

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ  
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

**Кафедра транспортного зв'язку**

**ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МЕРЕЖІ.  
ТИПОВІ ЗАВДАННЯ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**для практичних занять і самостійної роботи з дисципліни  
«ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МЕРЕЖІ НА  
ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ»**

**Частина 2**

**Харків 2024**

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри транспортного зв'язку 25 листопада 2024 р., протокол № 3.

Навчальний матеріал, поданий у методичних вказівках, відповідає програмі дисципліни «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті», що викладають на кафедрі транспортного зв'язку Українського державного університету залізничного транспорту.

Методичні вказівки призначено для проведення практичних занять і самостійної роботи з дисципліни «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, освітньої програми «Телекомунікації та радіотехніка» усіх форм навчання.

Укладачі:

проф. М. А. Штомпель,

доценти О. С. Жученко,

С. В. Індик

Рецензент

доц. Л. А. Клименко

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Розрахунок параметрів інформаційного потоку.....	5
1.1 Приклади розв'язання основних типів задач.....	5
1.2 Задачі для самостійного розв'язання .....	18
2 Розрахунок об'єму буферної пам'яті мережевих пристроїв .....	28
2.1 Приклади розв'язання основних типів задач.....	28
2.2 Задачі для самостійного розв'язання .....	30
3 Розрахунок затримки передавання інформації в мережах із комутацією пакетів і каналів.....	32
3.1 Приклади розв'язання основних типів задач.....	32
3.2 Задачі для самостійного розв'язання .....	36
Список літератури.....	41

## ВСТУП

З метою закріплення теоретичного матеріалу, що викладають у рамках дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі», «Комп'ютерні мережі та мережеві технології» і «Комп'ютерні мережі» у методичних вказівках викладено методику розв'язання основних типів задач і контрольні задачі для розв'язання як на практичних заняттях, так і самостійно.

Наведені задачі також можуть бути використані для проведення поточного контролю знань здобувачів, модульного контролю, виконання розрахунково-графічних робіт, курсового проектування та іспиту або заліку.

У методичних вказівках розглядають задачі, пов'язані з розрахунком базових параметрів інформаційних потоків у мережах Ethernet, об'єму буферної пам'яті мережевих пристроїв і затримки передавання інформації в мережах Ethernet із комутацією пакетів і каналів.

Методика розрахунків, отримана з розв'язанням задач, сприяє більш якісному засвоєнню теоретичних знань і практичних навичок у рамках дисципліни.

# 1 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОТОКУ

## 1.1 Приклади розв'язання основних типів задач

**Задача 1.1.** Комутатор пакетів об'єднує потоки пакетів від джерел інформації двох типів – додатків ІР-телефонії, що формують потоки пакетів класу «Мова», і додатків, що формують потік пакетів класу «Дані», в один спільний потік пакетів, який є неоднорідним.

Розрахувати таку пропускну здатність вихідного тракту передавання, щоб його коефіцієнт використання дорівнював 0,5.

Вихідні дані для розрахунку:

– ресурсу для додатків ІР-телефонії: розрахункова кількість одночасних сеансів зв'язку додатків ІР-телефонії – 39; кожний потік пакетів, утворений сеансом зв'язку, є потоком із постійною швидкістю 64 кбіт/с;

– ресурсу для додатків даних: розрахункова довжина пакета з даними – 600 байт; розрахункова інтенсивність потоку пакетів із даними – 800 пакет/с.

### *Розв'язання*

Переводимо байти в біти:

$$l_{\text{розр дані}} = l_{\text{розр дані}} \cdot 8 = 4,8 \cdot 10^3 \text{ біт.}$$

Обчислюємо сумарну швидкість від усіх потоків:

$$R_{\Sigma}^{\square} = v_{ip\ tel} \cdot r_{ip\ tel} + \lambda_{\text{розр дані}} \cdot l_{\text{розр дані}} = 6,336 \cdot 10^6 \text{ байт/с.}$$

Розраховуємо пропускну здатність з урахуванням коефіцієнта використання:

$$C = \frac{R_{\Sigma}}{\rho} = 12,672 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

**Задача 1.2.** Потік кадрів від кодека IP-телефонії має такі параметри: довжина кадру – 160 байт, інтенсивність потоку кадрів – 50 кадр/с. Розрахувати швидкість передавання мовної інформації.

### ***Розв'язання***

Переводимо байти в біти:

$$L = L \cdot 8 = 1,28 \cdot 10^3 \text{ біт.}$$

Розраховуємо швидкість передавання мовної інформації:

$$R = \lambda \cdot L = 64 \cdot 10^3 \text{ біт/с.}$$

**Задача 1.3.** Потік кадрів із мовною інформацією від кодека IP-телефонії має такі параметри: довжина кадру – 160 байт, інтенсивність потоку кадрів – 50 кадр/с. У процесі інкапсуляції до кадру від кодека IP-телефонії додають службову інформацію протоколів RTP, UDP, IP і технології Ethernet об'ємом відповідно 12, 8, 20 і 26 байт. Розрахувати швидкість потоку пакетів на каналному, мережевому, транспортному та на рівні протоколу RTP рівні.

### ***Розв'язання***

На каналному рівні розраховуємо сумарний об'єм службової інформації з урахуванням додавання інформації від протоколів RTP, UDP, IP і технології Ethernet:

$$L_{RTP\ UDP\ IP\ Eth} = L_{RTP} + L_{UDP} + L_{IP} + L_{Eth} = 66 \text{ байт.}$$

Розраховуємо загальну довжину кадра на канальному рівні з урахуванням заголовка:

$$L_{\text{кан}\ RTP\ UDP\ IP\ Eth} = L_{\text{кан}} + L_{RTP\ UDP\ IP\ Eth} = 226 \text{ байт.}$$

Переводимо байти в біти:

$$L_{\text{кан}\ RTP\ UDP\ IP\ Eth} = L_{\text{кан}\ RTP\ UDP\ IP\ Eth} \cdot 8 = 1,808 \cdot 10^3 \text{ біт.}$$

Розраховуємо потрібну нам швидкість:

$$R_{\text{кан}\ RTP\ UDP\ IP\ Eth} = \lambda_{\text{кан}} \cdot L_{\text{кан}\ RTP\ UDP\ IP\ Eth} = 90,4 \cdot 10^3 \text{ біт/с.}$$

На мережевому рівні розраховуємо сумарний об'єм службової інформації з урахуванням додавання інформації від протоколів RTP, UDP та IP:

$$L_{RTP\ UDP\ IP} = L_{RTP} + L_{UDP} + L_{IP} = 40 \text{ байт.}$$

Розраховуємо загальну довжину кадру на мережевому рівні з урахуванням заголовка:

$$L_{\text{мережев}\ RTP\ UDP\ IP} = L_{\text{мережев}} + L_{RTP\ UDP\ IP} = 200 \text{ байт.}$$

Переводимо байти в біти:

$$L_{\text{мережев}\ RTP\ UDP\ IP} = L_{\text{мережев}\ RTP\ UDP\ IP} \cdot 8 = 1,6 \cdot 10^3 \text{ біт.}$$

Розраховуємо потрібну нам швидкість:

$$R_{\text{мережев RTP UDP IP}} = \lambda_{\text{мережев}} \cdot L_{\text{мережев RTP UDP IP}} = 80 \cdot 10^3 \text{ біт/с.}$$

На транспортному рівні розраховуємо сумарний об'єм службової інформації з урахуванням додавання інформації від протоколів RTP та UDP:

$$L_{\text{RTP UDP}} = L_{\text{RTP}} + L_{\text{UDP}} = 20 \text{ байт.}$$

Розраховуємо загальну довжину кадру на транспортному рівні з урахуванням заголовка:

$$L_{\text{трансп RTP UDP}} = L_{\text{трансп}} + L_{\text{RTP UDP}} = 180 \text{ байт.}$$

Переводимо байти в біти:

$$L_{\text{трансп RTP UDP}} = L_{\text{трансп RTP UDP}} \cdot 8 = 1,44 \cdot 10^3 \text{ біт.}$$

Розраховуємо потрібну нам швидкість:

$$R_{\text{трансп RTP UDP}} = \lambda_{\text{трансп}} \cdot L_{\text{трансп RTP UDP}} = 72 \cdot 10^3 \text{ біт/с.}$$

На рівні протоколу RTP розраховуємо загальну довжину кадру з урахуванням заголовка:

$$L_{\text{прот RTP}} = L_{\text{прот RTP}} + L_{\text{RTP}} = 172 \text{ байт.}$$

Переводимо байти в біти:



$$L_{\text{прот } RTP} = L_{\text{прот } RTP} \cdot 8 = 1,376 \cdot 10^3 \text{ біт.}$$

Розраховуємо потрібну нам швидкість:

$$R_{\text{прот } RTP} = \lambda_{\text{прот } RTP} \cdot L_{\text{прот } RTP} = 68,8 \cdot 10^3 \text{ біт/с.}$$

**Задача 1.4.** Комутатор пакетів виконує функції концентратора, тобто об'єднує потоки пакетів від джерел інформації двох типів – додатків IP-телефонії, що формують потоки пакетів класу «Мова», і додатків, що формують потік пакетів класу «Дані», в один спільний потік пакетів, який є неоднорідним.

Розрахувати таку пропускну здатність вихідного тракту передавання, щоб його коефіцієнт використання дорівнював 0,5. З проведенням розрахунків службовою інформацією, що міститься в заголовках пакетів, нехтувати.

Вихідні дані для розрахунку:

– ресурсу для додатків IP-телефонії: середня тривалість телефонної розмови 120 с, середня інтенсивність викликів – 3 виклик/год (наведене значення враховує виклики для встановлення вихідних і вхідних з'єднань). Кількість абонентів IP-телефонії – 250, норма втрат викликів – 0,003. Для кодування мови використовують кодек G.711, який формує потік кадрів із постійною швидкістю 64 кбіт/с;

– ресурсу для додатків даних: розрахункова довжина пакета з даними – 600 байт; розрахункова інтенсивність потоку пакетів із даними – 800 пакет/с.

### ***Розв'язання***

Визначаємо інтенсивність навантаження для одного абонента IP-телефонії:

$$y = \frac{t_{\text{розм.}}}{3600} \lambda = \frac{120}{3600} \cdot 3 = 0,1 \text{ Ерл.}$$

Розраховуємо інтенсивність навантаження для усіх абонентів IP-телефонії:

$$Y = y \cdot N_{\text{IP TA}} = 0,1 \cdot 250 = 25 \text{ Ерл.}$$

Визначаємо за першою формулою Ерланга потрібну кількість потоків пакетів класу «Мова»  $\nu$  у вихідному тракті передавання комутатора пакетів, за якою втрати викликів не будуть більше  $P_{\text{втр.}} = 0,003$ . За таблицею 1.1,  $\nu = 39$ .

Визначаємо швидкість передавання для загальної кількості потоків класу «Мова»:

$$r_{\Sigma}^{\text{М}} = \nu \cdot r^{\text{М}} = 39 \cdot 64 \cdot 10^3 = 2,496 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

Визначаємо швидкість передавання для потоку класу «Дані»:

$$r_{\Sigma}^{\text{Д}} = \lambda_{\text{Д}}^{\text{Д}} \cdot 8l_{\text{Д}}^{\text{Д}} = 800 \cdot 8 \cdot 600 = 3,84 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

Розраховуємо сумарну швидкість передавання інформації:

$$r_{\Sigma} = r_{\Sigma}^{\text{М}} + r_{\Sigma}^{\text{Д}} = 2,496 \cdot 10^6 + 3,84 \cdot 10^6 = 6,336 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

Розраховуємо необхідну пропускну здатність, щоб максимально допустимий коефіцієнт використання тракту передавання  $\rho_{\Sigma \text{ max}}$  дорівнював 0,5:

$$R_{\text{необх.}} = \frac{r_{\Sigma}}{\rho_{\Sigma \text{max}}}, R_{\text{необх.}} = \frac{6,336 \cdot 10^6}{0,5} = 12,67 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

**Задача 1.5.** Розрахувати максимально можливу сумарну швидкість потоків кадрів у тракті з номером 1-2 у випадку відмови одного будь-якого тракту передавання сегменту мережі кільцевої топології (рисунок 1.1), ураховуючи припущення, що потоки пакетів від кінцевого обладнання, підключеного до комутаторів, які входять до групи комутаторів (комутатори 2 і 3), спрямовані тільки в напрямку базового комутатора (безпосередній обмін потоками кадрів між кінцевим обладнанням, підключеним до комутаторів, відмінних від базового (комутаторів 2 і 3), відсутній).

Вихідні дані для розрахунку:

- ресурсу для додатків ІР-телефонії: розрахункова кількість одночасних сеансів зв'язку додатків ІР-телефонії – 39 (загальна для кінцевого обладнання, підключеного до комутаторів 1 і 2); кожний потік пакетів, утворений сеансом зв'язку, є потоком із постійною швидкістю 64 кбіт/с;

- ресурсу для додатків даних: розрахункова довжина пакета з даними – 600 байт; розрахункова інтенсивність потоку пакетів із даними від кінцевого обладнання, підключеного до комутатора 2, – 1800 пакет/с; розрахункова інтенсивність потоку пакетів із даними від кінцевого обладнання, підключеного до комутатора 3, – 1200 пакет/с.

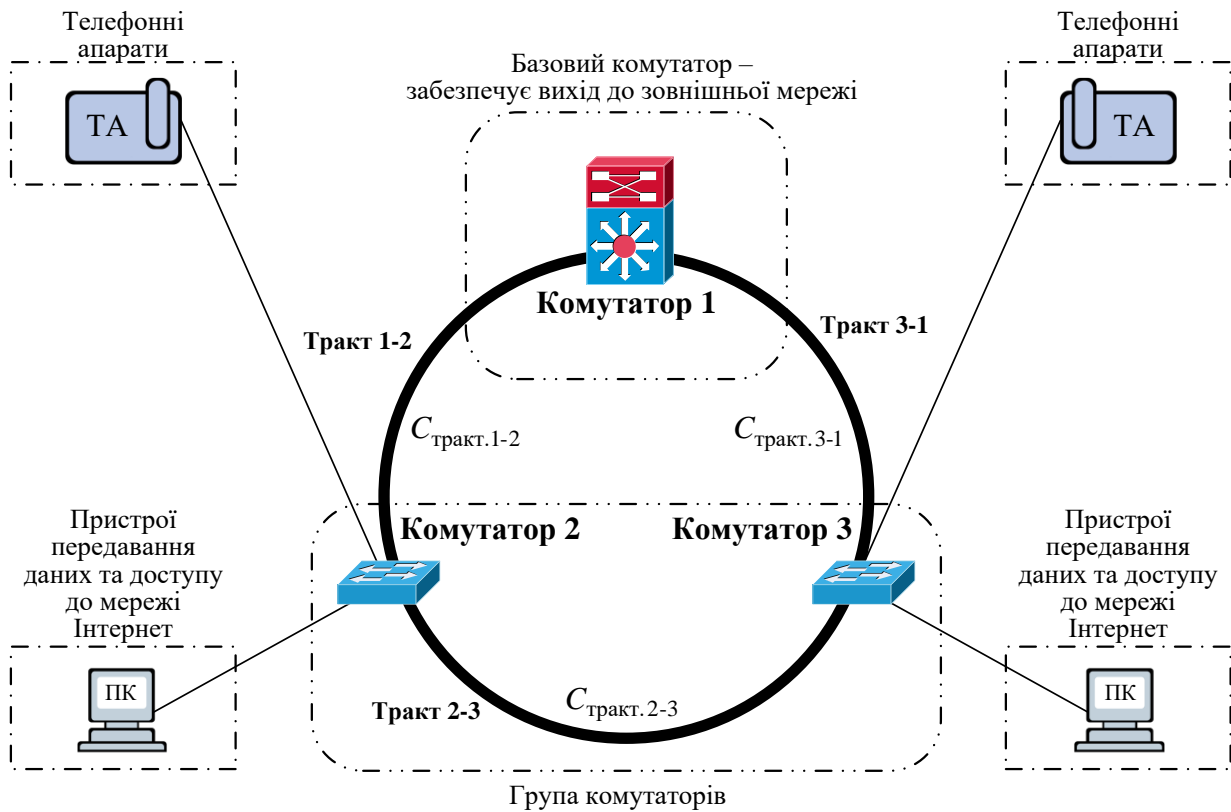


Рисунок 1.1 – Мережа на основі кільцевої топології з трафіком типу «Мова» і «Дані»

### Розв'язання

Переводимо байти в біти:

$$l_{\text{розр дані}} = l_{\text{розр дані}} \cdot 8 = 4,8 \cdot 10^3 \text{ біт.}$$

Розраховуємо сумарну швидкість від усіх потоків:

$$R_{\Sigma}^{\square} = v_{IP \text{ tel}} \cdot r_{IP \text{ tel}} + \lambda_{\text{розр дані від K2}} \cdot \lambda_{\text{розр дані}} \cdot \lambda_{\text{розр дані від K3}} \cdot$$

$$\lambda_{\text{розр дані}} = 42,816 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

Розраховуємо пропускну здатність з урахуванням коефіцієнта використання:

$$C = \frac{R_{\Sigma}^{\square}}{\rho} = 85,632 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

**Задача 1.6.** Визначити таке мінімально можливе значення пропускної здатності трактів передавання мережі кільцевої топології (рисунок 1.1), щоб з відмовою одного довільного тракту коефіцієнт використання інших трактів не перевищував 0,5 (пропускну здатність усіх трактів передавання вибирають однаковою).

Розв'язуючи задачу, урахувати припущення, що потоки пакетів від кінцевого обладнання, підключеного до комутаторів, які входять до групи комутаторів (комутатори 2 і 3), спрямовані тільки в напрямку базового комутатора (безпосередній обмін потоками кадрів між кінцевим обладнанням, підключеним до комутаторів, відмінних від базового (комутаторів 2 і 3), відсутній).

Вихідні дані для розрахунку:

- ресурсу для додатків IP-телефонії: середня тривалість телефонної розмови 120 с, середня інтенсивність викликів – 3 виклик/год (наведене значення враховує виклики зі встановленням вихідних і вхідних з'єднань). Загальна кількість абонентів IP-телефонії, підключених до комутаторів 1 та 2, – 250, норма втрат викликів – 0,003. Для кодування мови використовують кодек G.711, який формує потік кадрів із постійною швидкістю 64 кбіт/с;

- ресурсу для додатків даних: розрахункова довжина пакета з даними – 600 байт; розрахункова інтенсивність потоку пакетів із даними від кінцевого обладнання, підключеного до комутатора 2, – 1800 пакет/с; розрахункова інтенсивність потоку пакетів із даними від кінцевого обладнання, підключеного до комутатора 3, – 1200 пакет/с.

### ***Розв'язання***

Розраховуємо кількість сеансів IP-телефонії:

$$y = T_{\text{розм}} \cdot \lambda_{\text{викл}} = 0,1 \text{ Ерл},$$

$$Y = y \cdot N_{IP \text{ ТА}} = 25.$$

У таблиці 1.5 знаходимо кількість потоків за відомих втрат і навантаженням:

$$v_{IP \text{ tel}} = 40.$$

Визначаємо швидкість передавання інформації для загального потоку з мовою:

$$R_{\text{мова } \Sigma}^{\square} = v_{IP \text{ tel}} \cdot r_{IP \text{ tel}} = 2,56 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

Далі розраховуємо швидкість передавання даних, біт:

$$l_{\text{розр дані}} = l_{\text{розр дані}} \cdot 8 = 4,8 \cdot 10^3 \text{ біт.}$$

$$R_{\text{дані}}^{\square} = l_{\text{розр дані}} \cdot \lambda_{\text{розр дані від К2}} + \lambda_{\text{розр дані}} \cdot l_{\text{розр дані від К3}} = 40,32 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

Розраховуємо сумарну швидкість від усіх потоків:

$$R_{\Sigma}^{\square} = R_{\text{мова } \Sigma}^{\square} + R_{\text{дані}}^{\square} = 42,88 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

Розраховуємо пропускну здатність з урахуванням коефіцієнта використання:

$$C = \frac{R_{\Sigma}^{\square}}{\rho} = 85,76 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

**Задача 1.7.** Визначити таке мінімально можливе значення пропускну здатності трактів передавання мережі кільцевої топології (рисунок 1.2), щоб з відмовою одного довільного тракту коефіцієнт використання інших трактів не перевищував 0,5 (пропускну здатність усіх трактів передавання вибирають однаковою).

Розв'язуючи задачу, урахувати припущення, що потоки пакетів від кінцевого обладнання, підключеного до комутаторів, які входять до групи комутаторів (комутатори 2 і 3), спрямовані тільки в напрямку базового комутатора (безпосередній обмін потоками кадрів між кінцевим обладнанням, підключеним до комутаторів, відмінних від базового (комутаторів 2 і 3), відсутній).

Вихідні дані для розрахунку:

– розрахункова кількість одночасних сеансів передавання інформації від кінцевого обладнання, підключеного до комутатора 2, – 80, розрахункова швидкість передавання для кожного сеансу – 256 кбіт/с;

– розрахункова кількість одночасних сеансів передавання інформації від кінцевого обладнання, підключеного до комутатора 3, – 180, розрахункова швидкість передавання для кожного сеансу – 128 кбіт/с.

### ***Розв'язання***

Розраховуємо сумарну швидкість від усіх потоків:

$$R_{\Sigma}^{\square} = v_{\text{сеансів } K2}^{\square} \cdot r_{\text{сеансів } K2}^{\square} + v_{\text{сеансів } K3}^{\square} \cdot r_{\text{сеансів } K3}^{\square} = 43,52 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

Розраховуємо пропускну здатність з урахуванням коефіцієнта використання:

$$C = \frac{R_{\Sigma}^{\square}}{\rho} = 87,04 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

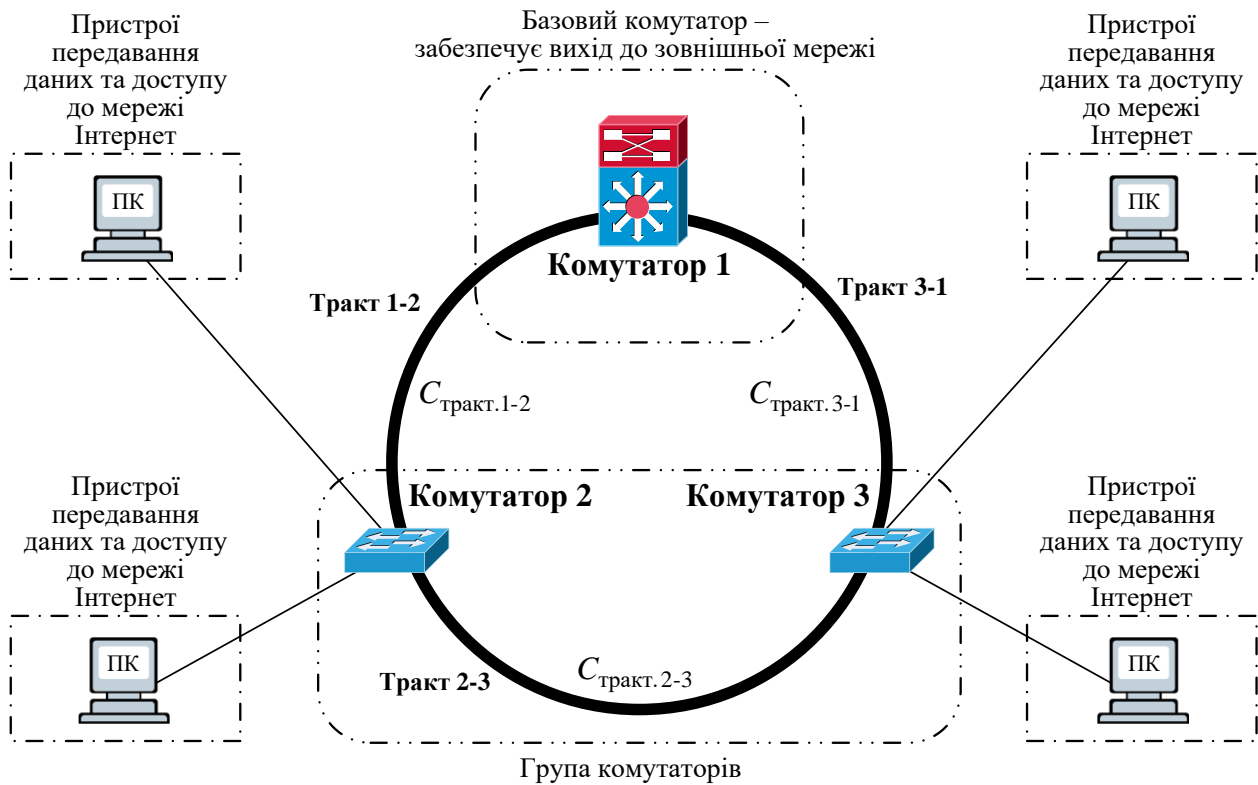


Рисунок 1.2 – Мережа на основі кільцевої топології з трафіком типу «Дані»

**Задача 1.8.** Маршрут передавання пакетів включає 10 вузлів комутації пакетів. Розрахувати ймовірність втрат пакетів на маршруті, якщо ймовірність втрат пакетів для кожного вузла комутації становить 0,005. Розв’язуючи задачу, вважати, що процеси обслуговування пакетів у вузлах комутації є незалежними.



### Розв'язання

Розраховуємо ймовірність втрат пакетів на маршруті:

$$P_{\text{втрат}}^{\square} = 1 - (1 - P_{\text{втрат BK}}^{\square})^n = 48,89 \cdot 10^{-3}.$$

Таблиця 1.1 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$\lambda_{\text{розр дані,}} \text{ пакет/с}$	$l_{\text{розр дані,}} \text{ байт}$	$\rho$	$v_{ip \text{ tel}}$	$r_{ip \text{ tel}}$ кбіт/с
1	700	1000	30%	39	64
2	9000	500	50%	18	36
3	250	650	40%	26	48
4	55000	850	80%	32	56
5	70000	1200	70%	12	128
6	9200	680	55%	24	64
7	800	720	55%	17	36
8	72000	720	50%	21	48
9	800	840	30%	9	56
10	960	240	35%	14	128
11	17500	800	65%	39	64
12	7800	510	55%	18	36
13	21400	670	80%	26	48
14	340	540	25%	32	56
15	3190	120	44%	12	128
16	5400	390	25%	24	64
17	900	200	15%	17	36
18	2100	420	45%	21	48
19	23300	780	60%	9	56
20	790	560	90%	14	128

## 1.2 Задачі для самостійного розв'язання

**Задача 1.1.** Комутатор пакетів об'єднує потоки пакетів від джерел інформації двох типів – додатків IP-телефонії, що формують потоки пакетів класу «Мова», і додатків, що формують потік пакетів класу «Дані», в один спільний потік пакетів, який є неоднорідним.

Розрахувати таку пропускну здатність вихідного тракту передавання, щоб його коефіцієнт використання дорівнював  $\rho$ .

Вихідні дані для розрахунку (таблиця 1.1):

– ресурсу для додатків IP-телефонії: розрахункова кількість одночасних сеансів зв'язку додатків IP-телефонії –  $\nu_{ip\ tel}$ ; кожний потік пакетів, утворений сеансом зв'язку, є потоком з постійною швидкістю  $r_{ip\ tel}$ , кбіт/с;

– ресурсу для додатків даних: розрахункова довжина пакета з даними –  $l_{розр\ дані}$ , байт; розрахункова інтенсивність потоку пакетів із даними –  $\lambda_{розр\ дані}$ , пакет/с.

**Задача 1.2.** Потік кадрів від кодека IP-телефонії має такі параметри: довжина кадру – 160 байт, інтенсивність потоку кадрів – 50 кадр/с (таблиця 1.2). Розрахувати швидкість передавання мовної інформації.

Таблиця 1.2 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$L$ , байт	$\lambda$ , кадр/с
1	2	3
1	160	50
2	320	100
3	640	200
4	480	150
5	960	300
6	320	50
7	640	100

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
8	1280	200
9	960	150
10	1920	300
11	960	50
12	1280	100
13	720	200
14	640	150
15	960	300
16	360	50
17	960	100
18	320	200
19	640	150
20	480	300

**Задача 1.3.** Потік кадрів із мовною інформацією від кодека IP-телефонії має такі параметри: довжина кадру –  $L_{\text{кадру}}$ , байт, інтенсивність потоку кадрів – 50 кадр/с (таблиця 1.3). У процесі інкапсуляції до кадру від кодека IP-телефонії додана службова інформація протоколів RTP, UDP, IP і технології Ethernet об'ємом відповідно 12, 8, 20 і 26 байт. Розрахувати швидкість потоку пакетів на каналному, мережевому, транспортному та на рівні протоколу RTP рівні.

Таблиця 1.3 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$\lambda$ , кадр/с	$L_{\text{кадру}}$ , байт	$L_{\text{RTP}}$ , байт	$L_{\text{UDP}}$ , байт	$L_{\text{IP}}$ , байт	$L_{\text{Eth}}$ , байт
1	2	3	4	5	6	7
1	40	150	14	9	17	24
2	45	164	11	6	28	26
3	50	124	12	6	16	29
4	65	157	10	8	15	30
5	60	156	8	10	20	25
6	70	212	16	8	12	22

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7
7	82	140	13	7	14	23
8	90	149	15	9	24	26
9	87	215	8	10	18	28
10	45	221	10	9	17	21
11	50	128	11	8	22	27
12	65	152	18	7	26	19
13	60	222	16	6	16	29
14	70	198	13	5	23	30
15	82	216	12	8	14	20
16	65	139	10	10	16	26
17	60	154	17	7	18	28
18	70	148	14	6	12	31
19	100	126	8	5	20	18
20	48	142	11	7	21	32

**Задача 1.4.** Комутатор пакетів виконує функції концентратора, тобто об'єднує потоки пакетів від джерел інформації двох типів – додатків IP-телефонії, що формують потоки пакетів класу «Мова», і додатків, що формують потік пакетів класу «Дані», в один спільний потік пакетів, який є неоднорідним.

Розрахувати таку пропускну здатність вихідного тракту передавання, щоб його коефіцієнт використання дорівнював  $\rho$ . Проводячи розрахунки, службовою інформацією, що міститься в заголовках пакетів, нехтувати.

Вихідні дані для розрахунку (таблиці 1.4, 1.5):

– ресурсу для додатків IP-телефонії: середня тривалість телефонної розмови  $t_{розм}$ , с, середня інтенсивність викликів –  $\lambda$ , виклик/год (наведене значення враховує виклики зі встановленням вихідних і вхідних з'єднань). Кількість абонентів IP-телефонії – 250, норма втрат викликів –  $P_{втрат}$ . Для кодування мови використано кодек G.711, який формує потік кадрів із постійною швидкістю 64 кбіт/с;

– ресурсу для додатків даних: розрахункова довжина пакета з даними  
–  $l^D$ , байт; розрахункова інтенсивність потоку пакетів із даними –  $\lambda^D$ ,  
пакет/с.

Таблиця 1.4 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$\rho$	$t_{розм}, c$	$\lambda$ , виклик/год	$N_{IP TA}$	$P_{втрат}$	$l^D$ , байт	$\lambda^D$ , пакет/с
1		100	4	240	0,003		780
2		120	3	250	0,002	600	820
3		160	5	248	0,001	580	800
4		400	3	239	0,004	540	980
5		100	5	241	0,005	660	760
6		80	6	234	0,006	550	960
7		110	4	247	0,0001	670	990
8		160	3	242	0,00001	720	900
9		90	5	243	0,003	610	740
10		156	3	230	0,002	710	950
11		98	5	244	0,001	530	920
12		126	5	235	0,004	620	770
13		140	4	238	0,005	520	840
14		124	3	229	0,006	700	870
15		130	5	245	0,0001	560	720
16		140	3	233	0,00001	630	850
17		150	5	236	0,003	590	860
18		450	4	228	0,002	640	700
19		100	6	246	0,001	570	940
20		90	3	225	0,004	650	880

Таблиця 1.5 – Розрахунок кількості потоків пакетів

Кількість каналів $N$	Навантаження $Y$ , Ерл, за ймовірності втрат $P$							
	0.00001	0.0001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006
1	.00001	.00010	.00100	.00200	.00301	.00402	.00503	.00604
2	.00448	.01425	.04576	.06534	.08064	.09373	.10540	.11608
3	.03980	.08683	.19384	.24872	.28851	.32099	.34900	.37395
4	.12855	.23471	.43927	.53503	.60209	.65568	.70120	.74124
5	.27584	.45195	.76212	.89986	.99446	1.0692	1.1320	1.1870
6	.47596	.72826	1.1459	1.3252	1.4468	1.5421	1.6218	1.6912
7	.72378	1.0541	1.5786	1.7984	1.9463	2.0614	2.1575	2.2408
8	1.0133	1.4219	2.0513	2.3106	2.4837	2.6181	2.7299	2.8266
9	1.3391	1.8256	2.5575	2.8549	3.0526	3.2057	3.3326	3.4422
10	1.6970	2.2601	3.0920	3.4265	3.6480	3.8190	3.9607	4.0829
12	2.4958	3.2072	4.2314	4.6368	4.9038	5.1092	5.2789	5.4250
14	3.3834	4.2388	5.4464	5.9190	6.2291	6.4670	6.6632	6.8320
16	4.3453	5.3390	6.7215	7.2582	7.6091	7.8780	8.0995	8.2898
18	5.3693	6.4959	8.0459	8.6437	9.0339	9.3324	9.5780	9.7889
20	6.4460	7.7005	9.4115	10.068	10.496	10.823	11.092	11.322
22	7.5680	8.9462	10.812	11.525	11.989	12.344	12.635	12.885
24	8.7298	10.227	12.243	13.011	13.510	13.891	14.204	14.472
26	9.9265	11.540	13.701	14.522	15.054	15.461	15.795	16.081
28	11.154	12.880	15.182	16.054	16.620	17.051	17.406	17.709
30	12.417	14.246	16.684	17.606	18.204	18.660	19.034	19.355
32	13.697	15.633	18.205	19.176	19.805	20.284	20.678	21.015
34	15.001	17.041	19.743	20.761	21.421	21.923	22.336	22.689
36	16.325	18.468	21.296	22.361	23.050	23.575	24.006	24.376
38	17.669	19.911	22.864	23.974	24.692	25.240	25.689	26.074
40	19.031	21.372	24.444	25.599	26.346	26.915	27.382	27.782
42	20.409	22.846	26.037	27.235	28.010	28.600	29.085	29.500
44	21.803	24.333	27.641	28.882	29.684	30.295	30.797	31.227
45	22.505	25.081	28.447	29.708	30.525	31.146	31.656	32.093
46	23.211	25.833	29.255	30.538	31.367	31.999	32.517	32.962
47	23.921	26.587	30.066	31.369	32.212	32.854	33.381	33.832
48	24.633	27.344	30.879	32.203	33.059	33.711	34.246	34.704
49	25.349	28.104	31.694	33.039	33.908	34.570	35.113	35.578
50	26.067	28.867	32.512	33.876	34.759	35.431	35.982	36.454
51	26.789	29.632	33.332	34.716	35.611	36.293	36.852	37.331

**Задача 1.5.** Розрахувати максимально можливу сумарну швидкість потоків кадрів у тракті з номером 1-2 у випадку відмови одного будь-якого тракту передавання сегменту мережі кільцевої топології (рисунок 1.1), ураховуючи припущення, що потоки пакетів від кінцевого обладнання, підключеного до комутаторів, які входять до групи комутаторів (комутатори 2 і 3), спрямовані тільки в напрямку базового комутатора (безпосередній обмін потоками кадрів між кінцевим обладнанням, підключеним до комутаторів, відмінних від базового (комутаторів 2 і 3), відсутній).

Вихідні дані для розрахунку (таблиця 1.6):

– ресурсу для додатків IP-телефонії: розрахункова кількість одночасних сеансів зв'язку додатків IP-телефонії –  $v_{IP\ tel}$  (загальна для кінцевого обладнання, підключеного до комутаторів 1 і 2); кожний потік пакетів, утворений сеансом зв'язку, є потоком із постійною швидкістю 64 кбіт/с;

– ресурсу для додатків даних: розрахункова довжина пакета з даними –  $l_{розр\ дані}$ , байт; розрахункова інтенсивність потоку пакетів із даними від кінцевого обладнання, підключеного до комутатора 2, –  $\lambda_{розр\ дані\ від\ K2}$ , пакет/с; розрахункова інтенсивність потоку пакетів із даними від кінцевого обладнання, підключеного до комутатора 3, –  $\lambda_{розр\ дані\ від\ K3}$ , пакет/с.

Таблиця 1.6 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$v_{IP\ tel}$	$l_{розр\ дані}$ , байт	$\lambda_{розр\ дані\ від\ K2}$ , пакет/с	$\lambda_{розр\ дані\ від\ K3}$ , пакет/с
1	2	3	4	5
1	33	640	3600	4900
2	41	635	2700	6000
3	39	595	2800	5400
4	32	650	3200	4700
5	46	575	2100	5700
6	34	600	3100	4800

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5
7	47	650	2900	4600
8	40	610	3500	5900
9	38	570	2200	5300
10	48	565	2600	4400
11	31	620	3000	5500
12	42	585	4000	4500
13	50	645	3700	5600
14	37	655	2500	4300
15	44	625	3400	5000
16	43	590	2400	5800
17	49	580	3800	6100
18	36	630	2300	5100
19	45	660	3300	6200
20	35	615	3900	5200

**Задача 1.6.** Визначити таке мінімально можливе значення пропускної здатності трактів передавання мережі кільцевої топології (рисунок 1.1), щоб з відмовою одного довільного тракту коефіцієнт використання інших трактів не перевищував 0,5 (пропускну здатність усіх трактів передавання вибирають однаковою).

Розв'язуючи задачу, урахувати припущення, що потоки пакетів від кінцевого обладнання, підключеного до комутаторів, які входять до групи комутаторів (комутатори 2 і 3), спрямовані тільки в напрямку базового комутатора (безпосередній обмін потоками кадрів між кінцевим обладнанням, підключеним до комутаторів, відмінних від базового (комутаторів 2 і 3), відсутній).

Вихідні дані для розрахунку (таблиця 1.7):

– ресурсу для додатків IP-телефонії: середня тривалість телефонної розмови  $T_{розм}$ , с, середня інтенсивність викликів –  $\lambda_{викл}$ , виклик/год (наведене значення враховує виклики зі встановленням вихідних і вхідних з'єднань).



Загальна кількість абонентів IP-телефонії, підключених до комутаторів 1 і 2, –  $N_{IP TA}$ , норма втрат викликів –  $P_{втрат}$ . Для кодування мови використано кодек G.711, який формує потік кадрів із постійною швидкістю 64 кбіт/с;

– ресурсу для додатків даних: розрахункова довжина пакета з даними –  $l_{розр\ дані}$ , байт; розрахункова інтенсивність потоку пакетів із даними від кінцевого обладнання, підключеного до комутатора 2, –  $\lambda_{розр\ дані\ від\ K2}$ , пакет/с; розрахункова інтенсивність потоку пакетів із даними від кінцевого обладнання, підключеного до комутатора 3, –  $\lambda_{розр\ дані\ від\ K3}$ , пакет/с.

Таблиця 1.7 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$T_{розм, с}$	$\lambda_{викл, виклик/ГОД}$	$N_{IP TA}$	$P_{втрат}$	$l_{розр\ дані, байт}$	$\lambda_{розр\ дані\ від\ K2, пакет/с}$	$\lambda_{розр\ дані\ від\ K3, пакет/с}$
1	125	235		0,003	640	3600	4900
2	165	215		0,002	635	2700	6000
3	175	255		0,001	595	2800	5400
4	120	250		0,004	650	3200	4700
5	170	270		0,005	575	2100	5700
6	130	210		0,006	600	3100	4800
7	200	245		0,0001	650	2900	4600
8	160	295		0,00001	610	3500	5900
9	195	265		0,003	570	2200	5300
10	140	300		0,002	565	2600	4400
11	115	240		0,001	620	3000	5500
12	180	290		0,004	585	4000	4500
13	135	225		0,005	645	3700	5600
14	100	260		0,006	655	2500	4300
15	110	275		0,0001	625	3400	5000
16	145	225		0,00001	590	2400	5800
17	105	285		0,003	580	3800	6100
18	150	220		0,002	630	2300	5100
19	185	230		0,001	660	3300	6200
20	155	280		0,004	615	3900	5200

**Задача 1.7.** Визначити таке мінімально можливе значення пропускної здатності трактів передавання мережі кільцевої топології (рисунок 1.2), щоб з відмовою одного довільного тракту коефіцієнт використання інших трактів не перевищував 0,5 (пропускну здатність усіх трактів передавання вибирають однаковою).

Розв’язуючи задачу, урахувати припущення, що потоки пакетів від кінцевого обладнання, підключеного до комутаторів, які входять до групи комутаторів (комутатори 2 і 3), спрямовані тільки в напрямку базового комутатора (безпосередній обмін потоками кадрів між кінцевим обладнанням, підключеним до комутаторів, відмінних від базового (комутаторів 2 і 3), відсутній).

Вихідні дані для розрахунку (таблиця 1.8):

– розрахункова кількість одночасних сеансів передавання інформації від кінцевого обладнання, підключеного до комутатора 2, –  $\nu_{\text{сеансів } K2}$ , розрахункова швидкість передавання для кожного сеансу –  $r_{\text{сеансів } K2}$ , кбіт/с;

– розрахункова кількість одночасних сеансів передавання інформації від кінцевого обладнання, підключеного до комутатора 3, –  $\nu_{\text{сеансів } K3}$ , розрахункова швидкість передавання для кожного сеансу –  $r_{\text{сеансів } K3}$ , кбіт/с.

Таблиця 1.8 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$\nu_{\text{сеансів } K2}$	$r_{\text{сеансів } K2}$ , кбіт/с	$\nu_{\text{сеансів } K3}$	$r_{\text{сеансів } K3}$ , кбіт/с
1	2	3	4	5
1	91	128		256
2	86	64		512
3	95	512		256
4	88	256		64
5	80	128		512
6	99	256		128
7	96	64		256
8	85	512		64
9	94	128		256

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5
10	82	256		128
11	92	128		512
12	87	256		128
13	81	512		64
14	97	64		512
15	89	256		128
16	98	512		128
17	83	64		256
18	90	512		256
19	93	128		128
20	84	64		256

**Задача 1.8.** Маршрут передавання пакетів включає  $n$  вузлів комутації пакетів (таблиця 1.9). Розрахувати ймовірність втрат пакетів на маршруті, якщо ймовірність втрат пакетів для кожного вузла комутації становить  $P_{\text{втрата ВК}}$ . Розв'язуючи задачу, вважати, що процеси обслуговування пакетів у вузлах комутації є незалежними.

Таблиця 1.9 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$P_{\text{втрата ВК}}$	$n$
1	2	3
1	0,0044	18
2	0,0042	8
3	0,004	14
4	0,0039	22
5	0,005	17
6	0,006	10
7	0,0056	24
8	0,0045	16
9	0,0062	12
10	0,0064	15
11	0,003	20
12	0,0065	11

Продовження таблиці 1.9

1	2	3
13	0,0042	24
14	0,0061	23
15	0,0033	9
16	0,0057	17
17	0,0058	13
18	0,0063	16
19	0,0055	21
20	0,0037	23

Література до розділу [1, 2, 7].

## 2 РОЗРАХУНОК ОБ'ЄМУ БУФЕРНОЇ ПАМ'ЯТІ МЕРЕЖЕВИХ ПРИСТРОЇВ

### 2.1 Приклади розв'язання основних типів задач

**Задача 2.1.** Порт комутатора пакетів має пропускну здатність 100 Мбіт/с. Оцінити необхідний об'єм буферної пам'яті цього порту для того, щоб уникати втрат пакетів для обслуговування потоків, спрямованих від інших портів цього комутатора, у випадку, якщо сумарна швидкість обслуговуваних потоків може досягати значення 110 Мбіт/с протягом 1,0 с.

#### *Розв'язання*

Розраховуємо об'єм буферної пам'яті:

$$V_{\text{буф пам}} = t_{\text{перевантаж доп}} \cdot (R_{\Sigma}^{\text{доп}} - C) = 1 \cdot 10^7 \text{ біт.}$$

Проводимо послідовне перетворення в мегабайти шляхом перетворення в байти з подальшим діленням на 1024 (перетворення в кілобайти) і ще раз на 1024 (перетворення в мегабайти):

$$V_{\text{буф пам}} = \frac{V_{\text{буф пам}}/8}{1024 \cdot 1024} = 1,192 \text{ Мбайт.}$$

**Задача 2.2.** Порт комутатора пакетів має пропускну здатність 1000 Мбіт/с. Об'єм буферної пам'яті цього порту становить 32 Мбайт. Оцінити сумарну швидкість обслуговуваних потоків, спрямованих від інших портів цього комутатора, за якої не будуть відбуватися втрати пакетів протягом 1,0 с.

### *Розв'язання*

Визначаємо ширину спектра каналу тональної частоти:

$$V_{\text{буф пам}} = V_{\text{буф пам}} \cdot 1024 \cdot 1024 \cdot 8 = 2,684 \cdot 10^8 \text{ біт.}$$

Розраховуємо сумарну швидкість обслуговуваних потоків:

$$R_{\Sigma}^{\square} = \frac{V_{\text{буф пам}}}{t_{\text{перевантаж доп}}} + C = 1,268 \cdot 10^9 \frac{\text{біт}}{\text{с}},$$

або в мегабайтах

$$R_{\Sigma}^{\square} = \frac{R_{\Sigma}^{\square}}{10^6} + C = 1,268 \cdot 10^3 \text{ Мбіт/с.}$$

## 2.2 Задачі для самостійного розв'язання

**Задача 2.1.** Порт комутатора пакетів має пропускну здатність  $C$ , Мбіт/с (таблиця 2.1). Оцінити необхідний об'єм буферної пам'яті цього порту для того, щоб уникати втрат пакетів для обслуговування потоків, спрямованих від інших портів цього комутатора, у випадку, якщо сумарна швидкість обслуговуваних потоків може досягати значення 110 Мбіт/с протягом  $t_{\text{перевантаж доп, с}}$ .

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$C$ , Мбіт/с	$t_{\text{перевантаж доп, с}}$	$R_{\Sigma}$ , Мбіт/с
1	250	1	300
2	200	2,7	220
3	100	1,2	120
4	300	2,1	330
5	200	1,1	240
6	500	1,5	512
7	250	2,2	268
8	100	1,4	122
9	250	2,6	270
10	1000	1,1	1024
11	500	2	550
12	300	1,7	320
13	200	1,5	250
14	100	1,3	140
15	1000	1,6	1100
16	500	2	560
17	250	1,4	270
18	200	1,5	280
19	300	1,8	370
20	1000	2,1	1256

**Задача 2.2.** Порт комутатора пакетів має пропускну здатність  $C$ , Мбіт/с (таблиця 2.2). Об'єм буферної пам'яті цього порту становить  $V_{буф\ пам}$ , Мбайт. Оцінити сумарну швидкість обслуговуваних потоків, спрямованих від інших портів цього комутатора, за якої не будуть відбуватися втрати пакетів протягом  $t_{перевантаж\ доп}$ , с.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$C$ , Мбіт/с	$t_{перевантаж\ доп}$ , с	$V_{буф\ пам}$ , Мбайт
1	500	1	42
2	300	1,7	34
3	200	1,5	36
4	100	1,3	38
5	1000	1,6	32
6	500	2	44
7	250	1,4	28
8	200	1,5	36
9	300	1,8	40
10	1000	2,1	32
11	250	2	48
12	200	2,7	36
13	100	1,2	28
14	300	2,1	36
15	200	1,1	42
16	500	1,5	38
17	250	2,2	30
18	100	1,4	40
19	250	2,6	24
20	1000	1,1	26

Література до розділу [3, 4, 7].

## 3 РОЗРАХУНОК ЗАТРИМКИ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В МЕРЕЖАХ ІЗ КОМУТАЦІЄЮ ПАКЕТІВ І КАНАЛІВ

### 3.1 Приклади розв'язання основних типів задач

*Задача 3.1.* За гістограмою (рисунок 3.1), визначити відсоток пакетів, затримка яких не буде перевищувати 60 мс.

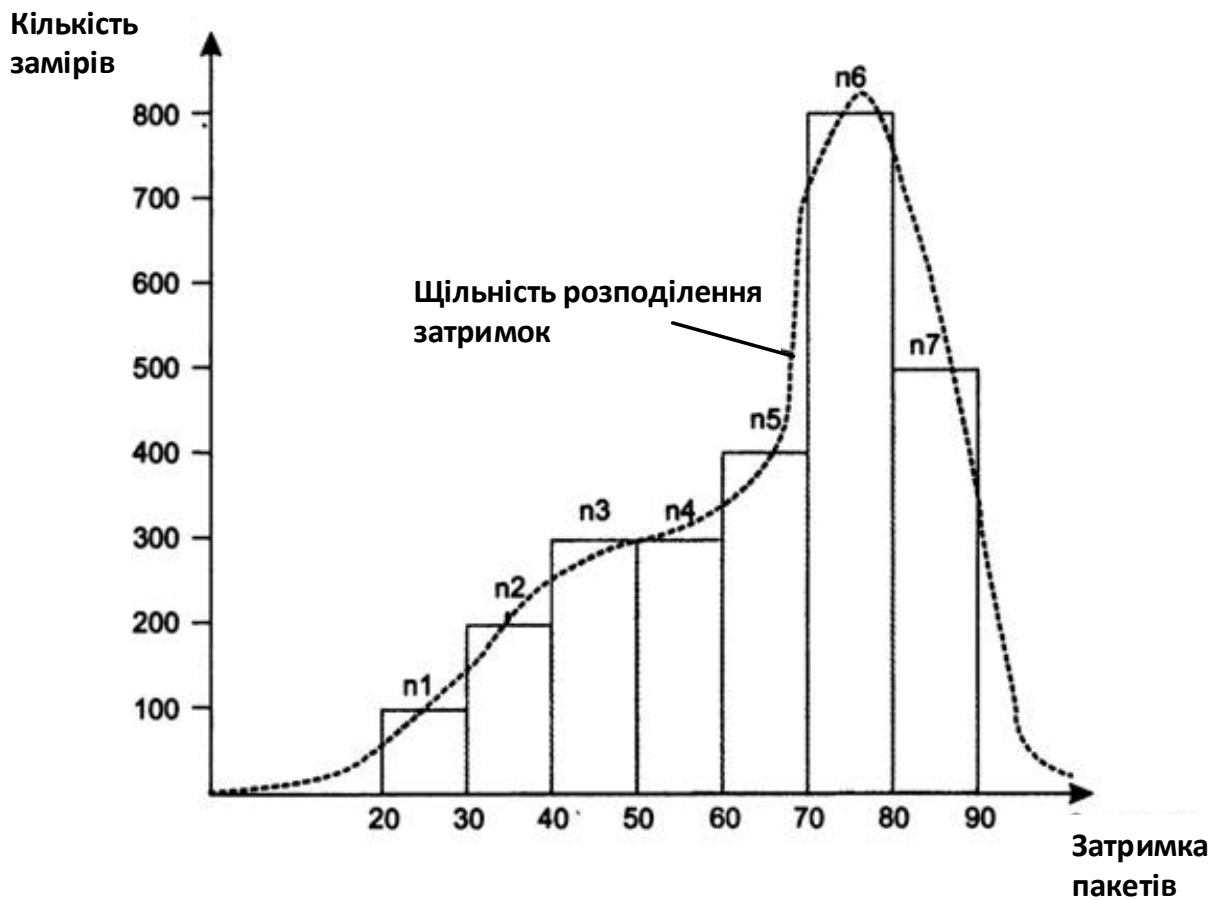


Рисунок 3.1 – Гістограма розподілення затримки пакетів

#### *Розв'язання*

Розраховуємо загальну кількість прийнятих пакетів:

$$\sum_{\text{пакетів}} = \sum n = 2,6 \cdot 10^3 .$$



Використовуючи діаграму, визначаємо, що перші чотири пакети не будуть перевищувати значення 60 мс.

Розраховуємо відсоток пакетів, затримка яких не буде перевищувати 60 мс:

$$V_{\% \text{ пакетів}} = \left( \frac{(n_1 + n_2 + n_3 + n_4)}{\sum \text{пакетів}} \right) \cdot 100 = 34,615.$$

**Задача 3.2.** За гістограмою (рисунок 3.1) визначити відсоток пакетів, затримка яких буде дорівнювати або перевищувати 60 мс.

### ***Розв'язання***

Розраховуємо загальну кількість прийнятих пакетів:

$$\sum_{\text{пакетів}} = \sum n = 2,6 \cdot 10^3.$$

За діаграмою визначаємо, що перші чотири пакети не будуть дорівнювати або перевищувати значення 60 мс.

Розраховуємо відсоток пакетів, затримка яких не буде перевищувати 60 мс:

$$V_{\% \text{ пакетів}} = \left( \frac{(n_5 + n_6 + n_7)}{\sum \text{пакетів}} \right) \cdot 100 = 65,385.$$

**Задача 3.3.** Розрахувати середню затримку пакетів, якщо було прийнято п'ять пакетів із затримками відповідно 20, 30, 40, 50 і 60 мс.

***Розв'язання***

Розраховуємо суму затримки пакетів:

$$\Sigma_{\text{затр пакетів}} = \sum_{i=1}^n n_{\text{затр пакетів}} = 200 \text{ мс.}$$

Розраховуємо середню затримку пакетів:

$$T_{\text{затр середнє}} = \frac{\Sigma_{\text{затр пакетів}}}{n} = 40 \text{ мс.}$$

***Задача 3.4.*** Розрахувати середньоквадратичне відхилення значення затримки пакетів від середнього значення, якщо було прийнято п'ять пакетів із затримками відповідно 20, 30, 40, 50 і 60 мс.

***Розв'язання***

Розраховуємо суму затримки пакетів:

$$\Sigma_{\text{затр пакетів}} = \sum_{i=1}^n n_{\text{затр пакетів}} = 200 \text{ мс.}$$

Розраховуємо середню затримку пакетів:

$$T_{\text{затр середнє}} = \frac{\Sigma_{\text{затр пакетів}}}{n} = 40 \text{ мс.}$$

Розраховуємо середньоквадратичне відхилення:

$$J = \sqrt{\frac{\sum((\text{затр пакетів} - T_{\text{затр середнє}})^2)}{n - 1}} = 15,811 \text{ мс.}$$

**Задача 3.5.** За гістограмою (рисунок 3.1) визначити значення квантиля 90 %.

**Розв'язання**

Розраховуємо загальну кількість прийнятих пакетів:

$$\sum_{\text{пакетів}} = \sum n = 2,6 \cdot 10^3 .$$

Підбираємо номер одного з кінцевих інтервалів у такий спосіб, щоб відсотки квантиля дорівнювали заданому значенню:

$$n_{\text{кінцевого інтервалу}} = 6 .$$

Розраховуємо необхідний відсоток квантиля:

$$V_{\% \text{ пакетів}} = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \text{кінц інтервалу } n_i}{\sum_{\text{пакетів}} \dots} \right) \cdot 100 = 80,769 .$$

Знайдемо значення квантиля 80,769 % як кінцеве значення останнього інтервалу:

$$K_{\text{інт гіст } n \text{ кінц інт}+1} = 80 .$$

### 3.2 Задачі для самостійного розв'язання

**Задача 3.1.** За гистограмою (рисунок 3.1) визначити відсоток пакетів, затримка яких не буде перевищувати  $t_{\text{затримки}}$ , мс (вихідні дані наведено в таблиці 3.1).

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$t_{\text{затримки}}$ , мс
1	70
2	50
3	40
4	80
5	50
6	30
7	50
8	40
9	70
10	80
11	30
12	40
13	50
14	70
15	80
16	30
17	40
18	50
19	70
20	80

**Задача 3.2.** За гистограмою (рисунок 3.1) визначити відсоток пакетів, затримка яких буде дорівнювати або перевищувати  $t_{\text{затримки}}$ , мс (вихідні дані наведено в таблиці 3.2).

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$t_{затримки}$ , мс
1	70
2	50
3	40
4	80
5	50
6	30
7	50
8	40
9	70
10	80
11	30
12	40
13	50
14	70
15	80
16	30
17	40
18	50
19	70
20	80

**Задача 3.3.** Розрахувати середню затримку пакетів, якщо було прийнято п'ять пакетів із затримками відповідно  $t_{затр}$  пакета 1, мс,  $t_{затр}$  пакета 2, мс,  $t_{затр}$  пакета 3, мс,  $t_{затр}$  пакета 4, мс,  $t_{затр}$  пакета 5, мс (вихідні дані наведено в таблиці 3.3).

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$t_{затр}$ пакета 1, мс	$t_{затр}$ пакета 2, мс	$t_{затр}$ пакета 3, мс	$t_{затр}$ пакета 4, мс	$t_{затр}$ пакета 5, мс
1	2	3	4	5	6
1	20	24	44	55	70
2	15	37	55	66	50
3	20	34	43	65	40

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
4	19	35	48	60	80
5	17	29	56	62	50
6	21	32	49	68	30
7	19	35	50	56	50
8	18	33	57	70	40
9	21	30	50	57	70
10	17	34	52	63	80
11	23	36	58	79	30
12	18	38	53	57	40
13	15	28	47	63	50
14	17	33	59	64	70
15	22	36	45	61	80
16	17	31	44	67	30
17	16	37	51	69	40
18	20	30	45	58	50
19	15	29	53	68	70
20	21	31	46	59	80

**Задача 3.4.** Розрахувати середньоквадратичне відхилення значення затримки пакетів від середнього значення, якщо було прийнято п'ять пакетів із затримками відповідно  $t_{затр \text{ пакета } 1}$ , мс,  $t_{затр \text{ пакета } 2}$ , мс,  $t_{затр \text{ пакета } 3}$ , мс,  $t_{затр \text{ пакета } 4}$ , мс,  $t_{затр \text{ пакета } 5}$ , мс (вихідні дані наведено в таблиці 3.4).

Таблиця 3.4 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$t_{затр \text{ пакета } 1}$ , мс	$t_{затр \text{ пакета } 2}$ , мс	$t_{затр \text{ пакета } 3}$ , мс	$t_{затр \text{ пакета } 4}$ , мс	$t_{затр \text{ пакета } 5}$ , мс
1	2	3	4	5	6
1	17	24	50	57	70
2	23	37	57	63	50
3	18	34	50	79	40
4	15	35	52	57	50
5	17	29	58	63	70
6	22	28	53	64	80

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
7	17	33	44	61	30
8	16	36	55	67	40
9	20	31	43	69	50
10	15	37	48	58	70
11	21	30	56	68	80
12	20	29	49	59	74
13	15	31	47	55	50
14	20	32	59	66	30
15	19	35	45	65	50
16	17	33	44	60	40
17	21	30	51	62	70
18	19	34	45	68	77
19	18	36	53	56	30
20	21	38	46	70	40

**Задача 3.5.** За гістограмою (рисунок 3.1) визначити значення квантиля  $J$ , %.

Таблиця 3.5 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$J$ , %
1	2
1	70
2	50
3	90
4	80
5	50
6	90
7	50
8	40
9	70
10	80
11	90
12	40

Продовження таблиці 3.5

1	2
13	50
14	70
15	80
16	90
17	40
18	50
19	70
20	80

Література до розділу [5-7].



## Список літератури

- 1 Горбатий І. В., Бондарев А. П. Телекомунікаційні системи та мережі. Принципи функціонування, технології та протоколи. Львів: Львівська політехніка, 2016. 336 с.
- 2 Cisco.URL: <http://www.cisco.com>.
- 3 Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі: навч. посіб. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
- 4 Blokdyk G. Telecommunications Network A Complete Guide. 5STARCOOKS. 2021. 306 p.
- 5 Yaman H. Concentrator Location in Telecommunications Networks. Solan: Springer. 2014. 275 p.
- 6 Ekman B. Telecommunication Networks: Present and Future Scenario. CLANRYE INTERNATIONAL. 2015. 206 p.
- 7 Індик С. В., Жученко О. С., Лисечко В. П. Телекомунікаційні та інформаційні мережі. Типові завдання : методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи з дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті», «Комп'ютерні мережі». Харків: УкрДУЗТ, 2022. Ч. 1. 44 с.

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МЕРЕЖІ.

ТИПОВІ ЗАВДАННЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для практичних занять і самостійної роботи з дисципліни  
*«ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МЕРЕЖІ НА  
ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ»*

Частина 2

Відповідальний за випуск Індик С. В.

Редактор Ібрагімова Н. В.

---

Підписано до друку 6.12.2024 р.

Умовн. друк. арк. 2,5. Тираж . Замовлення № .

Видавець та виготовлювач Український державний університет  
залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха,7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.