$W = \sum_{j=1}^n \alpha_j w_j \quad (2.8)$$

20. Час перебування СеМО відповідає часу перебування мережі:

$$U = \sum_{j=1}^n \alpha_j w_j \quad (2.9)$$

21. Довжина черги СеМО відповідає довжині черги мережі:

$$L = \sum_{j=1}^n l_j \quad (2.10)$$

22. Число заявок до СеМО відповідає числу заявок до КС:

$$M = \sum_{j=1}^n m_j \quad (2.11)$$

Припущення про параметри моделі СеМО та параметри IP підмережі На практиці для зменшення ширококомовного навантаження та обмеження на замкнуті контури в мережі, яке дозволяє лише один шлях між двома будь-якими пристроями, велику мережу розбивають на підмережі, обмежені комутаторами третього рівня / маршрутизаторами. При цьому МАС кадр доставляється в межах своєї підмережі. У комутаторах третього рівня логіка маршрутизації пакетів реалізовано апаратно. Комутатори третього рівня формують локальну магістраль для збільшення продуктивності та надійності і пов'язані один з одним лініями з пропускною здатністю наступного рівня швидкості в порівнянні з портами користувачів (1 Гбіт/с для 100 19 Мбіт). У моделі підмережа та мережа враховується інтенсивністю потоку заявок.

Припущення прийняті для відповідності між значеннями модельних параметрів з параметрами IP-мережі наведено нижче.

1. Вхідний потік моделі відповідає кадрам Ethernet. Кадри Ethernet мінімальної довжини створюють найважчий режим роботи комутатора.

2. Швидкість вхідного потоку моделі визначається як теоретичний максимум вхідної швидкості  $\lambda_0$ , при якій IP-підсіть буде встигати обробляти всі запити, і обернено пропорційна часу обслуговування запиту. На практиці вхідна швидкість обмежується 70-90% від теоретичного максимуму рівного 100

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Мбіт за секунду /148800 кадрів за секунду або 1000 Мбіт за секунду /1488000 кадрів на секунду та кількістю підключених користувачів.

3. Вихідний потік вузла моделі відповідає кадрам Ethernet. Вихідний потік вузла IP-підмережі у т.ч. та віртуальної мережі VLAN, інтенсивність потоку дорівнює пропускній здатності вихідного інтерфейсу комутатора, даної виробником устаткування.

4. Швидкість вихідного потоку моделі відповідає швидкості обслужених кадрів комутатором, що дорівнює стандарту Ethernet 100 Мбіт за секунду або 148800 кадрів за секунду або 1000 Мбіт за секунду секунду 1488000 кадрів за секунду.

Припущення про взаємозв'язок параметрів моделі СеМО з параметрами складової мережі

1. Вхідний потік моделі відповідає кадрам Ethernet.

2. Швидкість вхідного потоку моделі відповідає теоретичному максимуму вхідної швидкості  $\lambda_0$ , при якій мережа встигатиме обробляти усі запити. Швидкість вхідного потоку назад пропорційна часу обслуговування запиту та обмежується 70-90% від теоретичного максимуму стандарту Ethernet 100 Мбіт секунду або 148800 кадрів за секунду або 1000 Мбіт за секунду або 1488000 кадрів в секунду та кількістю підключених користувачів.

3. Вихідний потік моделі відповідає кадрам Ethernet.

4. Вихідний потік вузла підмережі у т.ч. та віртуальної мережі VLAN, дорівнює пропускну спроможність вихідного інтерфейсу комутатора третього рівня, даної виробником устаткування.

5. Швидкість вихідного потоку моделі відповідає швидкості обслужених кадрів комутатором - 100 Мбіт за секунду /148800 кадрів за секунду, 1000 Мбіт за секунду /1488000 кадрів за секунду.

6. Коефіцієнт передачі  $\alpha_j$  показує, у скільки разів інтенсивність потоку у вузол відрізняється від інтенсивності джерела. Будь-який маршрутизатор програмний чи апаратний, змінює інтенсивність потоку пакетів у процесі просування. У комутатори третього рівня логіка маршрутизації пакетів

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

реалізовано апаратно. Для вузла мережі - комутатора третього рівня трафік підмережі, у т.ч. та віртуальної мережі VLAN, фільтрується з коефіцієнтом передачі, що визначається обсягом даних, передаються між підмережами і всередині підмережі, залежно від задач, розв'язуваних мережею.

7. Різні засоби прикладної віртуалізації, такі як віртуальні та гостьові системи значно змінюють кількість та характер можливих для реалізації структур комп'ютерної мережі із функцією. При моделюванні віртуальних об'єктів передбачається, що: Вузол моделі СМО чи СеМО відповідає об'єкту віртуалізації - віртуальної (гостьової) робочої станції чи серверу.

Виходячи із сказаного, при дослідженні аналітичної моделі комп'ютерної мережі можна застосувати математичний апарат лінійних експоненційних розімкнених мережевих моделей масового обслуговування із зазначеними вище спрощуючими припущеннями.

На основі вищесказаного здійснюється структурний та навантажувальний синтез математичної моделі проекту комп'ютерної мережі Цілеспрямоване додавання мережевих пристроїв, каналів з перенаправленням потоків для покращення значень характеристик мережі змінює структуру мережі. Для кожної структури комп'ютерної мережі необхідно:

1. розрахувати коефіцієнти передач і інтензивань у вузлах мережі;
2. перевірити умову відсутності перевантажень;
3. розрахувати вузлові та мережеві характеристики – середні часи перебування, очікування, довжина черги, числа заявок;
4. виявити вузькі місця шляхом обчислення характеристик мережі з найбільшим значенням середнього часу перебування заявок на вузлі та числа заявок, що перебувають у черзі;
5. розвантажити вузькі місця шляхом збільшення швидкості роботи обслуговуючого приладу, зменшення коефіцієнта передач вузол або подорожчання комутаційних вузлів та мережі.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

6. провести імітаційне моделювання для детального аналізу спроектованої моделі мережі та оцінити похибку аналітичних методів розрахунку набору показників.

### 2.5 Імітаційне моделювання комп'ютерної мережі

Відповідно до проведених досліджень, можна зробити висновок, що Internet та Ethernet трафіку, є самоподібними (self-similar)). Додаток або робоча станція формує Ethernet-трафік сплесками з періодами бездіяльності між ними і є самоподібним. Самоподібна структура трафіку містить зменшені копії самої себе на всіх рівнях масштабування. Пропонується моделювати самоподібний трафік розподілом Парето. Потрібно оцінити вплив самоподібності на продуктивність мережі. Порівняння проводиться на моделях систем масового обслуговування. Для цього аналізуються для моделей M/M/1 та G/M/1 із самоподібним вхідним потоком середня та максимальна довжина черги, середній час очікування та середній час перебування у черзі. Інтервали часу між тими, хто прибуває з частотою по розподілу Пуассона пакетами, розподілені експоненційно з функцією розподілу:

$$F(x) = 1 - (e^{-\lambda x}) \quad (2.12)$$

Розподіл Парето має функцію розподілу ймовірностей:

$$F(x) = 1 - (\lambda/x)^\alpha \quad (x > k; \alpha > 0) \quad (2.13)$$

Розподіл Парето можна спостерігати у широкому спектрі соціальних та фізичних явищ, а також у галузі передачі даних.

Хвіст розподілу Парето зменшується значно повільніше, ніж експонентного. Наявність важкого хвоста у певних мережевих змінних (наприклад, розмірів файлів та тривалості з'єднання) є основною причиною довгострокової залежності та самоподібності. Для відображення процесів у системі за наявності неекспоненційних зовнішніх впливів розроблено імітаційні моделі серед GPSS World. Як вхідний потік використовується потік, згенерований GPSS World. Час очікування, перебування, довжини черг вимірюються вбудованою підсистемою GPSS

Залежно від завантаження системи:  $\rho = \lambda/\mu$ ,

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де - середня інтенсивність вхідного потоку;  $\mu$  - середня інтенсивність обслуговування заявки. Розподіл Парето – повільно загасаючий розподіл з параметрами, що визначають мінімальне значення випадкової величини та середнього значення та дисперсії випадкової величини.

PARETO (№generator,  $\lambda$ ,  $\alpha$ )

Параметри розподілу:

$\lambda$  - визначає мінімальне значення, яке може набувати  $x$ ,

$\alpha$  - визначає середнє значення та дисперсію випадкової величини  $x$ .

Якщо параметр приймає значення від 1 до 2, то випадкова величина має кінцеву середню та нескінченну дисперсію.

Для Ethernet-трафіку параметр  $\alpha$  індивідуальних джерел дорівнює 1.2, що відповідає самоподібному трафіку. Internet-трафік відповідає розподілу Парето з параметром  $1,16 \leq \alpha < 1,5$ .

Для забезпечення рівного завантаження моделі M/M/1 підбирається параметр  $\lambda$ . Результати моделювання представлені в таблиці 2.7. та рис.2.1 та рис.2.2.

Фрагмент коду моделей M/M/1 та P/M/1 представлений нижче:

```
-----
*m/m/1 * intervalarrival equ 1.108; 1.234; 1.422; 1.666; 1.974; 2.47; 3.22; 4.95; 9.9;
flow fvariable (exponential(111,0,intervalarrival)) *p/m/1 * alfa equ 1.16 xmin equ
1.6;0.799;0.52;0.4;0.32;0.27;0.23;0.2;0.18;0.164;          flow          fvariable
(pareto(111,xmin,alfa))
-----
```

Аналіз результатів моделювання систем P/M/1 та M/M/1 показує наступне:

1. Усі основні характеристики (середня довжина черги, максимальна довжина черги, середній час очікування черги, середній час перебування у системі) для системи P/M/1 мають більші значення в порівнянні з системою M/M/1 з аналогічними параметрами.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2. При завантаженні системи  $\rho \leq 0,1$  різниця не велика для Показників систем.
3. При завантаженні системи  $0,1 \leq \rho \leq 0,3$  різниця збільшується до кілька разів.
4. При завантаженні системи  $0,3 \leq \rho \leq 0,7$ , значення характеристик для систем P/M/1 і M/M/1 відрізняються в рази, і з підвищенням навантаження на систему зростають до десятків разів.
5. коли  $\rho$  перевищує значення 0.7, різниця у значеннях між двома системами продовжує зростати до кількох десятки разів.
6. Довжина черги передбачалася нескінченною, і не використовувалися пріоритети, але довжина черги має значення і тому вплив самоподібного вхідного потоку на продуктивність системи більш помітно і може наводити до нестабільності у її роботі або великих затримок.
7. Вплив самоподібності та довгострокової залежності необхідний враховувати при проектуванні та аналізі буферів та мереж.

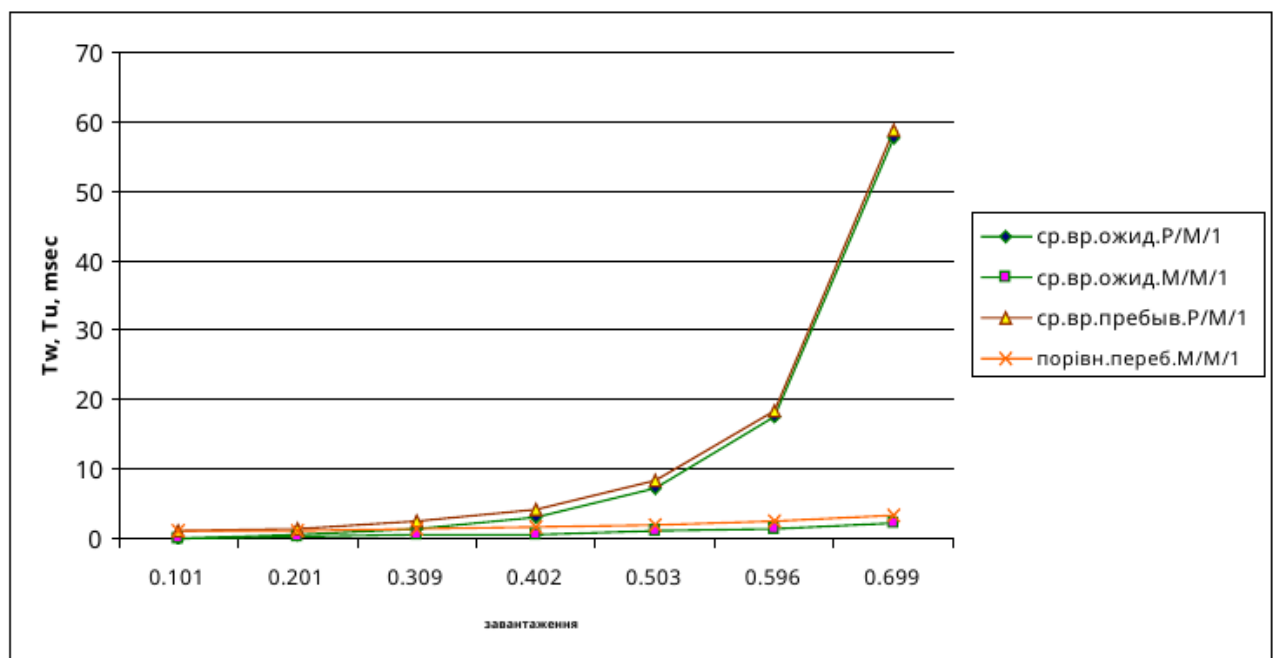


Рис.2.1 - Залежність середніх часів очікування та перебування від завантаження для випадків експоненційного та самоподібного потоків при завантаженні від 0,1 до 0,7

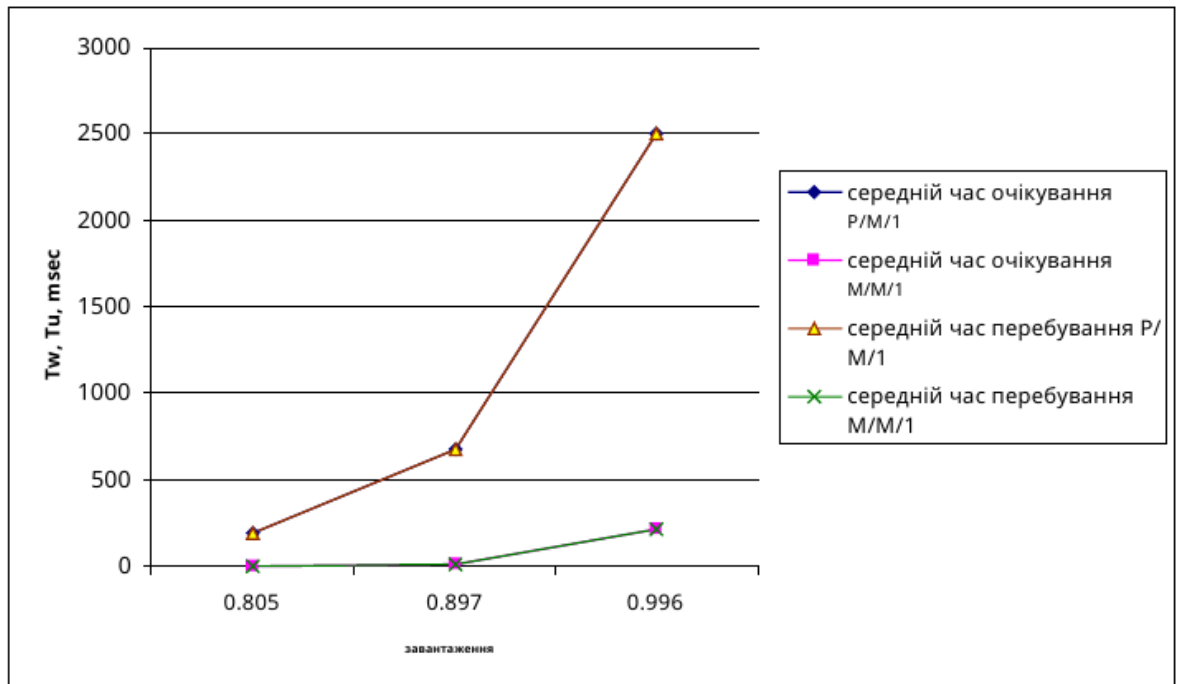


Рис.2.2 - Залежність середніх часів очікування та перебування від завантаження для випадків експоненційного та самоподібного потоків при завантаження від 0,8 до 0,996

Для моделі з експоненційно розподіленими тимчасовими інтервалами надходження заявок та експоненційно розподіленою тривалістю обслуговування (ММ/1) залежність необхідного розміру буфера  $q$  від середнього коефіцієнта використання  $\rho$  приймає вид (рис.2.3).

Таблиця 2.7

Результати експериментів порівняння поведінки моделей М/М/1 (з експоненціальним вхідним потоком) та G/M/1 з самоподібним вхідним потоком для максимальної та середньої довжини черги, середнього часу очікування у черзі та перебування заявок у мережі

Завантаження	0.101	0.201	0.309	0.402	0.503	0.596	0.699	0.805	0.897	0.996
Макс. довжина черги Р/М/1	5	10	17	33	65	103	387	1114	2171	6106
Макс. довжина черги М/М/1	5	7	10	13	14	17	23	37	58	402
Середня довжина черги Р/М/1	0.009	0.102	0.45	1.291	3.697	10.437	40.537	157.82	604.84	2495.99
Середня довжина черги М/М/1	0.011	0.05	0.13	0.272	0.513	0.888	1.644	3.375	7.76	210.207
Середнє час очікування Р/М/1	0.093	0.503	1.45	3.203	7.334	17.473	57.809	195.68	673.58	2508.33
Середнє час очікування М/М/1	0.111	0.25	0.44	0.674	1.016	1.485	2.347	4.18	8.631	210.82
Середнє час перебування Р/М/1	1.09	1.501	2.451	4.2	8.331	18.471	58.806	196.68	674.58	2509.33
Середнє час перебування М/М/1	1.109	1.247	1.446	1.672	2.013	2.482	3.344	5.178	9.629	211.818

$$q = \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (2.14)$$

При довгостроковій залежності високого ступеня потреби буфері зростають стрімко із зростанням коефіцієнт використання  $\rho$ . При певних припущеннях залежність необхідного розміру буфера  $q$  від середнього коефіцієнта використання  $\rho$  підпорядковується закону (2.4):

$$q = \frac{\rho^{\frac{1}{2(1-H)}}}{(1 - \rho)^{\frac{H}{(1-H)}}} \quad (2.15)$$

де  $H$  – параметр, який набирає значення  $0.5 < H < 1$ . Залежність необхідного розміру буфера показано на рис.2.3, таблиці 2.8.

											Арк.
											50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат							

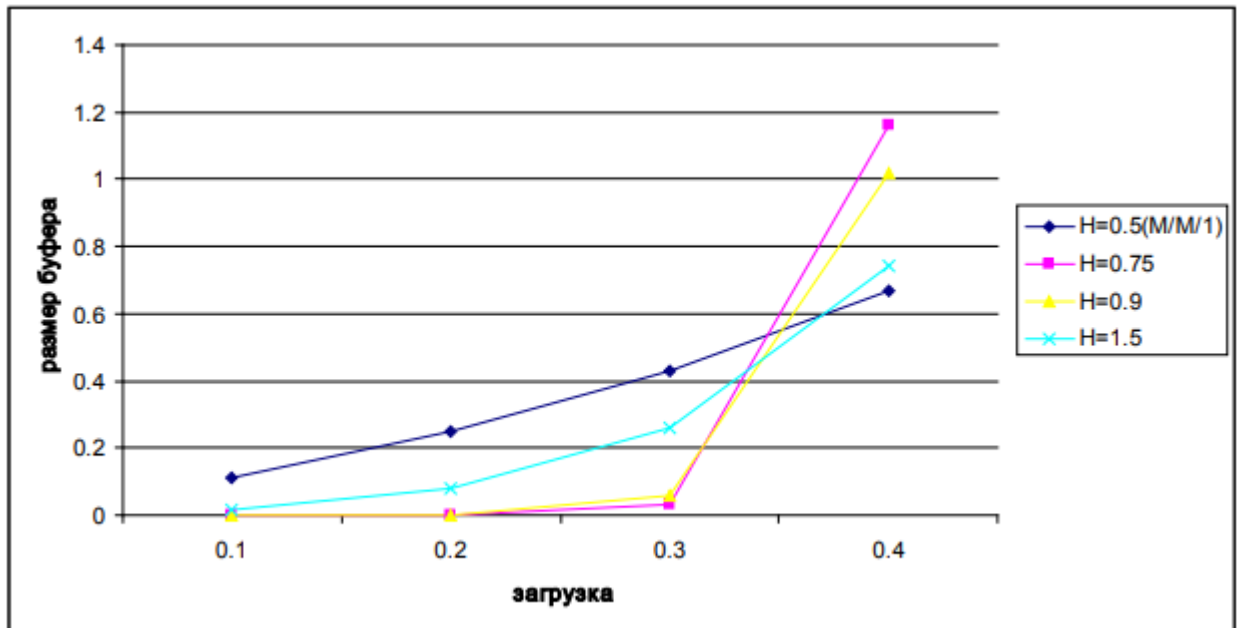


Рис.2.3 - Залежність необхідного розміру буфера q від середнього коефіцієнта використання  $\rho$

Таблица 2.8

Зависимость необходимого размера буфера от  $\rho$

$\rho$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
H=0.5 (M/M/1)	0.111	0.25	0.428	0.667	1	1.5	2.33	4	9
H=0.92	1.89E-06	0.00056	0.033	1.159	38.05	1547.9	110909	27068704	1.64E+11
H=0.9	2.58E-05	0.0024	0.06	1.016	16	296.6	8538.8	640000	5.9E+08
H=0.75	0.0137	0.078	0.262	0.740	2	5.625	18.148	80	810

Оцінка середнього часу перебування вимог у системі задається формулою (2.5).

$$\mu T = \frac{\rho^{\frac{H-1}{2}}}{(1-\rho)^{\frac{H}{1-H}}} \quad (2.16)$$

Самоподібний трафік прикладного та мережевого рівнів відрізняється. На прикладному рівні самоподібність властива джерелу потоку даних без взаємодії із мережею. Оскільки поведінка само подібної трафіку прикладного рівня незалежно від поточного стану мережі, цим трафіком рекомендується керувати в контексті керування доступом та виділення ресурсів для гарантування необхідного класу обслуговування. Самоподібний трафік мережевого рівня виявляє властивості самоподібності в широкому діапазоні тимчасової шкали в результаті численних взаємодій із мережею чи об'єднаною мережею.

Прикладом є ТСР – трафік. Самоподібний трафік мережевого рівня змінює свою поведінку залежно від навантаження, схеми повторної передачі, кількості конкуруючих користувачів, розмірів запитуваних в Павутині або FTP файлів і т.д.

## 2.6 Синтез структури комп'ютерної мережі щодо забезпечення її доступності

При синтезі структури мережі резервування та ремонтпридатність використані як науково обґрунтовані методи підвищення доступності ресурсів та послуг проектованої комп'ютерної мережі. Доступність є якісною характеристикою функціонування складного технічного об'єкта, такого як мережа комп'ютера. Оцінювати доступність пропонується кількісними показниками надійності. Надійність – це властивість об'єкта зберігати у часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції у заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання та транспортування. Надійність об'єктів закладається під час проектування, реалізується під час виготовлення та витрачається під час експлуатації. Тому потрібно розглядати схемні методи підвищення доступності за критерієм показників надійності першому етапі життєвого циклу комп'ютерної мережі - проектуванні. Засобами підвищення працездатності та продуктивності каналів зв'язку є альтернативні шляхи руху трафіку, надлишкові по відношенню до єдиного основного шляху. Працездатність кожного фізичного каналу локальної мережі цілком визначається характеристиками працездатності його компонентів (порту комунікаційного пристрою, роз'єму, середовища передачі, точок з'єднання роз'ємів із середовищем, кросових з'єднань). Працездатність каналу підвищується за рахунок застосування надлишкових фізичних сполук, коли канал дублюється одним або декількома іншими. Підвищення рівня зв'язності мережі, тобто створення альтернативних маршрутів, - це засіб підвищення експлуатаційних характеристик мережі. Неминучі додаткові витрати на створення альтернативних маршрутів можуть виявитися меншими, ніж при

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

підвищенні продуктивності за рахунок застосування більш швидкісної технології каналу, а для підвищення працездатності введення надлишкових з'єднань найчастіше стає єдиним практично здійсненим способом досягнення мети.

Альтернативні з'єднання в мережах використовуються двома способами:

1. у режимі резервування, коли одна з них функціонує, а решта перебувають у "гарячому" резерві для заміни того, хто відмовив з'єднання 2. у режимі балансу навантаження; при цьому дані передаються паралельно по всіх альтернативних сполук Альтернативні з'єднання в режимі резервування покращують одну характеристику мережі – працездатність. Альтернативні з'єднання у режимі балансу навантаження дозволяють підвищити продуктивність та працездатність. У локальних мережах, де технології та обладнання реалізують тільки функції першого та другого рівня моделі OSI/ISO базові протоколи підтримують лише деревоподібні топології зв'язків. Для організації альтернативних каналів потрібні протоколи та технології, що виходять за рамки базових, до яких належить Ethernet або алгоритм прозорого мосту (Transparent Bridge), описаний у стандарті 802.1D і застосовується в сучасних комутаторах другого рівня. Об'єднання кількох фізичних каналів можливе за допомогою механізмів агрегування каналів Link Aggregation за специфікацією IEEE 802.3ad.

Підтримка надлишкових зв'язків комутаторами другого рівня знижує вартість мережі, оскільки багато ділянок мережі будуються без залучення щодо дорогих маршрутизаторів (комутаторів третього рівня) та підвищується швидкість реакції на обрив зв'язку. При агрегуванні фізичних каналів усі надлишкові зв'язки залишаються в робочому стані, а наявний трафік розподіляється між ними поділу навантаження. При відмові одного зі складових логічного каналу, трафік розподіляється між каналами, що залишилися. Описано практичну завдання знаходження числа резервних ліній зв'язку, мережевих адаптерів, портів вузла комутації, робочих станцій у мережі

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

та дослідження залежності показників надійності від резерву, що показана на рисунку 3.0.

Таким чином, резервування – це метод підвищення надійності технічних пристроїв або підтримки їх на потрібному рівні за допомогою введення апаратної надмірності за рахунок включення запасних (резервних) елементів та зв'язків, додаткових у порівнянні з мінімально необхідним для виконання заданих функцій у даних умовах роботи.

При резервуванні з дробовою кратністю працездатне стан резервованого з'єднання можливий за умови, якщо число справних елементів не менше необхідного для виконання заданих функцій у даних умовах роботи.

Кратність резерву – це відношення кількості резервних елементів об'єкта до резервованих ними основних елементів, виражених нескороченим дробом.

Кратність резерву обчислюється за такою формулою:

$$k = m/(n-m),$$

де  $n$  – загальна кількість елементів розрахунку резервованої системи;

$(n-m)$  - кількість елементів, необхідні нормальної роботи системи;

$m$  – число резервних елементів.

Відмова системи настає при відмові  $(m+1)$  елемента.

Система буде працездатною протягом часу  $t$  при відмові не більш ніж  $m$  елементів. З вимог додатків визначається кількість елементів  $(n - m)$ , необхідне виконання заданих функцій у даних умовах роботи системи, наприклад кількість людей у групі слухачів така, щоб двома слухачами була одна робоча станція. Знаходження кількості резервних  $m$  елементів провадиться при припущеннях, що основні елементи системи мають однакоvu надійність, відмови елементів описуються найпростішим потоком відмов, відновлення є незалежним.

2.7 Постановка задачі синтезу структури технічної системи забезпечення доступності

Для забезпечення необхідної доступності використовується структурна надмірність.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Постановка завдання синтезу структури технічної системи забезпечення доступності:

1. Є структурна схема системи.
2. Відома кількість елементів  $n$  системи.
3. Відома інтенсивність відмови елементів вихідної системи.
4. Середній час відновлення вихідної системи.
5. Коефіцієнт оперативної готовності системи.

Необхідно визначити показники доступності системи:

1. Структурну схему системи, яка б задовольняла вимогам доступності,
2. Показники доступності системи:
  - a. ймовірність безвідмовної роботи системи (ВБР)  $P_s(t)$ ,
  - b. густина  $f_s(t)$  розподілу часу безвідмовного роботи (частота відмов) системи залежно від кратності резервування.
  - c. виграш надійності.
  - d. коефіцієнт готовності системи  $K_{rs}$ .
  - e. коефіцієнт оперативної готовності системи  $R_s$ .

Методика синтезу структури системи забезпечення доступності наступна.

1. Аналіз доступності вихідної систем.
2. Визначення кратності роздільного резервування, що забезпечує вимоги до надійності.

3. Визначення показників надійності системи: ймовірність безвідмовної роботи системи  $P_s(t)$ , коефіцієнта готовності системи  $K_{rs}$ , коефіцієнта оперативної готовності системи  $R_s$  синтезованої структури

Аналіз доступності вихідної системи проводиться за критерієм коефіцієнта оперативної готовності системи не менше заданого  $R_s \geq R_{zi}$  включає визначення:

- ймовірність безвідмовної роботи вихідної системи  $P_s(t)$  протягом часу  $t$ ,
- коефіцієнта готовності елементів системи  $K_{ri}$ ,
- коефіцієнта оперативної готовності вихідної системи для експоненційного розподілу  $R_s = K_r P_s(t)$ .

					КРМ.КІ.1.884-03.3.2	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Імовірність безвідмовної роботи для систем із дробовою кратністю резервування за умови, що всі елементи мають однакову надійність, розраховується з виразу:

$$P_s(t) = \sum_{i=0}^m C_n^i [p(t)]^{n-i} (1-p(t))^i, \quad (2.17)$$

де  $C_n^i$  - число поєднань з  $(n)$  по  $(i)$  елементів системи;  $p(t)$  - можливість безвідмовної роботи елемента системи;  $m$  - число резервних елементів системи;  $n$  - загальна кількість елементів системи з числом основних елементів  $(nm)$ .

За допомогою формули (2.6) можна визначити необхідну кількість резервних елементів  $m$  системи для заданої кількості основних  $(nm)$ , що забезпечують необхідну можливість безвідмовної роботи системи  $P_s(t)$ .

Щільність розподілу часу безвідмовної роботи (частота відмов) розраховується з виразу:

$$f_s(t) = (n-m) C_n^m Q^m(t) P^{n-m-1}(t) f(t) \quad (2.18)$$

де  $f(t)$  - щільність розподілу часу безвідмовної роботи елемента;  $Q(t)=1-p(t)$  - Імовірність відмови елемента.

Коефіцієнт готовності елементів розраховується з виразу:

$$K_n(t) = \frac{1}{1 + \rho_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2.19)$$

З літератури відомо, що інтенсивність відмов однієї мікросхеми дорівнює  $\lambda=[10^{-6}, 10^{-7}]$  година<sup>-1</sup>.

В одному керованому комутаторі другого або третього рівня робочої станції є приблизно 100 мікросхем, отже інтенсивність відмов одного комутатора або робочої станції дорівнює  $\lambda=[10^{-4}, 10^{-5}]$  година<sup>-1</sup>.

Доступність проектування, конструювання та виготовлення.

При резервуванні в проекті мережі заздалегідь передбачається заміна несправних елементів на справні елементи. Це первинний спосіб підвищення надійності мережі.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Оцінка резервування проводиться за критерієм якості для систем, що відновлюються – коефіцієнт оперативної готовності.

Оцінка ефективності резервування проводиться наступними припущеннями, що спрощують: всі елементи мають однакову надійність, потік відмов є найпростішим.

Для постійної інтенсивності відмов елементів системи:

$$p(t) = e^{-\lambda t}, \quad (2.20)$$

$$P_s(t) = \sum_{i=0}^m C_n^i (1 - e^{-\lambda t})^i e^{-\lambda t(n-i)}. \quad (2.21)$$

Формула ВБР системи  $P_s(t)$  являє собою накопичені суми біномного розподілу ймовірностей з параметрами  $n$  і  $p=1-e^{-\lambda t}$ . ВБР системи  $P_s(t)$  є інтегральною функцією розподілу.

Щільність з точки зору надійності системи показує закон розподілу часу вщент або напрацювання вщент.

Середнє напрацювання дорівнює площі під кривою ймовірності безвідмовної роботи об'єкта.

$$f_s(t) = (n - m)\lambda C_n^m (1 - e^{-\lambda t})^m e^{-\lambda t(n-m)}. \quad (2.22)$$

густина  $f_s(t)$  розподілення часу безвідмовної роботи (частота відмов) системи є диференціальною функцією розподілу та показує елементарну швидкість, з якою у будь-який момент часу відбувається збільшення числа відмов.

Коефіцієнт готовності – це ймовірність того, що об'єкт опиниться у працездатному стані у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких застосування об'єкта за призначенням не передбачається.

Коефіцієнт готовності  $K_r$  оцінює час  $T_{vi}$  відновлення елементів і розраховується з виразу:

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$K_r(t) = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \rho_i}, \quad (2.23)$$

де

$$\rho_s = \sum_{i=1}^n \rho_i = \sum_{i=1}^n \lambda_i T_{vi}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2.24)$$

Коефіцієнт оперативної готовності визначається як ймовірність того, що об'єкт опиниться у працездатному стані у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких застосування об'єкта за призначенням не передбачається і, починаючи з цього моменту, працюватиме безвідмовно протягом заданого періоду часу.

Коефіцієнт оперативної готовності  $R_s$  характеризує надійність об'єктів, необхідність застосування яких виникає у довільний момент часу, після якого потрібна певна безвідмовна робота.

Коефіцієнт оперативною готовності системи для експоненційного розподілу відмов та відновлення елементів, що відмовили, дорівнює:

$$R_s = K_r P_s(t). \quad (2.25)$$

Під час аналізу доступності резервованих пристроїв на етапі проектування потрібно порівнювати схемні рішення за критерієм якості резервування – виграшу надійності.

Аналіз виграшу надійності розраховується за основними кількісними характеристиками.

Оцінка ефективності резервування здійснюється по критеріям якості – ймовірності та середньому доробку до відмови при спрощуючих припущеннях: всі елементи мають однакову надійність, потік відмов елементів найпростіший.

Виграш резервованої системи нерезервованої опбочриівснляюннєті ься зз кількісної характеристики резервованого пристрою до тієї ж характеристики нерезервованого пристрою:

$$G_p = P_s(t)/P_0(t), \quad (2.26)$$

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$G_t = T/T_0. \quad (2.27)$$

### Вплив кількості резервних елементів на показники доступності

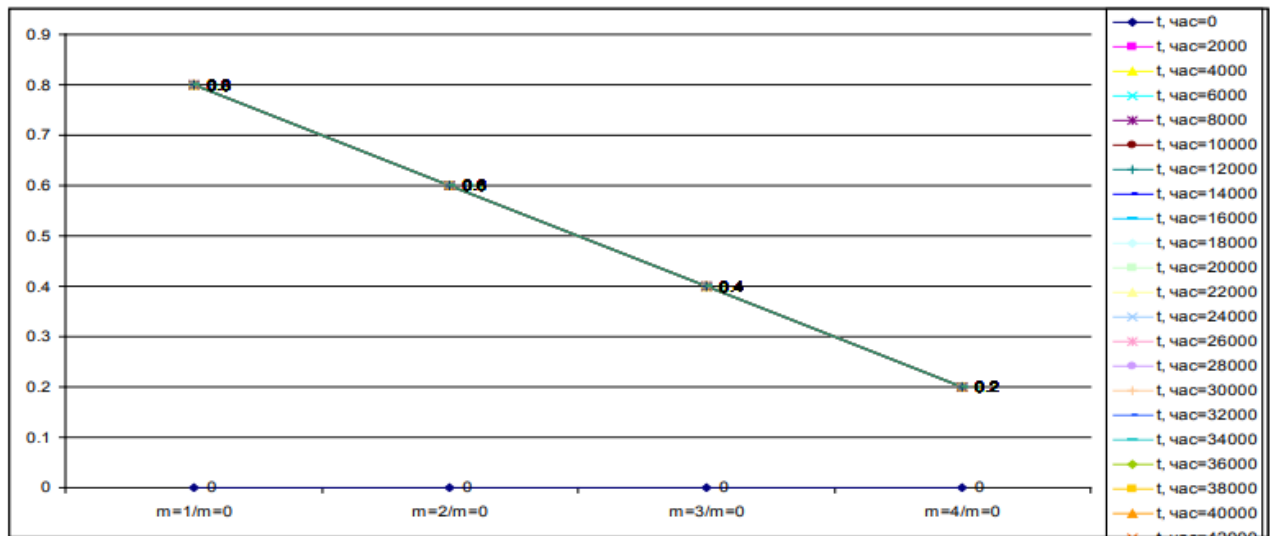


Рис.2.4 - Виграш надійності  $G_t = T/T_0$  по середньому доробку довідмови

Вплив кількості резервних елементів на кількісні показники доступності системи з дробовою кратністю резервування визначено за кількістю резервних елементів системи  $m=0, 1, 2, 3, 4$ , кількість елементів системи  $n$  рівному 5 та інтенсивності відмов  $\lambda = 10^{-5}$  година $^{-1}$ , ВБР  $p(t) = e^{-t\lambda}$ .

Аналіз (рис.2.4) показує, що значне збільшення кількості резервних елементів системи призводить до меншого збільшення доступності.

Практичне завдання дослідження залежності доступності ресурсів та послуг мережі зі складними умовами експлуатації

Існує практичне завдання забезпечення доступності комп'ютерного класу слухачами, які значно підвищують інтенсивність відмов (цехові умови експлуатації) мережі, наприклад, коефіцієнт  $\alpha = 10$ . Можливість безвідмовної роботи елемента системи у такому разі дорівнює  $(t) = e^{-\alpha t}$ . Інтенсивність відмов робочої станції в умовах навчального класу збільшується до  $\lambda = [10^{-3}, 10^{-4}]$  година $^{-1}$ .

Залежність коефіцієнта оперативної готовності системи з дробовою кратністю резервування від кількості резервних елементів  $R_s = f(m)$  наведено на графіках рис.2.5. при числі резервних елементів системи  $m = 0, 1, 2, 3, 4$ , кількість елементів системи  $n = 12$  та інтенсивності відмов  $\lambda = 10^{-4}$  година $^{-1}$ .



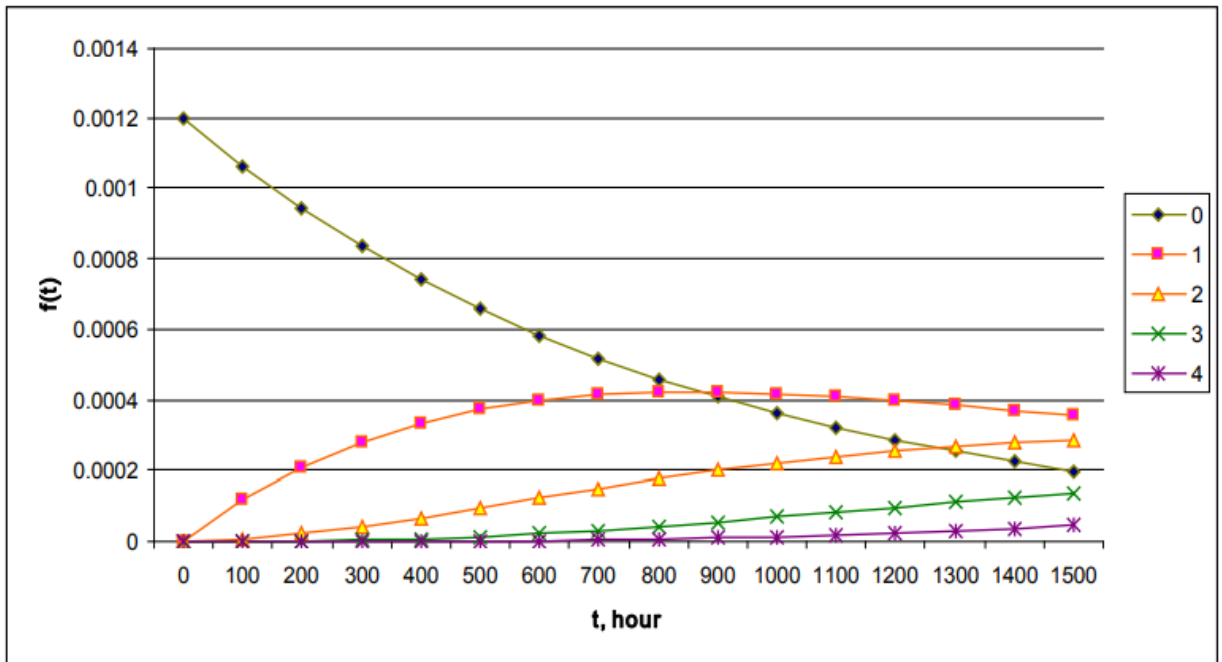


Рис.2.6 - Залежність щільності  $f_s(t)$  розподілу часу безвідмовної роботи системи від кількості резервних елементів із параметрами  $n=5, p(t)=e^{-\lambda t}, \lambda = 10^{-4}$  година $^{-1}$

Графіки  $G_p = P(t)/P_0(t)$  при числі резервних елементів  $m=0, 1, 2, 3, 4$  наведено на рис.2.7, де показаний вигреш при різних кратностях резервування:  $m=1/m=0, m=2/m=0, m=3/m=0, m=4/m=0$ .

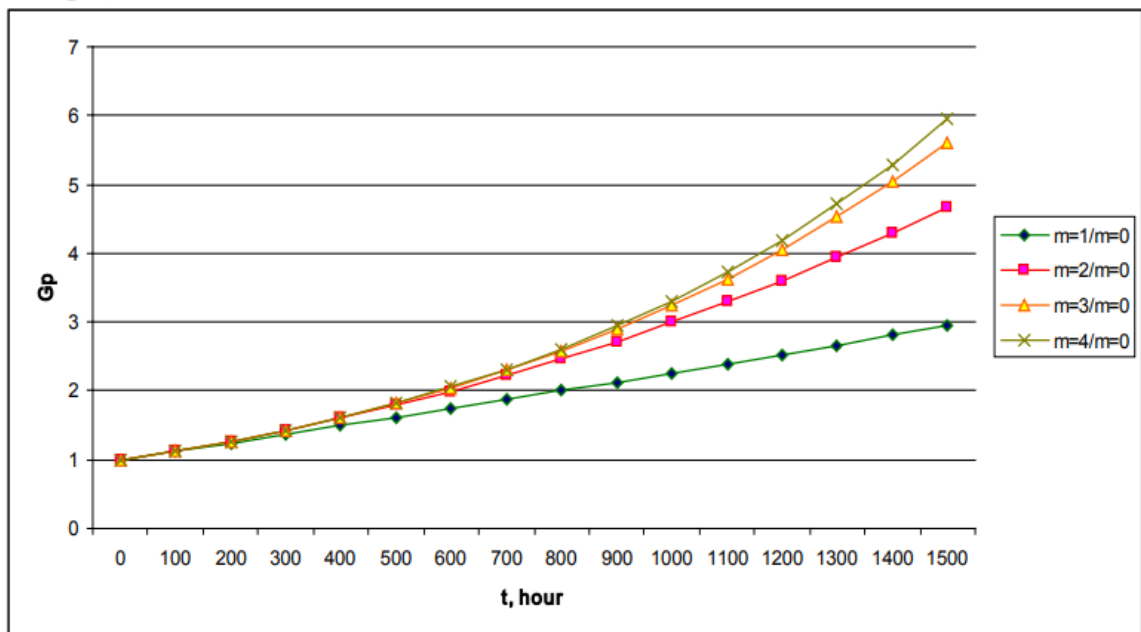


Рис.2.7 - Вигреш надійності  $G_p = P(t)/P_0(t)$  ймовірно безвідмовної роботи

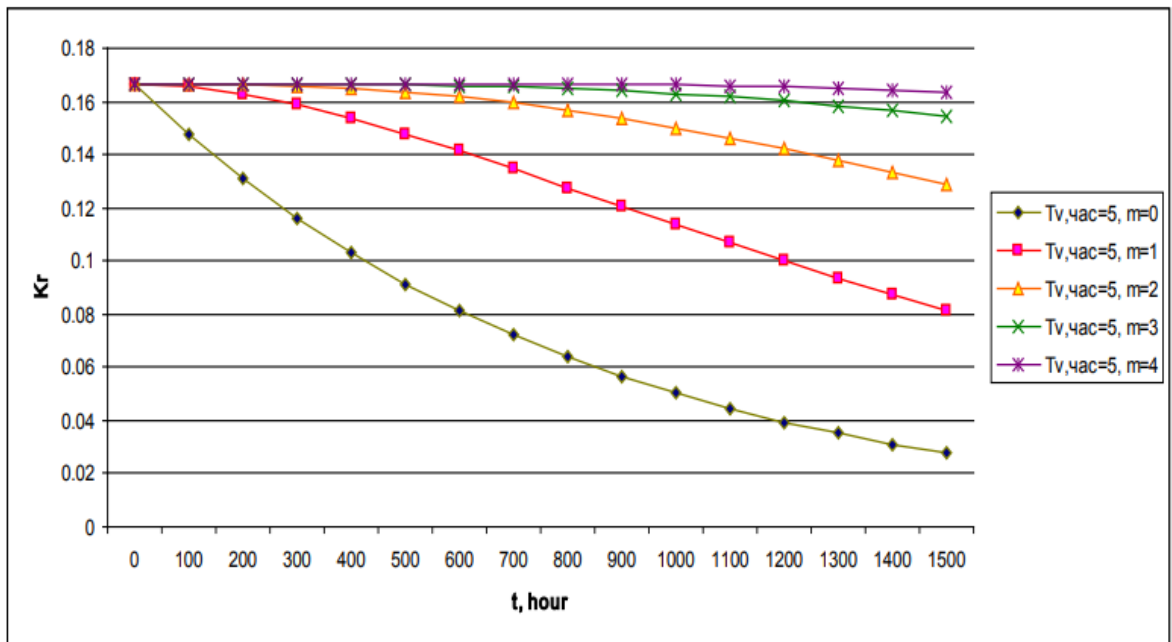


Рис.2.8 - Виграш надійності  $G_{\text{по}}$  середньому доробку до відмови

### Вплив наявності резервних елементів на показники доступності

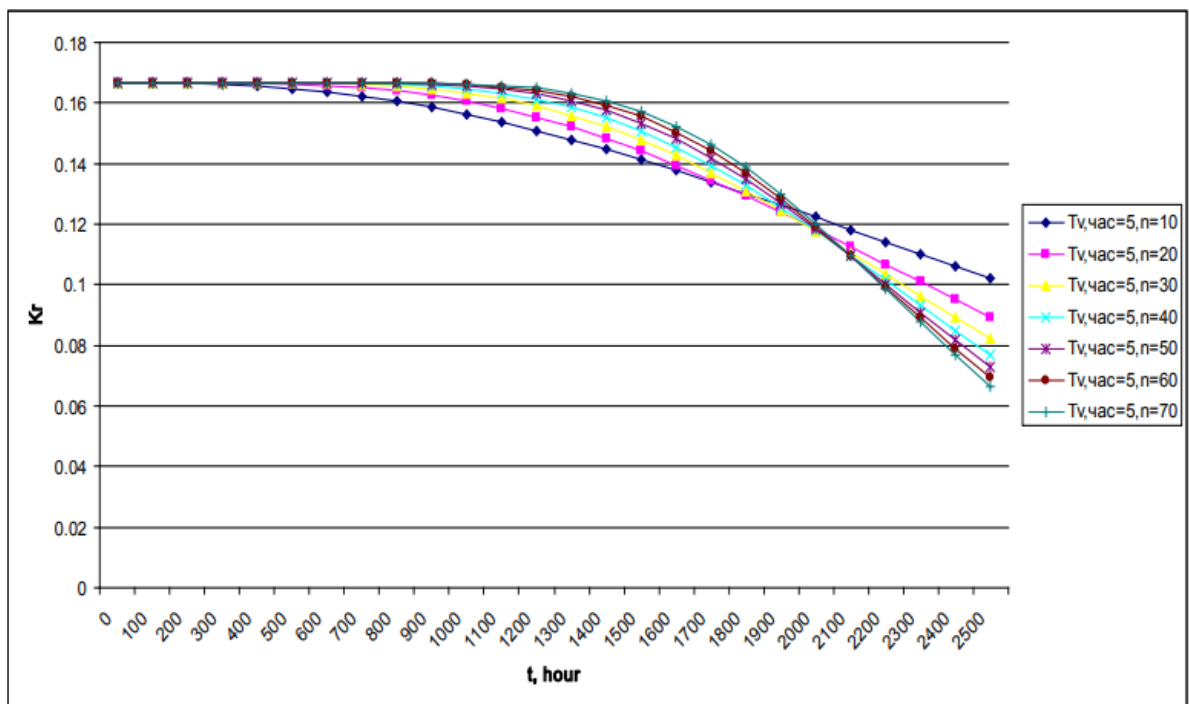


Рис.2.9 - Залежність коефіцієнта оперативної готовності системи з дробовою кратністю резервування від часу  $t$ , година та від числа резервних елементів системи  $m=20\%n, n=10-70$  при фіксованому часі відновлення  $T_v$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Залежність коефіцієнта оперативної готовності системи з дробовою кратністю резервування від кількості резервних елементів наведено на рис.2.9. за наявності 20% резервних елементів від загального числа елементів систем  $m=20\%n, n=10-70$  та інтенсивності відмов  $\lambda = 10^{-4}$  година<sup>-1</sup>.

Графіки щільностей  $f_s(t)$  при  $p(t) = e^{-\lambda t}$  з параметрами: наявність 20% резервних елементів від загальної кількості елементів системи  $m=20\%n, n = 10-70$  та інтенсивності  $\lambda = 10^{-4}$  година<sup>-1</sup> зображені на рис.2.10.

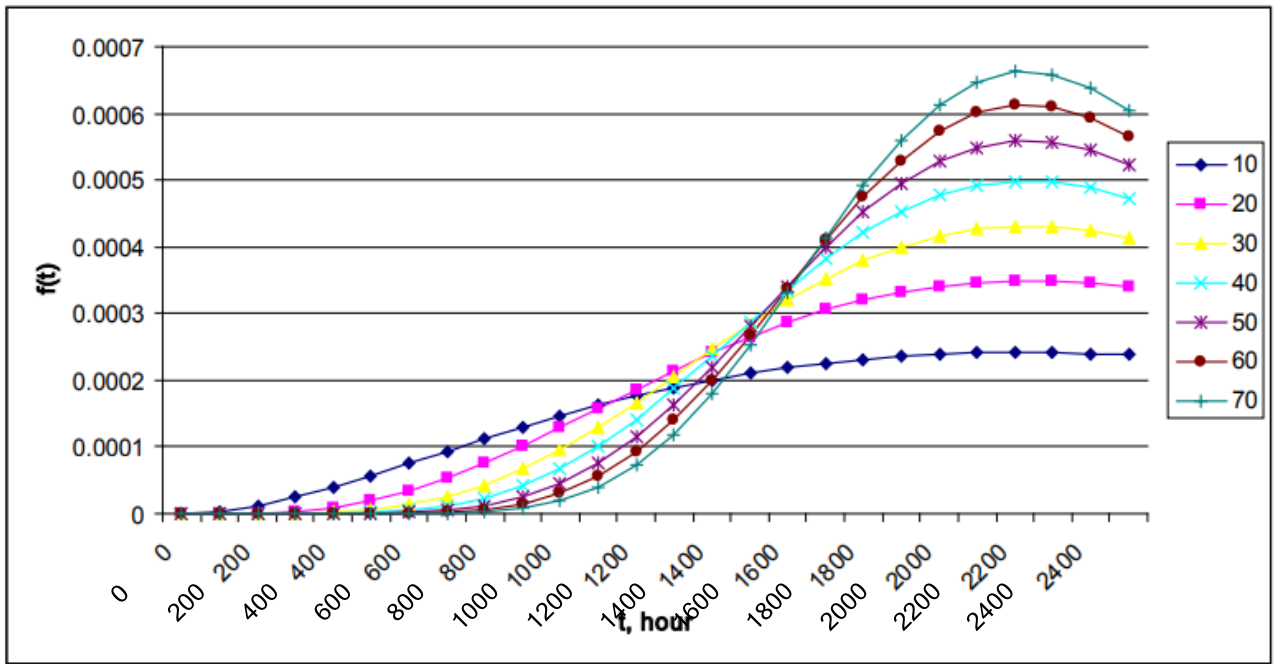


Рис.2.10 - Залежність щільності  $f_s(t)$  розподілу часу безвідмовної роботи системи від наявності 20% резерву з параметрами  $n= 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, p(t)=e^{-\lambda t}, \lambda = 10^{-5}$  година<sup>-1</sup>.

Графіки виграшу надійності по середньому доробку до відмови  $G_t = T/T_0$  при наявності 20% резервних елементів  $m$  наведено на рис.2.11 де показаний виграш при кратностях резервування:  $m=2/m=0, m=4/m=0, m=6/m=0, m=8/m=0, m=10/m=0, m=12/m=0, m=14 / m=0$ .

Залежність коефіцієнта оперативної готовності  $R_s$  від параметра часу відновлення системи визначається за формулами, які вже згадувалися вище і враховують час відновлення:

Коефіцієнт готовності елемента системи:

$$K_{ri} = \frac{1}{1 + T_{vi} \lambda_i} \tag{2.28}$$

## Коефіцієнт оперативної готовності системи

$$R_s = K_{rs} P_s(t), \quad K_{rs} = \sum_i K_{ri}. \quad (2.29)$$

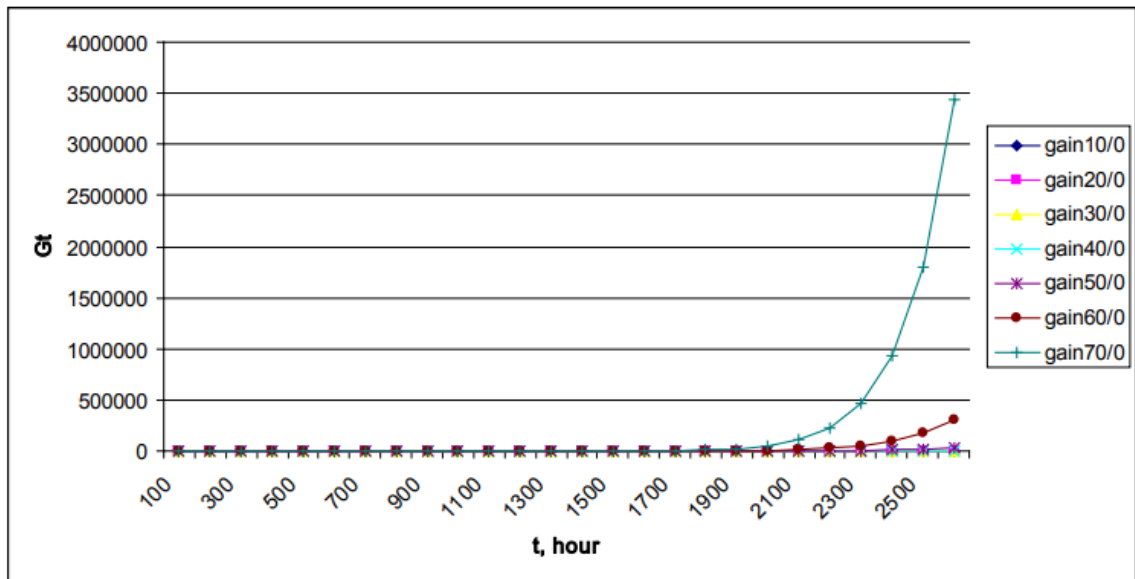


Рис. 2.11 – Виграш надійності по середньому доробку до відмови при наявності 20% резервних елементів

Аналіз залежності КОГ від часу відновлення (рис.2.12) показав, що кількість резервних елементів, що підвищує ймовірність безвідмовної роботи системи, підтримує на постійному рівні коефіцієнт оперативної готовності резервованої відновлюваної системи на певний період часу.

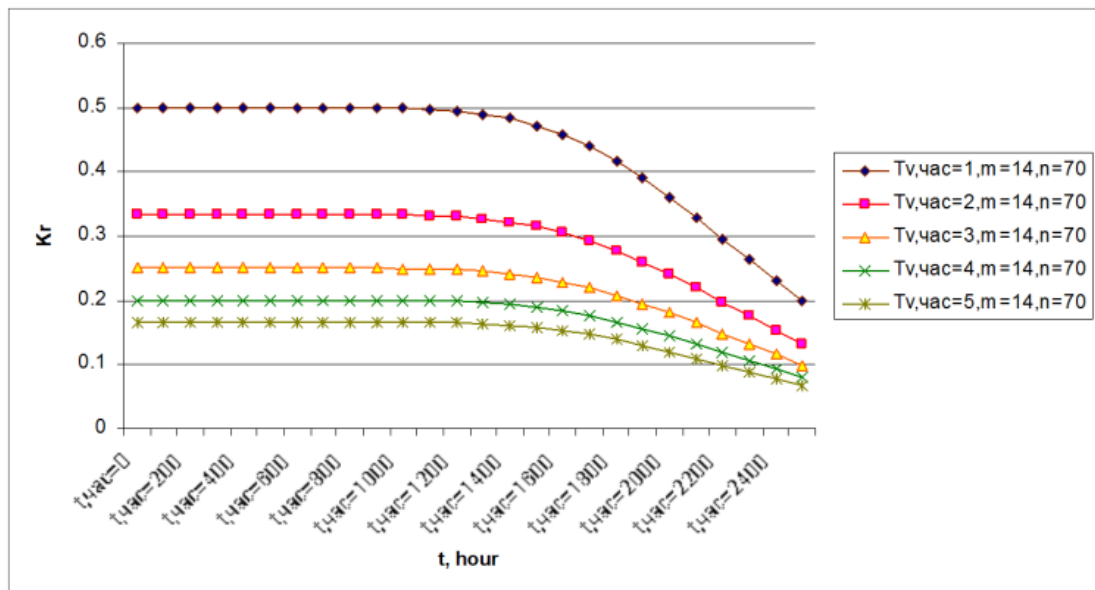


Рис.2.12 - Залежність коефіцієнта оперативної готовності  $Kr$  від часу відновлення  $Tv$ , година при фіксованому числі резервних елементів  $m=20\%$  від числа основних елементів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

## Методика визначення кратності роздільного резервування

Методика визначення кратності роздільного резервування полягає у наступному:

1. За даними розрахунку вихідної системи вибирається найменш надійний елемент і резервується таким самим елементом методом постійного резервування.

2. Виконується розрахунок доступності системи нової структури, т. е. структури з одним дубльованим елементом.

3. Якщо доступність нової системи не задовольняє потрібну  $R_s \geq R_z$ , вибирається наступний найменш надійний елемент, який також дублюється, і розраховується доступність системи з двома резервними елементами.

4. Перевіряється умова необхідної надійності  $R_s \geq R_z$  і повторюються попередні пункти доти, доки умова необхідної доступності буде виконано.

5. Якщо в процесі послідовного наближення виявиться, що найменш надійним є вже дубльований елемент, його резервують знову.

6. Якщо умова необхідної доступності виконана:  $R_s \geq R_z$ , то структуру системи знайдено. Для цієї структури визначається кількість її елементів і обчислюються показники доступності.

### Визначення значень показників доступності, що задаються, і вибір варіанта побудови КС

Методика обґрунтування значень (норм) показників доступності застосовується в тих випадках, коли відомі або можуть бути встановлені:

7. можливі варіанти побудови виробу та набір заходів щодо підвищення доступності щодо вихідного «базового» рівня;

8. значення приросту доступності  $DR_i$  та витрат  $DC_i$  для кожного з цих варіантів (заходів).

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Розрахунок закінчується тоді, коли найбільш ефективно з заходів, що залишилися, не може забезпечити економічний вигравш (досягнуто оптимум) або коли вичерпано виділені кошти на підвищення доступності.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						67
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

## РОЗДІЛ 3

### МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ФРАГМЕНТА КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

#### 3.1 Методика проектування фрагмента мережі

Процес проектування носить ітеративний характер і дозволяє проектувальнику вносити корективи до структурно-функціональної організації апаратно-програмного комплексу комп'ютерної мережі такими процедурами:

1) Розробка  $i$ -ої структури мережі в термінах розімкнених лінійних однорідних мереж масового обслуговування;

2) розрахунок показників  $i$ -ої структури з теорії масового обслуговування  $\{H_{si}\}$ : складання матриці ймовірностей передач, розрахунок вузлових та мережевих характеристик.

3) виявлення вузьких місць мережі та його розвантаження. Збереження  $i$ -го набору значень характеристик  $\{H_{si}\}$  у звіт/на екран  $\{H_{si}\} = \{W_i, U_i, M_i, L_i\}$  щовходять до  $H_{si}(t) = \{S_{Fi}\}$ ;

4) вирішення завдання синтезу структури системи щодо забезпечення її доступності:

а. аналіз коефіцієнта оперативної готовності вихідної системи  $i$ - ой структури мережі;

б. визначення кратності роздільного резервування, забезпечує вимоги доступності;

с. визначення коефіцієнта  $m$  оперативною готовності синтезованої структури мережі  $R_{ti}$ ;

5) повтор попереднього пункту до задоволення умови  $R_s \geq R_z$ , при цьому доповнюється  $i$ -й набір значень характеристик  $H(t)_i = \{S_{Fi}, R_s \geq R_z\}$  надійними характеристиками;

б) визначення наступної потенційно відповідної структури

					KPM.KI.1.884-03.3.2	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

мережі  $\{S_i\}$  за вартістю та повторення попередніх пунктів для кожної з них; при цьому доповнюється  $i$ -й набір значень характеристик

$$H(t)_i = \{SFi, R_s \geq R_z, Cs\}; \quad (3.1)$$

7) діалог з проектувальником, що включає введення параметрів / виведення проектувальнику ряду наборів характеристик  $\{H(t)\}_i = \{SFi, R_{st} \geq R_z, Cs\}$ , для аналізу проектних рішень та вироблення рекомендацій щодо зміни структури проекрованої мережі.

Вартісна характеристика мережі обчислюється як сума вартості всіх елементів мережі:

$$C_s = \sum C_i k_i \quad . \quad i=0 \quad (3.2)$$

Наведений варіант забезпечення доступності може бути оптимізований за вартістю.

Застосування методики проводиться з прикладу освітньої мережі, має кілька комп'ютерних класів.

У комп'ютерних класах перебуває по 10 робочих станцій, об'єднаних у мережу за технологією Fast Ethernet комутаторами другого рівня.

Параметричний синтез проекту КС включає:

- структурний синтез з вибором вихідних параметрів у діалозі з проектувальником;
  - параметричний синтез з визначенням значень параметрів;
- розробка  $i$ -ої структури мережі в термінах ТМО; Можливі структури освітньої мережі представлені рис.3.1.

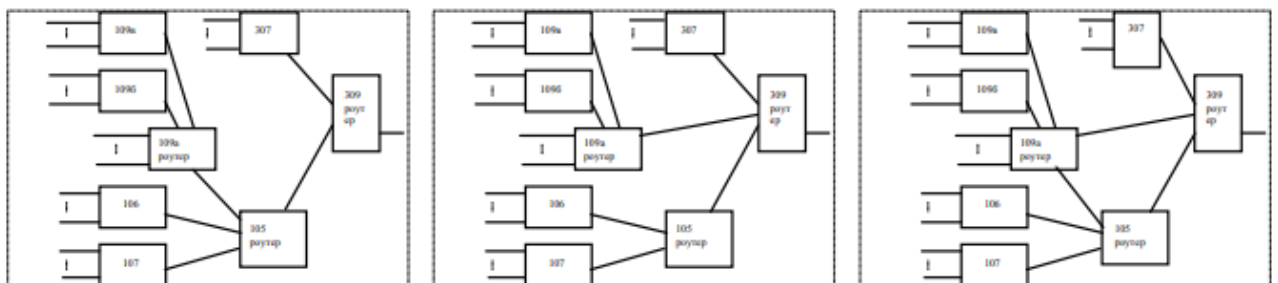


Рис. 3.1 - Структури мережі "дерево", "зірка з периферією", "змішана"

### 3.2 Аналіз характеристик функціонування з використанням теорії масового обслуговування $\{H_{si}\}$

Аналітичне моделювання включає такі кроки:

- розробка варіанта структури мережі у термінах мереж масового обслуговування;

- Розрахунок характеристик у термінах мереж масового обслуговування  $\{H_{si}\}$  цієї структури (складання матриці ймовірностей передач, виконання умови відсутності перевантажень, розрахунок вузлових та мережевих характеристик).

- Виявлення вузьких місць мережі - вузлів з найбільшим значенням числа заявок що знаходяться у черзі або середнього часу перебування заявок вузла мережі масового обслуговування та їх розвантаження шляхом перенаправлення потоків або збільшення швидкості роботи обслуговуючого приладу. Збереження набору показників  $\{H_{si}\}$  в звіт або виведення на екран  $\{H_{si}\} = \{W_i, U_i, M_i, L_i\}$  що входять до  $H_{si}(t) = \{S_{Fi}\}$ ;

- Відповідно до еквівалентного перетворення розглянуті експоненційні розімкнені СеМО представлені у вигляді незалежних СМО, в які надходять найпростіші потоки заявок з інтенсивностями.  $\lambda_i = 0,03$  с<sup>-1</sup>.

- Середня тривалість обслуговування заявок  $b_{iу}$  СМО дорівнює тривалості обслуговування вихідного інтерфейсу вузла комутації 0,1488 с<sup>-1</sup>. Значення вузлових та мережевих характеристик СеМО, таблиця 3.1.

Таблиця.3.1

Значення мережевих характеристик аналітичних моделей М/М/2 для зазначених структур

Структура мережі	Дерево	Зірка з периферією	Змішана
Час очікування СеМО, мкс	0,54	0,09	0,02
Час перебування СеМО, мкс	21,79	17,98	17,9
Довжина черги СеМО	0.098	0.0165	0,0025
Число заявок СеМО	3,9	3,2372	2,149

					КРМ.КІ.1.884-03.3.2	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 3.3 Імітаційні експерименти із самоподібним вхідним потоком

Універсальним та найбільш ефективним методом дослідження складних систем зі стохастичним характером функціонування є імітаційне моделювання, що надає можливість дослідження систем будь-якої складності з будь-яким ступенем деталізації та отримання найповніших результатів.

Для оцінки реальних процесів у мережі при впливі, відмінних від експоненційних потоків, розроблено та досліджено імітаційні моделі в середовищі GPSS World.

Розроблені імітаційні моделі використані для дослідження реальної мережі у випадках, коли вхідний потік має самоподібну структуру. Результати представлені у таблиці 3.2.

Оцінка точності результатів імітаційного моделювання (ІМ) стосовно результатів аналітичного моделювання (АМ), що розглядаються як еталонні, представлена в таблиці 3.3 відносно похибкою показників і становить менше 3% і є прийнятною для розрахунків.

Таблиця.3.2

Значення мережевих характеристик імітаційних моделей М/М/2 для зазначених структур

Структура мережі	Дерево	Зірка периферією	Змішана
Завантаження СеМО	0.604	0.618	0.974
Час очікування СеМО, мкс	0.539	0.303	0.13
Час перебування СеМО, мкс	21.79	18.432	18.35
Довжина черги СеМО	0.097	0.096	0.026
Число заявок СеМО	0.65	0.553	0.55

Таблиця 3.3

## Оцінка точності результатів імітаційного моделювання

Структура мережі	Дерево	Зірка з периферією	Змішана
Час перебування / пор. значення ІМ, мкс	21.788	18.432	18.347
Час перебування / пор. значення АМ, мкс	21,79	17,985	17,914
Відносна похибка	0.00009	0.02487	0.0242

Таблиця 3.4

## Час перебування в мкс заявки в різних структурах

$T_i$ , мкс	$\lambda$	Дерево	Зірка з периферією	Змішана
$\alpha = 1.16$	18	21.298	18.057	18.123
$\alpha = 1.16$	9	21.357	18.114	18.204
$\alpha = 1.16$	6	22.127	18.608	18.185
$\alpha = 1.16$	5	22.725	19.794	18.412
$\alpha = 1.16$	4	25.997	23.569	18.982
$\alpha = 1.16$	3	60.192	76.339	21.288
$\alpha = 1.16$	2.5	494	1150	29.921
$\alpha = 1.16$	2.1	24227	70958	80.898
$\alpha = 1.2$	18	21.191	17.939	18.098
$\alpha = 1.2$	9	21.350	18.124	18.471
$\alpha = 1.2$	6	22.090	19.138	18.350
$\alpha = 1.2$	5	23.392	20.401	18.627
$\alpha = 1.2$	4	29.267	27.280	19.180
$\alpha = 1.2$	3	168.375	237.002	23.746
$\alpha = 1.2$	2.5	6363	33327	45.912
$\alpha = 1.2$	2.1	153793	190963	342.808

Залежність часу перебування заявок у мережі із самоподібним вхідним потоком від інтенсивності потоку для Internet-трафіку ( $\alpha = 1,16$ ) та Ethernet-трафіку (параметр  $\alpha = 1,2$ ) представлені у таблиці 3.4.

Проведені імітаційні експерименти дозволили виконати детальне дослідження характеристик мережі із самоподібним вхідним потоком та

					КРМ.КІ.1.884-03.3.2	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

з'ясувати, що підвищення рівня зв'язності стабілізує час перебування мережі.

### 3.4 Синтез структури мережі, що підвищує її доступність

Так як доступність мережі в основному закладається при проектуванні, конструюванні та виготовленні, то в проекті мережі заздалегідь передбачається резерв заміни несправного елемента справним елементом. Це первинний спосіб підвищення доступності мережі.

Потрібно ввести в структуру мережі основу подальшого відновлення, використовуючи метод дробового резервування.

Існує практичне завдання забезпечення освітньої мережі, оскільки навчає студентів, слухачів побудови комп'ютерної мережі (цехові умови експлуатації), яка потребує зміни структури мережі досить часто та на короткий термін – на час навчання (курсу).

Для забезпечення вимог доступності мережі та відповідності потребам замовника необхідно внести до структури мережі резерви елементів: мережевих адаптерів, портів комутаторів, ліній зв'язку, серверів та робочих станцій для забезпечення освітніх завдань.

Аналіз доступності вихідної системи полягає у визначенні показників доступності системи без резерву при кількості резервних елементів  $M=0$  за критерієм: коефіцієнта оперативної готовності більше або дорівнює даному  $R_s \geq R_z$  і включає визначення: ВБР системи  $P_s(t)$ ,

Коефіцієнт готовності елементів  $K$

Коефіцієнт оперативної готовності вихідної системи Структурна схема системи є з'єднання елементів мережі навчальних класів - робочих станцій, мережевих адаптерів, портів комутаторів і ліній зв'язку.

Доступність системи описується числом  $N$  елементів, часом безперервної роботи системи  $t$ , інтенсивністю відмови елементів вихідної системи, що дорівнює  $\lambda=10^{-4}$ , середнім часом відновлення вихідної системи  $T_v=5$  годин.

					КРМ.КІ.1.884-03.3.2	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Потрібно визначити:

- структурну схему системи, яка б задовольняла вимогам доступності,
- кратність роздільного резервування, що забезпечує вимоги доступності,

Показники доступності системи: ймовірність безвідмовної роботи системи  $P_s(t)$ , коефіцієнт готовності системи  $K_{rs}$ , коефіцієнт оперативної готовності (КОГ) системи  $R_s$ .

Визначається кратність роздільного резервування робочих станцій навчальних класів кількістю  $N=70, 60, 50, 40, 30, 20, 10$  забезпечує вимога  $КОГ R_s(t) \geq 0,99$ .

Можливість безвідмовної роботи робочої станції навчальних класів при умови незалежності відмов її елементів дорівнює

$$p(t) = e^{-\lambda t} = e^{-0.001 * 120} = 0,988.$$

Для забезпечення вимоги  $КОГ R_s(t) \geq 0,99$  робочих станцій мережі необхідна кратність резервування:

$$4/66, 3/57, 3/47, 3/37, 2/28, 2/18, 1/9.$$

Визначається кратність роздільного резервування портів 16-ти та 24-ти портових комутаторів навчальних класів, що забезпечують вимога  $КОГ R_s(t) \geq 0,99$ . Можливість безвідмовної роботи елемента

$$p(t) = e^{-\lambda t} = e^{-0.001 * 120} = 0,99.$$

Визначення кратності роздільного резервування та виграш  $G_{рпo}$  ВБР представлені в таблиці 3.5

$p(t)$ елемента	$N$	$M$	$P_s(t)$	Виграш $G_p$	$KIG R_{ri}$
0.99	16	0	0.8514	1	0.8510
0.99	16	1	0.9890	1.1616	0.9885
0.99	16	2	0.9994	1.1738	0.9989
0.99	16	3	0.9999	1.1744	0.9994
0.99	16	4	0.9999	1.1744	0.9994

Класи з'єднані у мережу по 12 робочих станцій. 12 портів 16 портових комутаторів і 12 портів 24 портових комутаторів задіяні для основного навантаження. Порти, що залишилися  $16-12=4$  і  $24-16=8$  можна використовувати для агрегування та резервування.

Для забезпечення вимог доступності  $R_s(t) \geq 0,99$  кратність резервування портів 16-ти та 24-ти портових комутаторів дорівнює  $2/14$ ,  $2/22$ .

Визначається кратність роздільного резервування портів всіх комутаторів мережі із загальним числом портів 160, що забезпечують вимогу до КОГ  $R_s(t) \geq 0,99$ . Можливість безвідмовної роботи елемента  $p(t) = e^{-\lambda t} = e^{-0.001 * 120} = 0,99$ ; коефіцієнт готовності Догі дорівнює 0,0005.

Для забезпечення вимог доступності  $R_s(t) \geq 0,99$  кратність резервування всіх портів комутаторів дорівнює  $5/155$ .

Визначається кратність роздільного резервування кількості комутаторів мережі, які забезпечують вимогу доступності  $R_s(t) \geq 0,99$ .

Імовірність безвідмовної роботи комутатора  $p(t) = e^{-\lambda t} = e^{-0.001 * 120} = 0,99$ ; коефіцієнт готовності Догі дорівнює 0,0005.

Для забезпечення доступності  $R_s(t) \geq 0,99$  кратність резервування всіх комутаторів дорівнює  $1/9$ .

Для ліній зв'язку топології мережі «дерево» та «зірка» Кратність  $3/74$  забезпечує КОГ  $R_s(t) \geq 0,99$ .

Для ліній зв'язку топології мережі «змішана» кратність  $3/75$  забезпечує КОГ  $R_s(t) \geq 0,99$ .

Для агрегованого з'єднання Кратність  $1/1$  забезпечує КОГ  $R_s(t) \geq 0,99$ .

Розраховані вище кратності роздільного резервування у структурах «дерево», «зірка з периферією» не забезпечують необхідної доступності  $R_s \geq 0,99$ .

Потрібно агрегування та збільшення резерву портів та ліній зв'язку в структурах «дерево», «зірка з периферією», що забезпечують необхідну надійність  $R_s \geq 0,99$ .

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Збільшення кратності до 4/77 портів, 4/70 станцій, 4/77 ліній зв'язку забезпечить необхідну вимогу.

Розраховані вище кратності роздільного резервування у структурі «змішана» не забезпечують необхідної безвідмовності  $R_s \geq 0,99$ . Потрібно збільшення резерву портів і ліній зв'язку та агрегування в системі «змішана», що забезпечує необхідну надійність  $R_s \geq 0,99$ . Збільшення кратності до 4/78 портів, 4/70 станцій, 4/78 ліній зв'язку в системі «змішана» задовольнить необхідне обмеження

Кратність резервування елементів, що забезпечують доступність системи  $R_s \geq 0,99$ , заданої вимогами навчального процесу та виграш за ймовірністю безвідмовної роботи представлені в таблиці 3.67.

Система	«Дерево», «зірка з периферією» з агрегуванням	«змішана» з агрегуванням
Виграш	10.944	11.123
Кратність резервування станцій	4/70	4/70
Кратність резервування портів	4/77	4/78
Кратність резервування ліній зв'язку	4/77	4/78

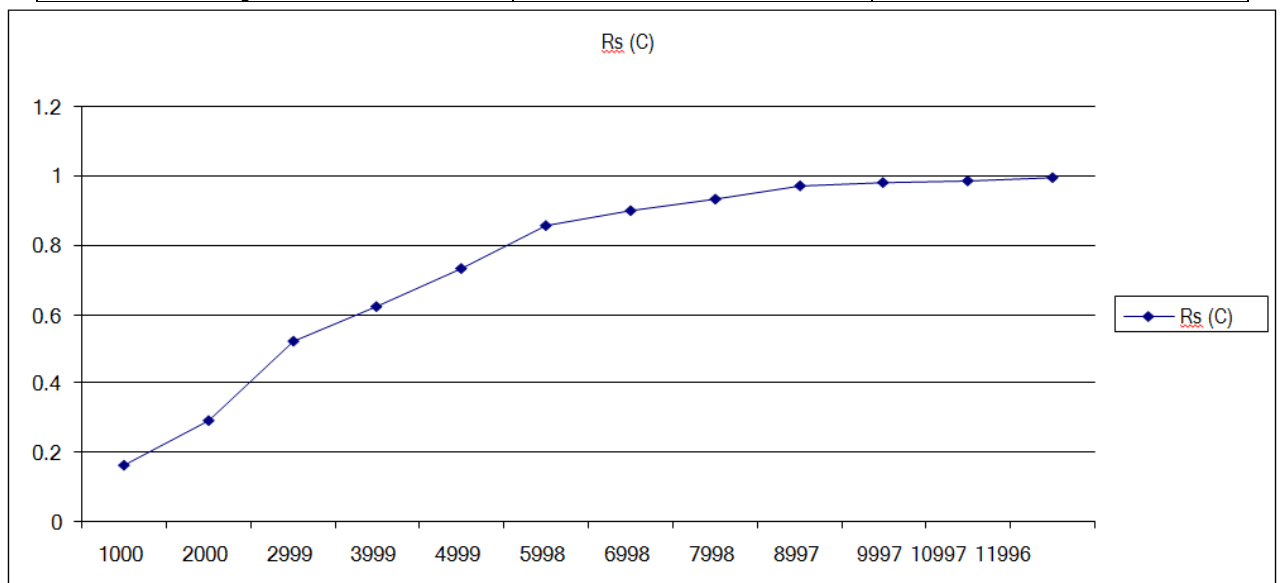


Рис.3.5 - Залежність рівня надійності  $R_s$  від вартості  $C$  варіантів мережі "зірка з периферією", "дерево", "змішана"

Реалізовано схему вибору рівня доступності варіантів КС від вартості наступними кроками: визначено варіант побудови КС, де резерв відсутній;

1. розглянуто варіанти, у кожному з яких введено один резервний пристрій одного типу, для кожного з цих варіантів підраховано збільшення показника доступності виробу  $DR_i$  та його вартості  $DC_i$ ;

2. вибраний варіант з максимальним ставленням  $DR_i/DC_i$ ; (резерв, прийнятий у цьому варіанті, надалі не переглядається);

3. розглянуті варіанти, у кожному з яких введено ще один пристрій кожного типу, включаючи вже обраний варіант з доданим резервом.

4. Процедури повторені за пунктами «2» та «3». При цьому послідовність вибраних варіантів утворює залежність доступності вартості. Результат вибору рівня надійності вартості варіантів мережі при однакових цінах елементів мережі показаний на рис.4.5. За вказаних умов рівень надійності проекту мережі вибирається з діапазону, що задовольняє обмежень: показник доступності не нижче мінімального та/або вартість не вище заданої:  $R_s \geq R_{min}$ ;  $C(R) \leq C_z$ .

#### **Діалог з проектувальником, що включає введення параметрів та виведення характеристик**

5. Діалог з проектувальником здійснює введення параметрів та виведення даних аналізу характеристик структур мережі та включає:

- Визначення кількості потенційно відповідних структур мережі  $\{S_i\}$  за вартістю та повторення всіх пунктів для кожної з них;

$$H(t)_i = \{SFi, R_s \geq R_z, C_s\};$$

6. Виведення низки наборів характеристик  $\{H(t)\}_i = \{SFi, R_s \geq R_z, C_s\}$ . Найбільше зростання характеристик дають вкладення у вузол 105 і 109а зміна топології на «змішану» з агрегуванням.

7. Поліпшення часу перебування можливе за допомогою збільшення швидкості роботи у вузлах мережі та додавання резервних

					<b>KPM.KI.1.884-03.3.2</b>	Арк.
						77
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

##### 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:

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- наявність альтернативних технічних і 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.

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

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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.

## 4.2 Організаційне забезпечення проекту

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

1. Аналіз концепції мереж доступу.
2. Формування переліку параметрів та характеристик, що приймають участь у процесі проектування мережі доступу.
3. Аналіз та вибір методів аналізу даних, що можна застосувати при дослідженні параметрів мереж доступу.
4. Застосування методів аналізу даних та систем масового обслуговування при дослідженні параметрів мережі доступу.
5. Формування набору параметрів та характеристик мереж, що є об'єктом аналізу та припущення, що приймаються на етапі параметризації моделі масового обслуговування. На основі чого здійснюється структурний та навантажувальний синтез математичної моделі проекту мережі.
6. Імітаційне моделювання та аналіз його результатів.
7. Описання методики проектування фрагмента комп'ютерної мережі.
8. Аналіз характеристик з використанням теорії масового обслуговування та синтез мережі.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 4.1 – Склад робіт проекту, їх тривалість

Код роботи	Найменування роботи	Т (дні)	Код Попередньої 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.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Розрахунок параметрів мережного графіку зведемо у таблицю 5.2:

Таблиця 4.2 – Параметри робіт мережного графіка

Попередня робота	Робота		Ранній строк			Пізній строк			R <sub>i</sub>
	i	j	t <sub>рн</sub>	t <sub>ij</sub>	t <sub>ро</sub>	t <sub>пн</sub>	t <sub>по</sub>	R <sub>c</sub>	
-	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

					KPM.KI.1.884-03.3.2	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						85
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.

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

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

					<b>KPM.KI.1.884-03.3.2</b>	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розрахунок трудомісткості впровадження проводиться за формулою 4.5

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

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

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

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	$T_{TP} = 30,4$ , $T_{KK} = 0.7 * N_{TP} = 0.7 * 30,4 = 21,28$ , $T_{HK} = 0.15 * N_{TP} = 0.15 * 30,4 = 4,56$
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

					<b>KPM.KI.1.884-03.3.2</b>	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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

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

					<b>KPM.KI.1.884-03.3.2</b>	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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.

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

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.

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

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).

$$C_{zd} = C_{zo} * K_d, \quad (4.10)$$

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

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

Розрахунок відрахувань на соціальне страхування враховує відрахування до бюджету соціального страхування за встановленим державою тарифом від суми основної і додаткової заробітної платні і розраховується за формулою (5.11).

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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

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.

$$C = C_{OPII} + C_A + C_{EI} + C_P + C_{DOI} + C_{II}, \quad (4.15)$$

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						91
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;
- $C_{п}$  – 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.

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

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

–  $t_{ej}$  – 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.1.884-03.3.2</b>	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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

До модернізації:

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

Після модернізації:

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

Розрахунок нарахувань на заробітну платню проводиться за формулою 4.18.

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

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

До модернізації:

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

Після модернізації:

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

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

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

До модернізації:

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

Після модернізації

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

Розрахунок амортизаційних відрахувань розраховується за формулою 4.20.

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

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.

$$C_{\text{ЕЛ}} = M_y * T_{\text{КО}} * Ц_0 * K_{\text{И}}, \quad (4.21)$$

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

					<b>KPM.KI.1.884-03.3.2</b>	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

–  $T_{KO}$  – річний фонд роботи ЕОМ з урахуванням часу на профілактичні огляди складає  $220*6=1320$  годин, хча 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 складали:

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

Таким чином, поточні витрати після впровадження даного проекту складають:

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

					<b>KPM.KI.1.884-03.3.2</b>	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

#### 4.3.4 Визначення показників економічної ефективності проекту

Очікуваний економічний ефект розраховується за формулою 4.22.

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

- $E_r$  – 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.

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

- $C_1, C_2$  – 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.

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

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

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

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

$E > E_n$ , тому проект економічно ефективний.

Термін окупності одноразових витрат обчислюється за формулою 4.25

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

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

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

Техніко-економічні показники проекту, , відображені в таблиці 5.6

					КРМ.КІ.1.884-03.3.2	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 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.

					KPM.KI.1.884-03.3.2	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 5.1 Небезпечні та шкідливі речовини та фактори, що існують на робочих місцях з ПК

Небезпечні фактори це ті, які становлять загрозу для життя чи здоров'я людини. Прикладом небезпечного фактору є змінний електричний струм напруги 220 В. Комп'ютер, як і будь-який електричний прилад, особливо при його неправильному підключенні, може бути джерелом ураження користувача ПК електричним струмом.

Шкідливі фактори, це ті фактори які здатні викликати професійні захворювання, або взагалі недуги. Шкідливими факторами при роботі з персональним комп'ютером є неіонізуюче випромінювання промислової частоти, збільшене нервово - емоційне навантаження на оператора, збільшення навантаження на органи зору та дрібні стереостатичні рухи кінцівок.

Згідно документу шкідливими виробничими факторами являються:

- наявність шуму та вібрації;
- м'яке рентгенівське випромінювання;
- електромагнітне випромінювання;
- ультрафіолетове і інфрачервоне випромінювання;
- електростатичне поле між екраном і оператором;
- відсутність або недолік природного світла
- пряма та відбита блискіть
- наявність пилу, озону, оксидів азоту й аероіонізації
- показники мікроклімату: температура повітря  $T$ , відносна вологість

$W$ , швидкість руху повітря  $V$ .

Ці фактори можуть викликати у працівника певні розлади здоров'я, зокрема підвищення артеріального тиску, кон'юктивіти, тендовагініти та інші захворювання.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



випадку площа - 180 м<sup>2</sup>, а об'єм – 576 м<sup>3</sup>. З цього виходить, що максимальна кількість робочих місць рівна двадцять вісім. Фактично в приміщенні працює 16 чоловік

#### **5.4 Електробезпека обладнання**

Лінія електромережі для ЕОМ виконана 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 заборонено.

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

ПЕОМ не підключено до звичайної двохпровідної мережі, у тому числі з використанням перехідних пристосувань. Експлуатація кабелів і проводів з ушкодженою ізоляцією, саморобних подовжувачів не проводиться.

Класифікація приміщення за ступенем небезпеки ураження електричним струмом .

Згідно з ППЕ НПАОП 40.1-1.32-01, всі приміщення за ступенем небезпеки ураження електричним струмом діляться на три класи:

1. приміщення без підвищеної небезпеки;
2. приміщення з підвищеною небезпекою;
3. особливо небезпечні приміщення.

Приміщення з ПК відноситься до приміщення з підвищеною небезпекою, тому що існує можливість одночасного дотику людини до будь яких з'єднань з землею, металоконструкціями будинків, технологічними апаратами, механізмами і т.п., з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання з іншого.

Класифікація обладнання за правилами улаштування електроустановок

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Згідно з ППЕ, все електрообладнання ділиться на два класи - з напругою до 1000 В, і з напругою понад 1000 В. Електрообладнання приміщень з ПК відноситься до першого класу, з напругою до 1000 В.

Вимоги електробезпеки при експлуатації ВДТ ЕОМ

ЕОМ, периферійні пристрої та інше обладнання (апарати управління світильники і тому подібне), електропроводи і кабелі по виконанню і ступеню захисту повинні відповідати класу зони по ППЕ.

Лінія електромережі для живлення ЕОМ, периферійних пристроїв ЕОМ і устаткування для обслуговування, ремонту і наладки ЕОМ виконана як окрема групова трьохдротова мережа.

### **5.5 Пожежна безпека**

Приміщення, в якому розташовані ПК, має першу ступінь вогнестійкості згідно.

1 ступінь вогнестійкості – це будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних матеріалів або штучного каменю, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плиткових негорючих матеріалів;

Приміщення з ПК оснащено автоматичними пожежними димовими сповіщувачами.

Як засоби пожежогасіння на даному об'єкті застосовуються вуглекислотні вогнегасники, призначені для гасіння спалахів установок напругою до 1000В.

Приміщення категорії В з площею 180 кв.м має 4 вуглекислотні вогнегасника с заряд вогнегасної речовини 6 кг

### **5.6 Виробнича санітарія**

Приміщення з ПК має загальне рівномірне освітлення. При роботі з документами загальне рівномірне доповнене місцевим. Джерелами світла для загального рівномірного освітлення є газорозрядні лампи низького тиску, а для місцевого дозволяється використовувати лампи розжарювання .

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

При роботі за дисплеєм освітленість визначається мінімальним об'єктом розрізнення шириною лінії рукописного або друкарського тексту, який читає користувач з листа. Освітлення на робочому місці становить 425 Лк.

### **Висновок до розділу**

Розглянуто питання охорони праці стосовно місця перебування, де виконується безпосередньо робота з розробки технології сканування та за умовами праці. Також визначені норми виробничої санітарії та пожежної безпеки при роботі за комп'ютером.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	<i>Арк.</i>
						101
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті аналізу предметної області було обґрунтовано необхідність дослідження параметрів мереж доступу.

Було проведено аналіз концепції мереж доступу. Проведено огляд методів аналізу даних, що можуть застосовуватися для дослідження параметрів мереж та припущення про взаємозв'язок параметрів та характеристик моделі СеМО з параметрами та характеристиками комп'ютерної мережі.

Було описано процес застосування методів аналізу при дослідженні параметрів та характеристик мережі доступу. Проаналізовано можливості методів аналізу даних в сфері інфокомунікацій. Обґрунтовано вибір в якості методу дослідження систем масового обслуговування. Визначення особливостей проектування інформаційних мереж та їх складових. Сформовано набір параметрів та характеристик мереж, що є об'єктом аналізу. Сформовано припущення, що приймаються на етапі параметризації моделі масового обслуговування. На основі чого здійснюється структурний та навантажувальний синтез математичної моделі проекту мережі.

В процесі імітаційного моделювання отримано результати, що визначаються значення показників доступності, що задаються, і обирається варіант побудови мережі. Описана методика проектування фрагмента комп'ютерної мережі. Виконано аналіз характеристик з використанням теорії масового обслуговування та синтез мережі.

Обґрунтовано економічну вигоду від застосування одержаної системи. Розглянуто питання охорони праці.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про телекомунікації: Закон України від 18.11.2003 №1280-IV.
2. Об основных принципах развития информационного общества в Украине на 2007-2015 годы: Закон Украины от 9 января 2007 г. № 537-У.
3. “Международный союз электросвязи (ITU)”, [Электронный ресурс] / ITU: Committed to connecting the world.— Режим доступа: \www/ <http://www.itu.int> / — 10.03.2010 г. — Загл. с экрана.
4. Рекомендация ITU-T G.902 Framework Recommendation on functional access networks (AN) - Architecture and functions, access types, management and service node aspects, Internet-ресурс: <http://www.itu.int>.
5. Системи доступу користувача. Частина 3. Технології доступу по існуючим абонентським лініям. Одеська Державна Академія Холоду. Одеса, 2008. Стр. 25
6. Росляков А.В. «Мережі доступу» навчальний посібник, 2008.
7. Гайворонская Г.С. Выбор технологии доступа на основании анализа структурных характеристик существующих абонентских сетей / Г.С. Гайворонская, А.И. Котова // Холодильна техніка і технологія. – Одеса. – ОДАХ, 2010. – №2 (124). – С. 83-88.
8. Нікітюк Л. А «Архітектура інформаційних мереж» - навчальний посібник, Одеса: УДАЗ 2000.
9. Сахарова С.В. Оценка чувствительности характеристик сетей доступа к вариациям прогнозируемых параметров / С.В. Сахарова // Applicable Information Models. – Sofia: ITNEA, 2011. – № 22. - P.181-188.
10. Сахарова С.В. Подход к определению расположения узла доступа без учета препятствий / С.В. Сахарова // Восточно-европейский журнал передовых технологий. Информационные технологии . – №2/9 (56). – 2012. – С.14-16.
11. Сахарова С.В. Особенности определения размеров территории, обслуживаемой узлами доступа, для прямоугольной модели сети доступа /

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		103

Сахарова С.В. // Наукові праці ДонНТУ. – Донецьк: ДонНТУ, 2012.– № 23(201). – с. 126-132.

12.Svetlana Sakharova Analysis and Justification for Selection Parameters of Wired Access Systems / Svetlana Sakharova // International Journal “Information models and analyses”. – Sofia: ITHEA, 2012. – № 3 (Volume 1) – P. 283-289.

13.Вігуржинська С.Ю., Колесник В.І.. Дипломне проектування економічної частини проекту: Посібник для студентів інституту інформаційних технологій. Одеса: Одеська державна академія холоду, 2008. – 22 с.

14.Вігуржинська С.Ю., Колесник В.І.. Методичні вказівки економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальностей 7.091501, 7.091503, 7.080401, 7.080401, 7.080402. Одеса: Одеська державна академія холоду, 2007. – 38 с.

15.

					<i>KPM.KI.1.884-03.3.2</i>	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		