

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
КАФЕДРА ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВАРІЙНО-
РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ

Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи
з дисципліни «Автоматизовані системи управління та
телекомунікації»

Розрахунок мереж передачі даних

Черкаси, 202__

Зміст

Введення	4
1. Мета роботи та питання, що досліджуються	4
2. Рекомендований план виконання контрольної роботи.....	5
3. Підготовка до контрольної роботи	5
4. Завдання на самостійну роботу.....	5
5. Завдання на контрольну роботу.....	5
6. Вимоги до змісту звіту	6
7. Перелік використовуваних понять і контрольні питання для самоперевірки....	6
8. Рекомендована література.....	6
Додаток 1 Варіанти завдань на контрольну роботу.....	11
Додаток 2 Приклад оформлення контрольної роботи.....	

Введення

У методичних вказівках до виконання розрахункової роботи з дисципліни Автоматизовані системи управління та телекомунікації «Розрахунок мереж передачі даних» повинні бути розглянуті завдання вибору необхідних ресурсів мережі зв'язку при заданих вимогах до якості обслуговування та відомих параметрах абонентського трафіка.

У роботі передбачається проведення аналізу структури мережі зв'язку та рішення розрахункових завдань по трафіку (оцінка параметрів, розподіл по напрямках зв'язку, вибір маршрутів пропуску) для оцінки необхідної пропускну здатності ліній зв'язку.

Методичні вказівки містять визначення мети роботи та перелік завдань, що розв'язуються, опис завдань на послідовно виконуваних етапах підготовчої самостійної роботи та вимоги до змісту звіту по контрольній роботі.

Методичні вказівки містять:

контрольні питання для самоперевірки;

список рекомендованої літератури по тематиках виконуваних робіт;

додаток 1 – Варіанти завдань на контрольної роботи;

додаток 2 – Приклад оформлення контрольної роботи.

1. Мета роботи та питання, що досліджуються

Мета роботи: вивчення мереж передачі даних з комутацією пакетів, особливостей послуг, властивостей виробленого ними трафіка, показників якості функціонування й методів розрахунків.

Питання, що досліджуються:

1.1. Основні види послуг і властивості виробленого ними трафіка (потоківий, інтерактивний і фоновий трафік, тривалість сесії, інтенсивність трафіка, потокові характеристики, вибір моделі трафіка).

1.2. Показники якості функціонування мереж передачі даних (затримка доставки пакета, джиттер, коефіцієнт втрат, коефіцієнт помилок, методи оцінки, існуючі вимоги та нормативні значення, рекомендації ІТУ-Т і нормативні галузеві документи).

1.3. Математичні моделі, що застосовуються для розрахунків параметрів мереж передачі даних (модель найпростішого потоку і системи з відмовами)

2. Рекомендований план виконання контрольної роботи

- 2.1. Аналіз завдання, формування переліку вихідних даних та вимог.
- 2.2. Розрахунки інтенсивності трафіка для заданої послуги (набору послуг).
- 2.3. Вибір моделі трафіка, оцінка параметрів трафіка.
- 2.4. Розподіл трафіка в мережі зв'язку заданої структури.
- 2.5. Розрахунки інтенсивності потоків даних на лініях зв'язку.
- 2.6. Розрахунки необхідних пропускних спроможностей для ліній зв'язку.
- 2.7. Підсумки роботи з оцінкою результатів виконання завдання.

3. Підготовка до контрольної роботи

Вивчити теоретичний матеріал з рекомендованої літератури з питань, що розглядаються у контрольній роботі:

1. структура мережі зв'язку;
2. поняття абонентського навантаження;
3. показники якості функціонування мережі телефонного зв'язку;
4. математичні моделі, що застосовуються для розрахунків параметрів мереж телефонного зв'язку;
5. математичні моделі, що застосовуються для розрахунків параметрів мереж передачі даних;
6. приклад оформлення контрольної роботи (додаток 2).

4. Завдання на самостійну роботу

Вибрати вихідні дані згідно із завданням (варіанту).
Вибрати параметри абонентського навантаження.
Вибрати нормативне значення коефіцієнта втрат і затримки.
Підготувати засоби для обчислення пропускних спроможностей сполучних ліній мережі зв'язку.

5. Завдання на контрольну роботу

1. Описати вихідні дані та вимоги до роботи з конкретного варіанта.
2. Обчислити оцінки інтенсивності виробленого трафіка.
3. Розрахувати коефіцієнти розподілу трафіка.
4. Обчислити розподіл трафіка в напрямках зв'язку.
5. Обчислити розподіл трафіка по лініях зв'язку.
6. Розрахувати пропускні спроможності ліній зв'язку.

6. Вимоги до змісту звіту

1. Титульний аркуш – за зразком у додатку 2.
2. Опис вихідних даних і вимог до роботи.
3. Опис і результати розрахунків інтенсивності виробленого трафіка.
4. Опис і результати розрахунків коефіцієнтів розподілу трафіка.
5. Опис і результати розрахунків розподілу трафіка в напрямках зв'язку.
6. Опис і результати розрахунків розподілу трафіка по лініях зв'язку.

7. Опис і результати розрахунків пропускних спроможностей ліній зв'язку.

7. Перелік понять, що використовуються, та контрольні питання для самоперевірки

1. Поняття телефонного навантаження.
2. Що таке величина навантаження?
3. Що таке інтенсивність навантаження?
4. Питоме абонентське навантаження.
5. Поняття години найбільшого навантаження (ГНН).
6. Тривалість заняття лінії зв'язку.
7. Найпростіший потік заявок (викликів), основні властивості найпростішого потоку.
8. Показники якості обслуговування в мережі телефонного зв'язку.
9. Мережа як система масового обслуговування, математична модель пучка сполучних ліній.
10. Перша формула Ерланга.
11. Алгоритм Флойда-Уоршелла.

8. Рекомендована література

1. Руденко В.С. и др. Промислова електроніка. – Либідь, 1993 – 430 с.
2. Колотаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка; теорія і практикум. Навч. Посібник за редакцією А.Г. 2-е вид. – К. : Каравела, 2004. – 432 с.

Варіанти завдань на контрольні роботи

1. Структура мережі

Структура мережі – загальна для всіх варіантів завдання та описана графом, який наведено на рис. 1.

Вузли мережі (вершини графа) з номерами 1...8 являють є вузлами доступу, у які включені користувачі мережі (абоненти).

Вузли мережі з номерами 9...12 являють собою вузли ядра мережі та забезпечують транзит трафіка (не мають абонентів). Вузли мережі з номерами 13 і 14 є прикордонними вузлами з мережами провайдерів послуг. Вузли 13 і 14 забезпечують зв'язок із провайдерами послуг VoIP.

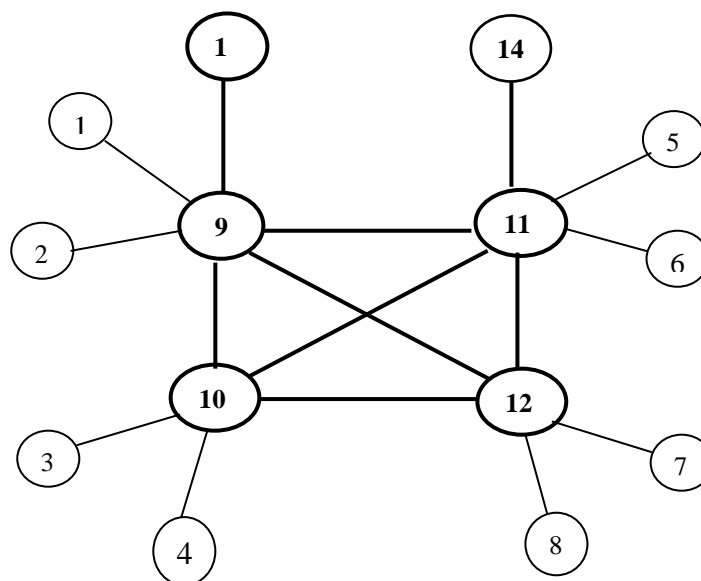


Рис.1 – Структура мережі зв'язку

2. Кількість користувачів

Кількість користувачів (абонентів) вузлів доступу визначається номером варіанта та наведено в таблиці 1.

Табл. 1 – Кількість абонентів для різних варіантів

№ вузла	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4235	4158	6329	1920	3822	5883	6284	4442	3292	3778
2	1429	6765	5288	1669	1286	3590	4662	6890	4435	1174
3	2903	2937	2755	5544	3188	2750	6246	1466	3162	3820
4	2420	7718	6305	7515	7988	5463	1500	6325	6829	5271
5	6653	3923	6984	4585	5989	1732	3150	3676	4367	1908
6	2407	4389	5732	5423	4676	2223	4064	2653	5622	1043
7	3932	2659	3509	967	1508	1078	2716	3738	3160	7786
8	2930	1106	4971	4271	4214	5540	2807	4379	1965	6300

3. Параметри трафіка

Абоненти мережі зв'язку користуються послугою VoIP (IP-телефонія). Питома інтенсивність абонентського навантаження визначається відповідно до номера варіанта із таблиці 2.

Табл.2 – Питома інтенсивність абонентського навантаження (Ерл)

№ варіанта	Питома інтенсивність абонентського навантаження
1	0,05
2	0,06
3	0,07
4	0,08
5	0,09
6	0,1
7	0,11
8	0,12
9	0,13
10	0,14

Дані загальні для всіх варіантів:

Тип використовуваного кодека G.711.

Швидкість потоку даних у каналі 85,6 Кбит/с.

Довжина VoIP пакета 200 байт.

Усі абоненти цілком ймовірно користуються послугами двох провайдерів VoIP.

Абонентський трафік маршрутизується між вузлом доступу та вузлами прикордонними з мережами провайдерів послуг (вузли 13 і 14.)

Трафік в мережі маршрутизується за найкоротшим маршрутом, при цьому під довжиною маршруту розуміється кількість транзитів (стрибків).

4. Вимоги до якості обслуговування

Вимоги загальні для всіх варіантів:

Частка викликів (сесій), що обслуговуються з гарантованою якістю не менш 98%.

Середня величина затримки доставки пакета між VoIP абонентами в мережі, що проектується, не більш 50 мс.

5. Вимоги до результатів розрахунків

Вимоги загальні для всіх варіантів: оцінити необхідні пропускні спроможності ліній зв'язку між вузлами мережі.

Приклад оформлення контрольної роботи

Титульний аркуш (зразок):

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
КАФЕДРА ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВАРІЙНО-
РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ

робота
з дисципліни «Основи побудови телекомунікаційних систем та
мереж»

Розрахунок мереж передачі даних

Виконана здобувачем вищої освіти

Начальна група _____

« ____ » _____ 202__ р.

Кількість балів _____

Оцінка ECTS _____

Перевірив _____

_____ (підпис)

« ____ » _____ 202__ р.

Черкаси, 202_

Основний текст (зразок):

1. Постановка завдання

Мета роботи: вивчення мереж передачі даних з комутацією пакетів, особливостей послуг, властивостей виробленого ними трафіка, показників якості функціонування та методів розрахунків.

2. Вихідні дані й вимоги

2.1. Структура мережі зв'язку

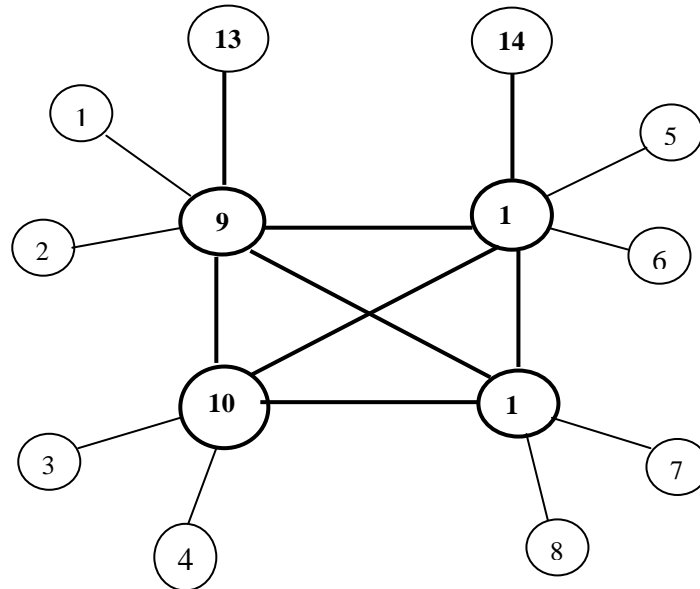


Рис.1 – Структура мережі зв'язку

Вузли мережі (вершини графа) з номерами 1...8 є вузлами доступу, у які включені користувачі мережі (абоненти).

Вузли мережі з номерами 9...12 є вузлами ядра мережі та забезпечують транзит трафіка (не мають абонентів). Вузли мережі з номерами 13 і 14 є прикордонними вузлами з мережами провайдерів послуг. Вузли 13 і 14 забезпечують зв'язок із провайдерами послуг VoIP.

Кількість абонентів вузлів доступу наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Кількість абонентів

№ Вузла	Кількість абонентів
1	4158
2	6765
3	2937
4	7718
5	3923
6	4389
7	2759
8	1106

2.2. Параметри трафіка

Абоненти мережі зв'язку користуються послугою VoIP (IP-телефонією).

Питома інтенсивність абонентського навантаження 0,06 Ерл.¹

Тип використовуваного кодека G.711.

Швидкість потоку даних у каналі 85,6 Кбит/с.

Довжина VoIP пакета 200 байт.

Усі абоненти вірогідно користуються послугами двох провайдерів VoIP.

Абонентський трафік маршрутизується між вузлом доступу та вузлами прикордонними з мережами провайдерів послуг (вузли 13 і 14.)

Трафік в мережі маршрутизується за найкоротшим маршрутом, при цьому під довжиною маршруту розуміється кількість транзитів (стрибків).

2.3. Вимоги до якості обслуговування

Частка викликів (сесій), що обслуговуються з гарантованою якістю не менш 98%.

Середня величина затримки доставки пакета між VoIP абонентами в мережі, що проектується, не більш 50 мс.

2.4. Вимоги до результатів розрахунків

Необхідно оцінити необхідні пропускні здатності ліній зв'язку між вузлами мережі. При розрахунках прийняти модель ділянки мережі зв'язку як модель СМО М/М/1.3.

3. Оцінка інтенсивності виробленого трафіка

Інтенсивність трафіка, виробленого абонентами VoIP, оцінюється на основі даних про питома абонентське навантаження та кількості абонентів

$$y_i = n_i y_0 \text{ Ерл}$$

де n_i – кількість абонентів i -го вузла;

y_0 – інтенсивність питомого абонентського навантаження (Ерл).

Результати розрахунків інтенсивності виробленого абонентського навантаження VoIP наведено в таблиці 2.

Табл. 2 – Результати розрахунків інтенсивності абонентського навантаження VoIP

№ Вузла	Інтенсивність абонентського навантаження
1	249,48
2	405,9

¹1 ерланг (1 Эрл) – соответствует непрерывному использованию одного голосового канала в течение 1 часа. То есть если абонент проговорил с другим абонентом в течение одного часа, то на телекоммуникационном оборудовании была создана нагрузка в один эрланг.

3	176,22
4	463,08
5	235,38
6	263,34
7	159,54
8	66,36

Вузли мережі 9...12 здійснюють тільки маршрутизацію трафіка, інтенсивність виробленого в них навантаження дорівнює нулю.

4. Розрахунки коефіцієнтів розподілу

Згідно із завданням вважаємося, що абонентський трафік маршрутизується між вузлами доступу й вузлами, прикордонними з мережами провайдерів послуг (вузли 13 і 14). При цьому частки трафіка на вузли 13 і 14 рівні 50%. Коефіцієнти розподілу трафіка наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Коефіцієнти розподілу трафіка

Номер вузла доступу	Номер вузла призначення	
	13	14
1	0,5	0,5
2	0,5	0,5
3	0,5	0,5
4	0,5	0,5
5	0,5	0,5
6	0,5	0,5
7	0,5	0,5
8	0,5	0,5

У таблиці наведені дані для вузлів призначення тільки з ненульовими значеннями коефіцієнтів розподілу.

5. Розподіл трафіка в напрямках зв'язку

Інтенсивність трафіка в напрямку зв'язку визначається інтенсивністю виробленого трафіка та коефіцієнтами розподілу

$$y_{i,j} = y_i k_{i,j}, \text{ Ерл}$$

де y_i – інтенсивності абонентського навантаження (таблиця 2),
 $k_{i,j}$ – коефіцієнт розподілу трафіка (таблиця 3).

Інтенсивність трафіка в напрямках зв'язку наведено в таблиці 4.

Табл. 4 – Інтенсивність трафіка в напрямках зв'язку

Номер вузла доступу	Номер вузла призначення	
	13	14
1	124,74	124,74
2	202,95	202,95
3	88,11	88,11
4	231,54	231,54
5	117,69	117,69
6	131,67	131,67
7	79,77	79,77
8	33,18	33,18

У таблиці наведені дані для вузлів призначення тільки з ненульовими значеннями інтенсивності навантаження.

6. Розподіл трафіка по лініях зв'язку

6.1. Вибір методу розподілу трафіка

Для розподілу трафіка по лініях зв'язку необхідно знати структуру мережі зв'язку та правила маршрутизації трафіка в мережі. Структура мережі визначена завданням. Згідно з завданням трафік в мережі зв'язку направляється за найкоротшим маршрутом, при цьому під довжиною маршруту розуміється кількість транзитів (стрибків).

Тому, для вирішення поставленого завдання, необхідно:

- знайти найкоротші маршрути в мережі зв'язку;
- розподілити трафік по знайдених маршрутах.

Для пошуку найкоротших маршрутів у мережі зв'язку використовуємо алгоритм Флойда-Уоршелла.

6.2. Маршрути пропуску трафіка

Для пошуку маршрутів пропуску трафіка за допомогою алгоритму Флойда-Уоршелла опишемо мережу матрицею суміжності, яка наведена в таблиці 5.

Табл. 5 – Матриця суміжності

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0								1					
2		0							1					
3			0							1				
4				0						1				
5					0						1			
6						0					1			
7							0					1		
8								0				1		
9	1	1							0		1	1	1	
10			1	1					1	0	1	1		

11					1	1			1		0	1		1
12							1	1	1	1	1	0		
13									1				0	
14											1			0

У матриці суміжності число на перетині i -го рядка та j -го стовпця означає наявність лінії зв'язку між i -м та j -м вузлом зв'язку. Якщо клітинка таблиці є порожньою, то вважаємо, що лінії зв'язку немає, формально її довжина дорівнює нескінченності.

Довжини існуючих ліній зв'язку прийняті рівними 1, тому що при визначенні найкоротшого маршруту, відповідно до завдання, враховується тільки їх кількість, тобто число транзитів (стрибків). У результаті розрахунку за допомогою алгоритму Флойда-Уоршалла отримуємо матрицю найкоротших маршрутів між усіма вузлами мережі, яка приведена в таблиці 6.

Табл. 6 – Матриця найкоротших маршрутів

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
2	9	2	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
3	10	10	3	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
4	10	10	10	4	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5	11	11	11	11	5	11	11	11	11	11	11	11	11	11
6	11	11	11	11	11	6	11	11	11	11	11	11	11	11
7	12	12	12	12	12	12	7	12	12	12	12	12	12	12
8	12	12	12	12	12	12	12	8	12	12	12	12	13	12
9	1	2	3	4	11	11	12	12	9	10	11	12	9	11
10	9	9	10	10	5	6	12	12	9	10	11	12	9	11
11	9	9	10	10	5	6	12	12	9	10	11	12	9	14
12	9	9	10	10	11	11	7	8	9	10	12	12	9	11
13	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	13	9
14	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	14

У матриці найкоротших маршрутів число на перетинанні i -й рядка та j -го стовпця означає номер наступного вузла в маршруті між i -м та j -м вузлом зв'язку.

Дану матрицю можна виразити й у кількості стрибків між i -м та j -м вузлом зв'язку.

Вводимо кількість вершин (у даному завданні – 14), показуємо для кожного перетинання i -й рядка та j -го стовпця значення з таблиці 5, причому при порожній клітці в даній таблиці вводимо значення 111 (для вказівки нескінченної довжини ЛС), отримуємо матрицю найкоротших маршрутів. На перетинанні i -рядка та j -стовпця зазначені кількості стрибків між однойменними вузлами мережі зв'язку.

6.3. Трафік ліній зв'язку

На основі даних про найкоротші маршрути (таблиця 6) і даних про інтенсивність трафіка в напрямках зв'язку (таблиця 4) розподілимо трафік по лініях зв'язку мережі. Результати наведено в таблиці 7.

Табл. 7 – Трафік ліній зв'язку (Ерл)

	9	10	11	12	13	14
1	62,37					
2	101,475					
3		44,055				
4		115,77				
5			58,845			
6			65,835			
7				39,885		
8				16,59		
9			81,9225		252,4125	
10	79,9125		79,9125			
11	62,34					252,4125
12	28,2375		28,2375			
13						
14						

У таблиці наводяться дані для ліній зв'язку тільки з ненульовими значеннями інтенсивності завантаження.

6.4. Кількість потоків

У завданні наведена вимога до ймовірності втрат, які не повинні перевищувати 2%. Ймовірність втрат у цьому випадку слід розглядати, як ймовірність того, що кількість потоків VoIP перевищить значення, на яке розрахована мережа передачі даних. Таким чином, для заданих інтенсивності навантаження й ймовірності втрат, використовуючи 1-шу формулу Ерланга, оцінимо кількість потоків VoIP, які повинна обслуговувати проєктована мережа.²

Формально, знаходження кількості потоків можна записати як

$$v = \arg \min_v (p_0 - p(v, y)), p(v, y \leq p_0)$$

де y – інтенсивність абонентського навантаження (Ерл),

v – кількість потоків VoIP,

p_0 – задана норма втрат.

Фактично, це означає відшукання мінімального значення v , при якому ймовірність втрат не перевищує задану норму. З урахуванням припустимої величини втрат, на основі даних про трафік ліній зв'язку (таблиця 7) одержуємо

² <https://www.erlang.com/calculator/erlb/>

число потоків VoIP для кожної лінії зв'язку. Обчислені значення кількості потоків наведено в таблиці 8.

Табл. 8 – Кількість потоків VoIP

	9	10	11	12	13	14
1	74					
2	114					
3		55				
4		129				
5			70			
6			78			
7				50		
8				24		
9			94		276	
10	92		92			
11	74					276
12	37		37			
13						
14						

6.5. Інтенсивність трафіка

Інтенсивність трафіка в мережі передачі даних визначається як

$$a = va_0 \text{ біт/с,}$$

де a_0 – бітова швидкість передачі даних у каналі для кодека, що використовується, (біт/с),

v – кількість потоків VoIP.

Із завдання: $a_0 = 85,6$ Кбіт/с.

На основі результатів розрахунків кількості потоків (таблиця 8) обчислюємо інтенсивність трафіка для ліній зв'язку. Результати наведено в таблиці 9.

Табл. 9 – Інтенсивність трафіка ліній зв'язку (біт/с)

	9	10	11	12	13	14
1	6334400					
2	9758400					
3		4708000				
4		11042400				
5			5992000			
6			6676800			
7				4280000		
8				2054400		
9			8046400		22855200	

10	7875200		7875200			
11	6334400					22855200
12	3167200		3167200			
13						
14						

1. Розрахунки пропускної спроможності ліній зв'язку

7.1. Модель лінії, оцінка пропускної здатності

Згідно із завданням час доставки пакета на ділянці маршруту (на транзитній ділянці) може бути визначене як

$$T = \frac{\bar{t}}{1 - \lambda \bar{t}}$$

де λ – інтенсивність пакетів (пакетів/с),

\bar{t} – середній час передачі пакета по лінії зв'язку (с).

Виразимо час доставки через інтенсивність трафіка a і довжину пакетів l і пропускну здатність каналу b .

$$\lambda = \frac{a}{l} \text{ пакетів/с,}$$

де l – довжина пакета (біт).

$$\bar{t} = \frac{l}{b} \text{ с}$$

де b – пропускна здатність каналу (біт/с).

Підставляючи два останні вирази у формулу для часу доставки й виражаючи з неї b , отримаємо

$$b = a + T \text{ біт/с.}$$

7.2. Розрахунки необхідної пропускної спроможності ліній зв'язку

Згідно із завданням, вимога до затримки доставки пакета між користувачами мережі не повинна перевищувати 50 мс. Згідно зі структурою мережі та заданим правилам маршрутизації, максимальна кількість транзитів у маршруті між абонентами дорівнює шести. Розподілимо затримку в рівних частинах по всіх ділянках маршруту. Тоді на одній ділянці затримка не повинна перевищувати $50/6 \approx 8$ мс.

Обчислимо пропускну спроможність ділянок маршруту на основі даних про інтенсивність трафіка ліній зв'язку (таблиця 9) і нормативу затримки 8 мс. Результати обчислень наведено в таблиці 10.

Табл. 10 – Необхідна пропускна спроможність ліній зв'язку (Мбіт/с)

	9	10	11	12	13	14
1	6,5344					
2	9,9584					
3		4,908				
4		11,2424				
5			6,192			
6			6,8768			
7				4,48		
8				2,2544		
9			8,2464		23,0552	
10	8,0752		8,0752			
11	6,5344					23,0552
12	3,3672		3,3672			
13						
14						

Аналіз таблиці 10 показує, що необхідні пропускні спроможності ліній зв'язку між транзитними вузлами (9...12) можуть бути різні в різних напрямках зв'язку. Через те, що технології передачі даних забезпечують симетричні канали з рівною пропускнуою здатністю в обох напрямках, вибираємо максимальну величину із двох отриманих.

На рис.2 наведена структура мережі зв'язку із вказівкою пропускних спроможностей ліній зв'язку. Пропускні спроможності наведені в Мбіт/с і округлені до цілого значення з надлишком.

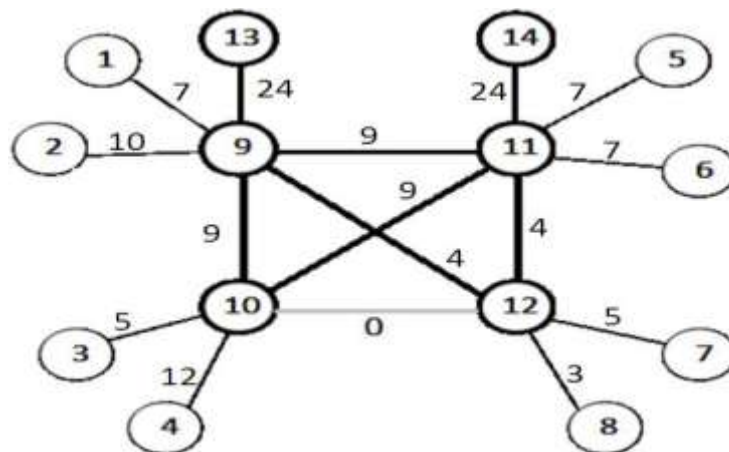


Рис. 2 – Пропускні спроможності ліній зв'язку (Мбіт/с)

Висновок

У розрахунковій роботі об'єктом аналізу є мережа передачі даних з комутацією пакетів, топологічна структура якої представлена математичною моделлю – неорієнтованим зваженим графом, вершини якого являють собою

вузли доступу, вузли ядра мережі й прикордонні вузли з мережами провайдерів послуг VoIP. Трафік даної мережі розглядається як симетричний, тобто його середні характеристики приймаються однаковими на кожних лініях зв'язку, які у свою чергу передбачаються дуплексними з однаковими пропускними спроможностями в обох напрямках (напрямок вхідного та вихідного трафіка). Це дозволяє зменшити розмірність завдання: інтенсивність трафіка на лініях зв'язку обчислюється тільки для одного напрямку. Маршрутизація трафіка в мережі зв'язку здійснюється за найкоротшим маршрутом, для пошуку якого застосовується алгоритм Флойда-Уоршелла.

При розрахунках використовується метод математичного апарата теорії масового обслуговування для мереж черг. Для визначення якості функціонування системи оцінюються такі параметри, як затримка передачі даних на одній ділянці та пропускні спроможності ліній зв'язку.

Для заданих основних складових якості обслуговування VoIP (затримка доставки пакета та відсоток загублених пакетів) і параметрів трафіка знайдені розрахункові величини пропускних спроможностей ліній зв'язку між вузлами мережі, достатні для забезпечення абонентів обраною послугою.