

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичних занять з дисципліни
«Міські транспортні системи»
для студентів денної форми навчання
спеціальності 275.03 «Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)»

Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни «Міські транспортні системи» (для студентів денної форми навчання спеціальності 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» / Укл. : О. Ф. Кузькін, І. М. Райда. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 55 с.

Укладачі: О. Ф. Кузькін, доцент, канд. техн. наук;
І. М. Райда, старш. викл.

Рецензент: С. М. Турпак, професор, д-р техн. наук

Відповідальний
за випуск: Н.А. Михайленко, зав. навч. лаб

Затверджено на засіданні
кафедри «Транспортні технології»
Протокол № 2
від «08» серпня 2024 р.
Рекомендовано до видання
НМК Транспортного факультету
Протокол № 2
від «22» серпня 2024 р.

ЗМІСТ

	с.
Практичне заняття №1. Вибір виду міського транспорту для забезпечення пасажироперевезень.....	4
Практичне заняття № 2. Розрахунок тривалості очікування пасажирів транспорту на зупинках.....	12
Практичне заняття № 3. Розрахунок показників розвитку транспортної мережі та маршрутної системи міста.....	17
Практичне заняття № 4. Розосередження зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту.....	27
Практичне заняття № 5. Розрахунок матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій.....	33
Практичне заняття № 6. Оцінка якості транспортного обслуговування населення міста.....	45
Перелік рекомендованої літератури.....	55

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

ВИБІР ВИДУ МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАСАЖИРОПЕРЕВЕЗЕНЬ

Мета заняття: ознайомлення з методикою розрахунку необхідної кількості рухомого складу та виду міського пасажирського транспорту за укрупненими показниками обсягів пасажироперевезень.

Стисла теоретична довідка

Основними вихідними показниками для вибору варіанта міської пасажирської транспортної системи є обсяг пасажироперевезень $A_{\text{п}}$ (тис. пас./добу) та робота пасажирського транспорту $A_{\text{р}}$ (тис. пас.-км/добу).

Середньодобовий обсяг пасажироперевезень розраховується за формулою

$$A_{\text{п}} = \frac{P \cdot N}{365} \times \alpha_{\text{с}} \cdot \eta_{\text{а}}, \quad (1.1)$$

де P – річна маршрутна транспортна рухливість, поїздок/рік (приймається за даними таблиці 1.1);

N – населення міста, тис. мешканців);

$\alpha_{\text{с}}$ – коефіцієнт, що враховує сезонні коливання обсягів пасажироперевезень ($\alpha_{\text{с}} = 0,83 \dots 0,91$);

$\eta_{\text{а}}$ – коефіцієнт, який враховує вплив користування приватними легковими автомобілями на обсяг пасажироперевезень (приймається за даними таблиці 1.2).

Добова робота транспорту визначається за формулою

$$A_{\text{р}} = A_{\text{п}} \frac{l_{\text{сер}}}{k_{\text{пер}}}, \quad (1.2)$$

де $l_{\text{сер}}$ – середня дальність мережевої поїздки пасажирів у місті, км;

$k_{\text{пер}}$ – коефіцієнт пересадочності (приймається за даними таблиці 1.1).

Таблиця 1.1 — Транспортна рухливість та пересадочність

Група міст	Чисельність населення, тис. мешканців	Маршрутна транспортна рухливість P , поїздок/рік	Коефіцієнт пересадочності $k_{\text{пер}}$
I	1000 – 2000	520 – 630	1,2 – 1,4
II	500 – 1000	455 – 610	1,12 – 1,3
III	250 – 500	400 – 500	1,1 – 1,2
IV	100 – 250	325 – 525	1 – 1,15
V	50 – 100	240 – 450	1,0

Таблиця 1.2 — Значення коефіцієнта η_a

Кількість автомобілів на 1000 мешканців	η_a	Кількість автомобілів на 1000 мешканців	η_a	Кількість автомобілів на 1000 мешканців	η_a
10	0,884	50	0,681	100	0,535
20	0,841	60	0,660	150	0,460
30	0,794	70	0,614	200	0,395
40	0,746	80	0,654	300	0,252

Середня дальність поїздки у місті розраховується за формулою

$$l_{\text{сер}} = K \sqrt[3]{F}, \quad (1.3)$$

де F – площа території міста, км^2 ;
 K – коефіцієнт компактності міської території.

Для відносно компактних міст із забудовою помірної щільності (відношення довжини міста L_1 до його ширини L_2 не більше ніж 3,0) $K = 0,8 \dots 0,92$; для компактних міст з щільною забудовою (відношення $L_1 : L_2 \approx 1$) $K = 0,75 \dots 0,78$; для міст з витягнутою територією (відношення $L_1 : L_2$ більше 3) $K = 0,92 \dots 0,97$.

Після розрахунку добових обсягів пасажиропревозень і добової роботи транспорту вибирають один або декілька варіантів системи міського маршрутного пасажирського транспорту (ММПТ, таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Варіанти систем ММПТ у містах

Група міст по чисельності населення, тис. чол.	Розрахунковий ряд місткостей рухомого складу	Варіанти систем ММПТ	Розподіл обсягів перевезень між видами ММПТ, %
1	2	3	4
I (1000 – 2000)	35	Автобус малої місткості	8 – 11
	90	Автобус великої місткості	62 – 74
	230	Трамвайний состав	15 – 30
	35	Автобус малої місткості	8 – 11
	90	Тролейбус середньої місткості	62 – 74
	230	Трамвайний состав	15 – 30
	35	Мікроавтобус (до 20 пас.)	8 – 11
	90	Автобус великої місткості (тролейбус середньої місткості)	62 – 74
	230	Трамвайний состав	15 – 30
II (500 – 1000)	35	Автобус малої місткості	14 – 20
	90	Автобус великої місткості	63 – 67
	160	Трамвайний состав	13 – 23
	35	Автобус малої місткості	14 – 20
	90	Тролейбус середньої місткості	63 – 67
	160	Трамвай великий	13 – 23
	35	Автобус малої місткості	14 – 20
	90	Автобус великої місткості	20 – 40
	160	Тролейбус середньої місткості	63 – 67
	Трамвай великий	13 – 23	

Кінець таблиці 3.1

1	2	3	4
III (250 – 500)	35	Автобус малої місткості	13 – 22
	65	Автобус середньої місткості	47 – 58
	110	Автобус великої місткості	20 – 40
	35	Автобус малої місткості	13 – 22
IV (100 – 250)	65	Автобус середньої місткості	47 – 58
	110	Трамвай великий	20 – 40
	35	Автобус малої місткості	13 – 22
	65	Тролейбус середньої місткості	47 – 58
V (100 – 250)	110	Тролейбус зчленований	20 – 40
	35	Автобус малої місткості	13 – 22
	65	Тролейбус середньої місткості	47 – 58
	110	Трамвай великий	20 – 40
VI (100 – 250)	35	Ті ж варіанти, що й для міст III групи з іншим розподілом пасажироперевезень	20 – 42
	65		48 – 55
	110		13 – 32
VII (100 – 250)	35	Автобус малої місткості	48 – 70
	65	Автобус середньої місткості	30 – 52

На підставі прийнятої системи ММПТ, розрахованих обсягів пасажироперевезень і транспортної роботи, та їх розподіл за видами транспорту, розраховують необхідну орієнтовну кількість рухомого складу кожного виду у місті за формулою

$$N_i = \frac{A_p \cdot \delta_i}{Q_{ді}}, \quad (1.4)$$

де δ_i – частка транспортної роботи, що припадає на i -й вид транспорту згідно обраного варіанту системи ММПТ (останній стовпчик таблиці 1.3);

$Q_{ді}$ – орієнтовна середньодобова продуктивність i -го виду ММПТ, *тис. пас.-км/добу* (приймається за даними таблиці 1.4).

Таблиця 1.4 — Річна продуктивність рухомого складу

Тип рухомого складу	Пасажиromісткість, пас.	Середньодобова продуктивність Q_p , тис. пас.-км/добу
1. Мікроавтобус	18 – 23	0,575
2. Автобус місткості місткості місткості	малої місткості	35 – 45
	середньої	60 – 70
	великої	100 – 120
	зчленований	160 – 200
3. Тролейбус місткості	середньої	90 – 110
	зчленований	160 – 180
4. Трамвай великий	110 – 120	5,92
5. Трамвайний состав	220 – 240	12,0

Зміст заняття та вихідні дані до його виконання

Для заданого міста України (таблиця 1.5) виконати:

- 1) встановити приналежність міста до певної групи міст за чисельністю населення;
- 2) розрахувати річний обсяг пасажироперевезень та роботу транспорту;
- 3) вибрати один з варіантів схеми міського маршрутного пасажирського транспорту;
- 4) розрахувати необхідну кількість рухомого складу кожного з видів ММПТ згідно прийнятої схеми.

Дані про чисельність населення міста, його площу, геометричну конфігурацію забудови прийняти за відкритими даними у мережі Internet (Wikipedia, Google Maps тощо). Рівень автомобілізації населення прийняти для міст I групи 180 авт./1000 мешканців, для міст II групи 120 авт./1000 мешканців, для міст III групи 90 авт./1000 мешканців, для міст IV групи 50 авт./1000 мешканців, для міст V групи 25 авт./1000 мешканців.

Таблиця 1.5 – Вихідні дані до виконання практичного заняття 1

Варіант	Місто	Варіант	Місто
1	Одеса	14	Вінниця
2	Луцьк	15	Ужгород
3	Львів	16	Полтава
4	Бердянськ	17	Кам'янське
5	Миколаїв	18	Марганець
6	Нікополь	19	Кривий Ріг
7	Біла Церква	20	Житомир
8	Донецьк	21	Чернівці
9	Олександрія	22	Чернігів
10	Херсон	23	Маріуполь
11	Мелітополь	24	Калуш
12	Рівне	25	Кропивницький
13	Луганськ		

Приклад виконання завдання

Вибрати схему міського маршрутного пасажирського транспорту для міста Запоріжжя та розрахувати його необхідну кількість. Розрахунок виконуємо у заданій послідовності:

- 1) за даними відкритої енциклопедії Wikipedia у мережі Internet (www.wikipedia.org) встановлюємо, що населення міста Запоріжжя (станом на 01.03.2018 р.) складає $N = 744,3$ тис. мешканців, а його площа становить $F = 331,0$ км². Таким чином, Запоріжжя відноситься до II групи міст (населення 500–1000 тис. мешканців);
- 2) за таблицею 1.1 приймаємо річну маршрутну рухливість населення $P = 520$ поїздок/рік, коефіцієнт пересадочності

$k_{\text{пер}} = 1,2$. З урахуванням заданого рівня автомобілізації населення 120 авт./1000 мешканців за таблицею 1.2 приймаємо $\eta_a = 0,5$.

За аналізом даних відкритої картографічної інформації Google Maps (maps.google.com) визначаємо, що місто Запоріжжя має досить компактну забудову.

Розраховуємо середньодобовий обсяг пасажироперевезень за формулою (1.1):

$$A_{\text{п}} = \frac{520 \cdot 744,3}{365} \times 0,85 \cdot 0,5 = 450,7 \text{ тис. пас./добу.}$$

Розраховуємо середньодобовий обсяг транспортної роботи за формулою (1.2):

$$A_{\text{р}} = 450,7 \cdot \frac{5,87}{1,2} = 2204,7 \text{ тис. пас.-км/добу,}$$

де середня дальність поїздки пасажиром у місті за формулою (1.3) $l_{\text{сер}} = 0,85 \sqrt[3]{331,0} = 5,87 \text{ км.}$ (коефіцієнт компактності міської території $K = 0,85$).

- 3) з урахуванням вже наявних у місті видів транспорту, приймаємо наступний варіант системи ММПТ (таблиця 1.4):
 - автобус малої місткості (частка пасажироперевезень 15%);
 - тролейбус середньої місткості (частка пасажироперевезень 65%);
 - трамвай великий (частка пасажироперевезень 20%).
- 4) за формулою (1.4) з використанням даних таблиці 1.4 розраховуємо необхідну кількість рухомого складу у місті по видах транспорту для забезпечення необхідних обсягів пасажироперевезень. Результати розрахунку зручно звести у таблицю 1.6.

Таблиця 1.6 — Результати розрахунку

Вид транспорту	Пасажи́ро місткість, пас.	Добова продуктивність, $Q_{д}$, тис. пас.-км/добу	Частка транспортної роботи, %	Обсяг транспортної роботи, тис. пас.-км/добу	Розрахунок ва кількість рухомого складу N , од.
Автобус малий	35-45	2,64	15	330,7	126
Тролейбус середній	90-110	4,44	65	1433,1	323
Трамвай великий	110-120	5,94	20	440,9	75
Разом			100	2204,7	524

Таким чином, для забезпечення перевезень пасажирів у місті Запоріжжя орієнтовно необхідно мати 126 автобусів малої місткості, 323 тролейбуси середньої місткості та 75 великих трамваїв.

Контрольні запитання

1. На скільки груп за чисельністю наявного населення поділяють міста України?
2. Що таке *транспортна рухливість населення* і від чого вона залежить?
3. Як розраховується середньодобовий обсяг перевезень пасажирів і добова робота пасажирського транспорту у місті?
4. Від чого залежить і як розраховується середня дальність поїздки пасажира у місті?
5. Які види міського транспорту та які їх характеристики беруться до уваги при складенні системи міського маршрутного пасажирського транспорту у містах?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

РОЗРАХУНОК ТРИВАЛОСТІ ОЧІКУВАННЯ ПАСАЖИРАМИ ТРАНСПОРТУ НА ЗУПИНКАХ

Мета заняття: ознайомлення з чинниками, які впливають на середню тривалість очікування пасажиром транспорту на зупинці, та методикою її розрахунку.

Стисла теоретична довідка

Витрати часу пасажирів на очікування посадки у маршрутний транспортний засіб на зупинці у загальному випадку визначаються трьома чинниками: інтервалом руху на маршруті, точністю дотримання розкладу руху водіями (регулярності руху) та пасажиромісткістю транспортних засобів і розраховуються за формулою

$$T_{\text{оч}} = t_1 + t_2 + t_3, \quad (2.1)$$

де t_1 – витрати часу пасажирів на очікування внаслідок випадкового надходження останнього на зупинку, *хв.* Така ситуація, зазвичай, має місце при інтервалах руху, що не перевищують 10 *хв.*;

t_2 – додаткові витрати часу пасажирів на очікування, пов'язані з точністю дотримання розкладу руху водіями маршрутних транспортних засобів, *хв.*;

t_3 – додаткові витрати часу пасажирів на очікування, пов'язані з можливими відмовами у посадці внаслідок переповнення салону маршрутного транспортного засобу, *хв.*

Витрати часу пасажирів на очікування посадки у транспортний засіб внаслідок його випадкового надходження на зупинку залежать від планового (розрахункового інтервалу руху)

$$t_1 = \frac{1}{2}H, \quad (2.2)$$

де H — плановий (розрахунковий) інтервал руху на маршруті, *хв*.

Додаткові витрати часу пасажирів на очікування, пов'язані з точністю дотримання розкладу руху водіями маршрутних транспортних засобів, визначаються за формулою

$$t_2 = \frac{\sigma_H^2}{2H}, \quad (2.3)$$

де σ_H — стандартне відхилення фактичного інтервалу руху на маршруті від планового, що характеризує регулярність руху, *хв*.

Додаткові витрати часу пасажирів, що виникають внаслідок відмови пасажирів у посадці у транспортний засіб внаслідок переповнення салону останнього, визначаються за формулою

$$t_3 = P_{\text{відм}} \cdot H_{\text{еф}}, \quad (2.4)$$

де $P_{\text{відм}}$ — імовірність відмови пасажирів у посадці внаслідок обмеженої пасажиромісткості маршрутного транспортного засобу;
 $H_{\text{еф}}$ — так званий, ефективний інтервал руху на маршруті, *хв*.

Відповідні складові формули (2.4) визначаються таким чином:

$$P_{\text{відм}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{+\infty} e^{-\frac{y^2}{2}} dy, \quad \text{де } x = \frac{q + 0,5 - H \cdot \lambda}{\sqrt{H \cdot \lambda}}, \quad (2.5)$$

де q — номінальна пасажиромісткість одиниці рухомого складу, *пас.*;

λ — середня інтенсивність пасажиропотоку на перегоні, що передуватиме зупинці, *пас./хв*;

$$H_{\text{еф}} = H (1 + v_H^2), \quad (2.6)$$

де v_H — коефіцієнт варіації інтервалу руху на маршруті.

Для знаходження значення $P_{\text{відм}}$ можна скористатися графічною залежністю, наведеною на рис. 2.1.

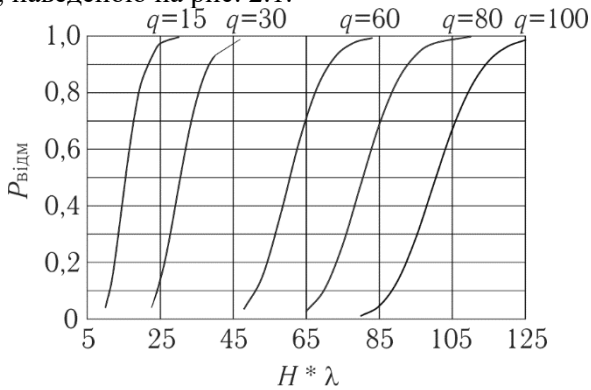


Рисунок 2.1 – Залежність $P_{\text{відм}} = f(q, H \cdot \lambda)$

Зміст заняття та вихідні дані до його виконання

Інтервали часу між послідовними прибуттями маршрутних транспортних засобів максимальною пасажиромісткістю q (пас.) на зупинку громадського транспорту задані рядом τ_i (хв.). Визначити середній час очікування посадки пасажирів у транспортний засіб, якщо інтенсивність надходження пасажирів на зупинку дорівнює λ (пас./хв.). Вихідні дані до виконання заняття наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 — Вихідні дані до виконання практичного заняття 2

Вар.	q , пас.	λ , пас./хв.	Інтервали прибуття транспортних засобів τ_i , хв.					
			τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5	τ_6
1	18	2,5	7	5	4	3	3	9
2	25	4,0	4	6	6	6	4	8
3	40	5,0	5	9	9	9	12	10
4	60	7,5	6	5	3	5	5	7
5	80	10,5	5	9	8	8	10	11
6	100	12,5	4	7	6	6	6	5
7	18	3,0	4	4	4	6	5	9

Кінець таблиці 2.1.

Вар.	q , пас.	λ , пас./хв.	Інтервали прибуття транспортних засобів τ_i , хв.					
			τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5	τ_6
8	25	4,2	2	7	12	8	9	10
9	40	5,5	6	9	7	7	3	7
10	60	9,0	4	4	4	6	6	5
11	80	12,0	10	7	6	4	6	4
12	100	15,0	8	12	12	7	7	2
13	18	3,5	5	5	5	7	2	2
14	25	5,1	6	9	9	6	5	10
15	40	6,5	8	12	10	6	9	9
16	60	7,0	14	5	5	5	5	7
17	80	14,0	8	6	8	6	7	4
18	100	13,4	9	10	12	12	10	6
19	18	2,0	5	5	6	9	2	10
20	25	3,8	12	8	8	8	12	9
21	40	3,5	7	7	5	8	6	6
22	60	7,3	5	3	3	4	3	8
23	80	9,6	5	4	9	8	6	2
24	100	20,1	4	4	4	3	6	6
25	18	1,5	7	5	9	9	9	9

Приклад виконання завдання

Розглянемо приклад виконання завдання для вихідних даних, наведених у таблиці.

q , пас.	λ , пас./хв.	Інтервали прибуття транспортних засобів τ_i , хв.					
		τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5	τ_6
35	4,5	6	4	5	9	10	10

1. Визначаємо плановий інтервал руху H , його стандартне відхилення σ_H , коефіцієнт варіації інтервалу руху v_H та ефективний інтервал руху маршрутних транспортних засобів на зупинці $H_{\text{еф}}$:

$$H = \frac{\sum_i \tau_i}{n} = \frac{44}{6} = 7,33 \text{ хв.}; \quad \sigma_H = \frac{\sqrt{\sum_i (\tau_i - H)^2}}{n} = 2,43 \text{ хв.};$$

$$v_H = \frac{\sigma_H}{H} = \frac{2,43}{7,33} = 0,33;$$

$$H_{\text{еф}} = H(1 + v_H^2) = 7,33(1 + 0,33^2) = 8,13 \text{ хв.}$$

2. Визначаємо імовірність відмови пасажирові у посадці внаслідок обмеженої пасажиромісткості маршрутного транспортного засобу $P_{\text{відм}}$, для чого розраховуємо добуток $H \cdot \lambda = 7,33 \cdot 4,5 = 33 \text{ пас.}$ За графіком на рис. 2.1 шляхом інтерполяції для $q = 35 \text{ пас.}$ та $H \cdot \lambda = 33 \text{ пас.}$ знаходимо $P_{\text{відм}} \approx 0,70$.

3. Визначаємо середній час очікування пасажирів на зупинці

$$T_{\text{оч}} = \frac{1}{2}H + \frac{\sigma_H^2}{2H} + P_{\text{відм}} \cdot H_{\text{еф}} = \frac{7,33}{2} + \frac{2,43^2}{2 \cdot 7,33} + 0,7 \cdot 8,13 = 9,76 \text{ хв.}$$

Контрольні запитання

1. Від яких чинників залежать витрати часу на очікування пасажиром посадки у маршрутний транспортний засіб на зупинці громадського транспорту?
2. Яким чином регулярність руху транспорту впливає на витрати часу пасажирів на зупинці?
3. Що таке *ефективний інтервал* руху і як він розраховується?
4. Від чого залежить і як визначається імовірність відмови пасажирові у посадці у маршрутний транспортний засіб внаслідок обмеженої пасажиромісткості останнього?
5. Які організаційно-технічні заходи з організації руху маршрутного транспорту ви могли би порекомендувати для зменшення витрат часу пасажирів на очікування на зупинках?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ТА МАРШРУТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА

Мета заняття: ознайомлення з показниками, що відбивають розвиток транспортної мережі та маршрутної системи міста та їх відповідності нормативним вимогам до проектування міської транспортної інфраструктури.

Стисла теоретична довідка

Транспортна мережа — це мережа магістральних вулиць і доріг міста, по яких можливе трасування ліній міського пасажирського транспорту загального користування. Транспортна мережа міста повинна задовольняти низці вимог, зокрема: забезпечувати зручні пасажирські зв'язки за найкоротшими відстанями між місцями проживання та місцями прикладення праці; транспортні лінії повинні проходити по напрямках найбільш потужних пасажирських потоків; довжина транспортних ліній повинна відповідати загальній площі міста та кількості транспортних засобів, що курсують на транспортній мережі; довжина транспортної мережі повинна бути мінімальною за умови максимального обслуговування території міста; забезпечувати необхідні швидкості сполучення, які гарантують нормативні витрати часу на пересування.

Розвиток міської транспортної мережі характеризується такими показниками:

- *Довжина транспортної мережі* (L_M , км) вимірюється по осями вулиць в одному з напрямків незалежно від кількості маршрутів громадського транспорту, що по ним проходять.
- *Щільність транспортної мережі* (ліній наземного громадського транспорту) — відношення довжини транспортної мережі L_M до площі забудованої (сельбищної) території міста F_c , км² (δ , км/км²), що розраховується за формулою

$$\delta = \frac{L_M}{F_c}. \quad (3.1)$$

За надто високої щільності транспортної мережі зменшується середня відстань підходу пасажирів до транспортних ліній, але при цьому збільшуються їх витрати на очікування транспорту і навпаки. Згідно ДБН Б.2.2–12:2018 «Планування і забудова територій», щільність ліній маршрутного пасажирського транспорту на забудованих територіях визначається з урахуванням їх функціонального призначення та інтенсивності пасажиропотоків у межах $1,5 \dots 2,5 \text{ км/км}^2$. У центральних районах найкрупніших та крупних міста щільність транспортної мережі допускається збільшувати до $3,5 \text{ км/км}^2$.

- *Середня дальність підходу пасажирів до транспортних ліній* ($l_{\text{л.сер.}}$, км) визначається за формулою

$$l_{\text{л.сер.}} = \frac{1}{3 \cdot \delta}. \quad (3.2)$$

- *Маршрутна система* — це сукупність маршрутів усіх видів маршрутного транспорту загального користування, що обслуговують задану територію. До маршрутної системи теж висувається низка вимог, зокрема: відповідати напрямам основних (найбільш сталих та потужних) пасажиропотоків; з'єднувати райони проживання з основними об'єктами тяжіння та центром міста, по можливості, за найкоротшими шляхами; забезпечувати мінімально можливу пересадочність сполучень.

Розвиток міської маршрутної системи характеризується такими показниками:

- *Довжина маршрутної мережі* ($L_{\text{мм}}$, км) визначається як сума довжин усіх маршрутів, тобто

$$L_{\text{мм}} = \sum_i l_{\text{Mi}}, \quad (3.3)$$

де l_{Mi} — довжина i -го маршруту, що визначається як середнє арифметичне довжин його траси маршруту у прямому та зворотному напрямках, км.

- *Коефіцієнт охоплення мережі* (k_0), що показує, яка частка вулиць міста охоплена маршрутною мережею, визначається за формулою

$$k_0 = \frac{L_M}{\sum_i l_{\text{вул.}}}, \quad (3.4)$$

де $\sum_i l_{\text{вул.}}$ — сумарна протяжність усіх вулиць міста, км.

- *Маршрутний коефіцієнт* (k_M) визначається за формулою

$$k_M = \frac{L_{MM}}{L_M}. \quad (3.5)$$

Маршрутний коефіцієнт чисельно відбиває середню кількість кілометрів маршрутною мережі, що припадає на 1 км транспортної мережі. Зазвичай, більші значення маршрутного коефіцієнту відповідають маршрутним мережам з меншою пересадочністю сполучень, однак при збільшенні величини k_M за незмінної пасажиромісткості транспортних засобів збільшується мережевий інтервал руху і, відповідно, витрати часу пасажирів на очікування транспорту на зупинках. Рекомендується приймати значення $k_M = 2,5 \dots 3,5$.

- *Середній коефіцієнт непрямолінійності* маршрутною системи розраховується за формулою

$$k_{\text{нп}}^{\text{мс}} = \frac{\sum_i k_{\text{нп}i} \cdot l_{\text{М}i}}{\sum_i l_{\text{М}i}}, \quad (3.6)$$

де $k_{\text{нп}i}$ — коефіцієнт непрямолінійності i -го маршруту, що визначається як відношення довжини маршруту $l_{\text{М}i}$ (км) до довжини між кінцевими зупинками цього маршруту за найкоротшою відстанню (повітряною лінією) l_{0i} (км)

$$k_{\text{нп}i} = \frac{l_{\text{м}i}}{l_{0i}}. \quad (3.7)$$

- *Середня відстань пішого підходу до зупинок* громадського транспорту визначається за формулою

$$l_{\text{зуп. сер.}} = k_{\text{нпп}}(l_{\text{л.сер.}} + 0,25l_{\text{пер.}}), \quad (3.8)$$

де $k_{\text{нпп}}$ – коефіцієнт непрямої лінійності пішого підходу пасажирів до зупинки (зазвичай приймається $k_{\text{нпп}} = 1,20 \dots 1,25$); $l_{\text{пер.}}$ — середня відстань між зупинками на лініях маршрутного пасажирського транспорту, км.

Середня відстань між зупинками встановлюється в залежності від групи міста та зони містобудівної цінності і складає для найкрупніших та крупних міст $l_{\text{пер.}} = 250 \dots 600$ м, для великих та середніх міст $l_{\text{пер.}} = 250 \dots 700$ м.

У зонах житлової забудови до зупинок маршрутного пасажирського транспорту необхідно забезпечувати нормативні відстані підходу пасажирів: у багатоповерховій житловій забудові не більше 500 м; у середньо-, малоповерховій та садибній забудові — 600 м; у промислових і комунально-складських зонах — 400 м від прохідних підприємств; у зонах масового відпочинку і спорту — 800 м від головного входу; від громадських об'єктів масового відвідування загальноміського центру — 250 м.

Зміст заняття та вихідні дані до його виконання

Для заданої маршрутної мережі умовного міста розрахувати показники розвитку транспортної та маршрутної мереж: довжину та щільність транспортної мережі, середню дальність підходу пасажирів до транспортних ліній, довжину маршрутної мережі, коефіцієнт охоплення мережі, маршрутний коефіцієнт, середній коефіцієнт непрямої лінійності маршрутної системи та середню відстань пішого підходу пасажирів до зупинок громадського транспорту.

Вихідні дані до виконання роботи прийняти в залежності від варіанта за табл. 3.1 та рис. 3.1.

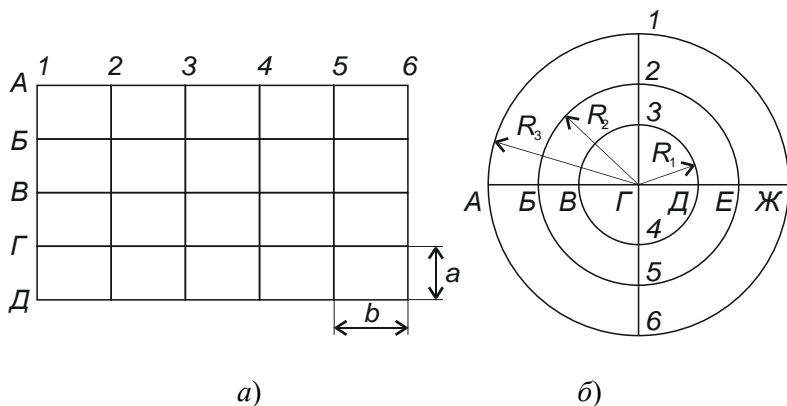


Рисунок 3.1 — Варіанти схем транспортної мережі міста

Таблиця 3.1 — Вихідні дані до виконання практичного заняття 3

Вар.	Схе- ма	a , км	b , км	R_1 , км	R_2 , км	R_3 , км	Маршрути	
							маршрут №1	маршрут №2
1	a	2	4	—	—	—	А1-А3-В3- В6-Д6	Г1-Г2-В2- В5-А5
2	b	—	—	2	4	5	А-Г-1-Ж	А-В-5-6-Ж
3	a	2	3	—	—	—	Б1-Б6-Г6	А5-Б5-Б1- Д1-Д4
4	b	—	—	1	3	6	А-В-4-Д-Е	А-Б-2-6-Ж
5	a	6	4	—	—	—	А3-А1-В1- В4-Д4-Д6	А1-Д1-Д3- Б3-Б6
6	b	—	—	2	3	5	1-А-Г-6	2-Е-Ж-6-Г
7	a	2	5	—	—	—	А4-Д4-Д1- Б1-Б2	А4-Г4-Г6- Д6
8	b	—	—	1	3	5	1-6-Ж-Д	1-Ж-6-А
9	a	4	2	—	—	—	А1-А2-Б2- Б3-В3-В5- Д5	А1-А3-В3- В6
10	b	—	—	1	4	5	А-Б-2-1-Ж	5-Б-2-Е-Д

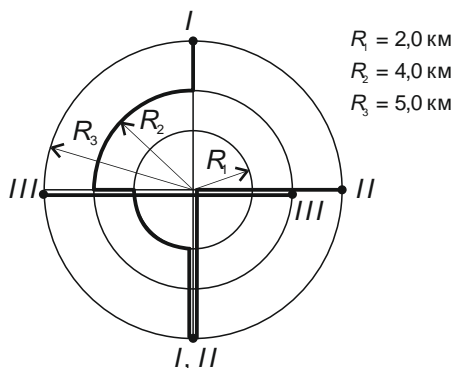
Кінець таблиці 3.1.

Вар.	Схе- ма	a , км	b , км	R_1 , км	R_2 , км	R_3 , км	Маршрути	
							маршрут №1	маршрут №2
11	a	3	1	–	–	–	Д1-Д4-А4- А2-Б2	Д1-Д4-В4- В6-А6
12	b	–	–	2	3	6	А-6-Г-Ж-1- 3	1-Г-Е-5-6-А
13	a	4	1	–	–	–	А1-Б1-Б5- Г5-Г6-Д6	А6-Д6-Д3- Б3-Б1-А1
14	b	–	–	1	4	6	А-1-Ж-6-Г	Г-5-Б-А-1-2
15	a	5	2	–	–	–	Г1-Г5-Д5- Д6-А6	А6-В6-В4- Г4-Г1-Д1
16	b	–	–	1	5	6	В-Б-5-6-Ж	1-2-Б-Г-6
17	a	3	5	–	–	–	А1-А6-Г6	А6-Д6-Д3- Б3-Б1
18	b	–	–	1	3	4	А-1-2-Е-Д- 4-Г	Ж-6-Г-А-1- 3
19	a	1	3	–	–	–	А1-А3-В3- В5-Д5-Д6	А6-Б6-Б3- В3-В2-Д2
20	b	–	–	2	4	6	1-Г-Д-4-6	1-Г-Б-5-Е-Ж
21	a	1	4	–	–	–	А2-Г2-Г5- В5-В6	А2-Г2-Г5- Д5-Д3
22	b	–	–	3	4	6	1-Г-6	1-2-Б-В-4-Д
23	a	3	3	–	–	–	А3-В3-В4- Д4-Д1	В1-Д1-Д5- Б5-Б6
24	b	–	–	4	5	6	А-В-4-Д-3-1	1-3-Д-Ж-6
25	a	4	4	–	–	–	А1-Д1-Д3- Г3-Г5	А1-Д1-Д5- Г5-Г6

Приклад виконання завдання

Для заданої схеми маршрутної мережі умовного міста (рис. 3.2), що має радіально-кільцеву планувальну структуру та обслуговується трьома маршрутами громадського транспорту (I, II та III) розрахувати: 1) довжину транспортної мережі L_M та її щільність δ ; 2) середню дальність підходу пасажирів до транспортних ліній $l_{л,сер.}$; 3) довжину

маршрутної мережі L_{MM} , коефіцієнт охоплення мережі k_0 , маршрутний коефіцієнт k_M ; 4) коефіцієнти непрямолінійності кожного з маршрутів та середній коефіцієнт непрямолінійності маршрутної системи k_{III}^{MC} ; 5) середню відстань підходу пасажирів до зупинок громадського транспорту $l_{зуп. сер.}$.



Послідовно розраховуємо:

- 1) сельбищну площу міста (припускаємо, що місто обмежене зовнішнім кільцем та уся його площа є сельбищною)

$$F_c = \pi \cdot R_3^2 = \pi \cdot 5^2 = 78,5 \text{ км}^2;$$

- 2) довжину транспортної мережі (сума довжин ділянок вулиць, що обслуговуються маршрутами громадського транспорту)

$$\begin{aligned} L_M &= 3 \cdot R_3 + (R_3 - R_2) + \frac{\pi \cdot R_2^2}{4} + \frac{\pi \cdot R_1^2}{4} = \\ &= 3 \cdot 5 + (5 - 4) + \frac{\pi \cdot 4^2}{4} + \frac{\pi \cdot 2^2}{4} = 31,71 \text{ км.} \end{aligned}$$

- 3) щільність маршрутної мережі знаходимо за формулою (3.1)

$$\delta = \frac{L_M}{F_c} = \frac{31,71}{78,5} = 0,404 \text{ км/км}^2;$$

- 4) середню дальність підходу пасажирів до транспортних ліній визначаємо за формулою (3.2)

$$l_{\text{л.сер.}} = \frac{1}{3 \cdot 0,404} = 0,825 \text{ км};$$

- 5) з геометричних міркувань визначаємо довжину кожного маршруту:

маршрут I:

$$\begin{aligned} l_{\text{м1}} &= R_3 - R_2 + \frac{\pi \cdot R_2^2}{4} + R_2 - R_1 + \frac{\pi \cdot R_1^2}{4} + R_3 - R_1 = \\ &= 5 - 4 + \frac{\pi \cdot 4^2}{4} + 4 - 2 + \frac{\pi \cdot 2^2}{4} + 5 - 2 = 21,7 \text{ км.} \end{aligned}$$

маршрут II: $l_{\text{м2}} = 2 \cdot R_3 = 2 \cdot 5 = 10,0 \text{ км};$

маршрут III: $l_{\text{м2}} = R_2 + R_3 = 4 + 5 = 9,0 \text{ км.}$

- 6) довжина маршрутної мережі дорівнює сумі довжин маршрутів, тобто

$$L_{\text{мм}} = 21,7 + 10,0 + 9,0 = 40,7 \text{ км.}$$

- 7) сумарна довжина вулиць міста

$$\begin{aligned} \sum_i l_{\text{вул.}} &= 2 \cdot \pi \cdot (R_1 + R_2 + R_3) + 4R_3 = \\ &= 2 \cdot \pi \cdot (2 + 4 + 5) + 4 \cdot 5 = 89,12 \text{ км.} \end{aligned}$$

- 8) коефіцієнт охоплення мережі розраховуємо за формулою (3.4):

$$k_0 = \frac{L_{\text{м}}}{\sum_i l_{\text{вул.}}} = \frac{31,71}{89,12} = 0,356;$$

9) маршрутний коефіцієнт мережі розраховуємо за формулою (3.5)

$$k_M = \frac{L_{MM}}{L_M} = \frac{40,7}{31,71} = 1,28 \text{ км/км};$$

10) розраховуємо коефіцієнти непрямолінійності кожного з маршрутів мережі:

для маршруту I: довжина маршруту за повітряною лінією (найкоротша відстань між його кінцевими зупинками)

$$l_{01} = 2 \cdot R_3 = 2 \cdot 5 = 10 \text{ км};$$

коефіцієнт непрямолінійності маршруту I

$$k_{нп1} = \frac{l_{M1}}{l_{01}} = \frac{21,7}{10,0} = 2,17;$$

для маршруту II: довжина маршруту за повітряною лінією

$$l_{02} = 2 \cdot R_3 \cdot \sin \frac{\pi}{4} = 7,07 \text{ км};$$

коефіцієнт непрямолінійності маршруту II

$$k_{нп2} = \frac{l_{M2}}{l_{02}} = \frac{10,0}{7,07} = 1,41;$$

для маршруту III довжина повітряної лінії дорівнює довжині маршруту, тож

$$k_{нп3} = \frac{l_{M3}}{l_{03}} = \frac{9,0}{9,0} = 1,0.$$

11) розраховуємо середній коефіцієнт непрямолінійності маршрутної системи в цілому за формулою (3.6)

$$k_{\text{нп}}^{\text{мс}} = \frac{\sum_i k_{\text{нп}i} \cdot l_{\text{Mi}}}{\sum_i l_{\text{Mi}}} = \frac{2,17 \cdot 10,0 + 1,41 \cdot 7,07 + 1,0 \cdot 9,0}{10 + 7,07 + 9} = 1,56;$$

- 12) визначаємо середню відстань підходу пасажирів до зупинок громадського транспорту за формулою (3.8), приймаючи коефіцієнт непрямої лінійності підходу пасажирів до зупинок $k_{\text{нп}} = 1,2$

$$l_{\text{зуп. сер.}} = 1,2(0,825 + 0,25 \cdot 0,4) = 1,11 \text{ км.}$$

Контрольні запитання

1. Дайте визначення *транспортної мережі* та *маршрутної системи* міста. Яким вимогам вони повинні відповідати?
2. Перелічіть показники, які характеризують розвиток транспортної системи міста та дайте їх визначення.
3. Якими показниками характеризується розвиток маршрутної системи міста? Як вони розраховуються?
4. Укажіть основні вимоги нормативних документів щодо щільності маршрутної мережі та відстаней підходу пасажирів до зупинок громадського транспорту у містах.
5. Що таке *коефіцієнт непрямої лінійності маршруту* та як він розраховується?
6. Дайте визначення маршрутного коефіцієнта. Що він характеризує та на що впливає його величина?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

РОЗОСЕРЕДЖЕННЯ ЗУПИНОЧНИХ ПУНКТІВ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Мета заняття: ознайомлення з методикою розосередження зупиночних пунктів міського маршрутного пасажирського транспорту з високою частотою руху.

Стисла теоретична довідка

Зупинки міського маршрутного пасажирського транспорту, як правило, розташовують поблизу перехресть міських вулиць та доріг чи посередині великих перегонів, якщо поруч знаходяться місця масового відвідування людей. Зупинки автобуса і тролейбуса слід розміщувати, як правило, за перехрестями, а трамвайні — до перехресть міських вулиць чи доріг.

На ділянках міських вулиць та доріг, де сумарна частота руху автобусів і тролейбусів перевищує 30 одиниць на годину, їхні зупинки слід розосереджувати. Спочатку за ходом руху розміщується тролейбусна, а потім — автобусна зупинка. Відстань між тролейбусним і автобусним посадочними майданчиками повинна бути не менше ніж 10,0 м. У деяких випадках на зупинках рухомий склад різних маршрутів одного виду транспорту може створювати перешкоди один одному за великої інтенсивності руху. У такому разі також використовують розосередження зупиночних пунктів, розділяючи маршрути на декілька груп, у кожному з яких включають маршрути з найбільш співпадаючими трасами.

Методика розосередження зупинок складається з 6 етапів.

1. Спочатку обчислюють середній інтервал руху на всіх маршрутах, які проходять через даний зупиночний пункт за формулою

$$I_{\text{сеп}} = \frac{1}{\sum_i \frac{1}{I_i}}, \quad (4.1)$$

де I_i – інтервал руху на i -му маршруті, хв.

2. Визначають середній час посадки-висадки пасажирів у розрахунку на один рейс. Для цього виконують хронометражні спостереження процесу пасажирообміну на зупинці або використовують аналітичні розрахунки.
3. Перевіряють виконання умови $T_3 < I_{\text{сер}}$ (якщо умова не виконується, то на зупиночному пункті наявні постійні затримки рухомого складу і розосередження, безумовно, необхідне). Якщо середній інтервал більш ніж у 8 разів перевищує T_3 , розосередження проводити недоцільно. Інакше виконують подальші розрахунки.
4. Визначають ймовірність $P(t > 1)$ того, що тривалість затримки автобуса чи тролейбуса через перешкоди, що створюють автобуси чи тролейбуси інших маршрутів, перевищить максимально припустимий інтервал, який дорівнює 1 хвилині

$$P(t > 1) = \frac{T_3}{I_{\text{сер}}} \exp \left[- \left(\frac{1}{T_3} - \frac{1}{I_{\text{сер}}} \right) \right]. \quad (4.2)$$

5. По знайдений ймовірності оцінюють доцільність розосередження зупиночних пунктів. Розосередження рекомендується за ймовірності більш ніж $P(t > 1) > 0,2$.
6. Якщо розосередження доцільне, визначають групи маршрутів і розрахунки повторюють для кожної з груп. Якщо в результаті виявляється, що розосередження зупиночних пунктів на дві групи не забезпечує задовільних результатів, маршрути розосереджують на три групи чи більше. Слід враховувати, що зупиночні пункти міського електричного транспорту не можна розташовувати у безпосередній близькості від секційних ізоляторів контактної мережі та стрілочних переводів контактної та рейкової мереж. При розосередженні необхідно перевіряти відповідність вимог державних будівельних норм щодо довжини посадочних майданчиків та їх розташування.

Зміст заняття та вихідні дані до його виконання

Зупинка міського транспорту обслуговується $n = 3$ автобусними маршрутами. Інтервал руху на i -му маршруті дорівнює I_i (хв.). Приймаючи тривалість простою маршрутних транспортних засобів кожного з маршрутів на зупинці рівною T_3 (хв.), виконати:

- визначити доцільність розосередження зупиночних пунктів маршрутів;
- у випадку, якщо розосередження доцільне, розробити рекомендації щодо групування маршрутів за зупиночними пунктами, розглянувши усі можливі варіанти.

Вихідні дані для виконання заняття по варіантах наведені у таблиці 4.1.

Приклад виконання завдання

Розглянемо приклад виконання завдання за таких вихідних даних: $I_1 = 7,0$ хв., $I_2 = 5,0$ хв., $I_3 = 5,0$ хв., $T_3 = 0,8$ хв.

1. За формулою (4.1) розраховуємо середній інтервал прибуття транспортних засобів на зупинку

$$I_{\text{сеп}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{I_i}} = \frac{1}{\frac{1}{7,0} + \frac{1}{5,0} + \frac{1}{5,0}} = 1,84 \text{ хв.}$$

2. Знаходимо відношення

$$\frac{I_{\text{сеп}}}{T_3} = \frac{1,84}{0,8} = 2,3.$$

Оскільки отримане значення $2,3 < 8$, то розрахунок продовжуємо.

3. За формулою (4.2) визначаємо імовірність $P(t > 1)$:

$$P(t > 1) = \frac{0,8}{1,84} \exp \left[- \left(\frac{1}{0,8} - \frac{1}{1,84} \right) \right] = 0,215.$$

Таблиця 4.1 — Вихідні дані до виконання практичного заняття 4

Варіант	I_1 , хв.	I_2 , хв.	I_3 , хв.	T_3 , хв.
1	8,2	3,6	1,4	0,7
2	2,7	7,7	7,9	0,8
3	5,8	5,9	3,7	1,3
4	2,2	1,9	7,5	0,8
5	2,2	8,9	7,1	0,6
6	6,6	9,6	5,0	1,4
7	8,5	7,6	3,6	0,7
8	4,7	6,2	9,0	1,2
9	3,1	8,2	9,0	0,8
10	5,2	4,0	9,5	0,9
11	7,6	8,7	1,8	0,8
12	9,2	3,7	6,3	1,1
13	8,6	2,1	4,0	0,6
14	7,8	7,7	8,2	1,1
15	7,4	6,8	9,2	1,5
16	6,4	8,0	6,5	1,1
17	2,2	4,9	6,7	1,0
18	6,8	3,1	8,8	1,1
19	6,2	2,9	5,5	0,8
20	6,3	1,4	4,6	0,6
21	2,9	1,7	2,3	0,6
22	2,3	8,6	7,4	0,7
23	6,6	3,6	5,0	1,0
24	2,7	9,2	2,6	1,1
25	6,0	3,2	6,0	1,0

Оскільки $P(t > 1) = 0,215 > 0,2$, розосередження зупинок є доцільним.

4. Розглядаємо чотири варіанти групування маршрутів по зупиночним пунктам:

варіант А: зупиночний пункт 1 – маршрут №1, зупиночний пункт 2 – маршрути №2 та №3;

варіант Б: зупиночний пункт 1 – маршрути №1 та №2, зупиночний пункт 2 – маршрут №3;

варіант В: зупиночний пункт 1 – маршрути №1 та №3, зупиночний пункт 2 – маршрут №2;

варіант Г: зупиночний пункт 1 – маршрут №1, зупиночний пункт 2 – маршрут №2, зупиночний пункт 3 – маршрут №3.

Для кожного з варіантів розраховуємо величину $P(t > 1)$ в залежності від маршрутів, що обслуговують кожний з зупиночних пунктів. $P(t > 1)$. Результати розрахунку наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 — Результати розрахунку

Варіант	Зупиночний пункт	$I_{\text{сер}}, \text{хв.}$	$P(t > 1)$
А	1	7,0	0,038
	2	2,5	0,137
Б	1	6,0	0,045
	2	5,0	0,056
В	1	6,0	0,045
	2	5,0	0,056
Г	1	7,0	0,038
	2	5,0	0,056
	3	5,0	0,056

Таким чином, кожен з можливих варіантів розосередження зупиночних пунктів забезпечує імовірність $P(t > 1) \leq 0,2$, відповідно, додаткового розосередження проводити не потрібно. Якщо можливі декілька варіантів розосередження, то слід обрати той, у якому:

- отримана менша кількість зупиночних пунктів;
- забезпечується їх більш рівномірне завантаження.

Для нашого прикладу за критерієм (a) вибираємо в якості можливих варіанти А, Б або В. Надалі з них за критерієм (b) кращим варіантом будуть рівнозначні варіанти Б або В, у яких різниця між максимальним и мінімальним значенням інтервалу руху дорівнює $6,0 - 5,0 = 1,0$ хв, що менше ніж у варіанті А, для якого це значення дорівнює $7,0 - 2,5 = 4,5$ хв.

Контрольні запитання

1. Наведіть рекомендації щодо місця та взаємного розташування зупинок міського громадського транспорту на вулично-дорожній мережі міста.
2. Через що і у якому випадку виникає необхідність розосередження зупиночних пунктів міських маршрутів громадського транспорту?
3. Як розраховується середній мережевий інтервал руху для групи маршрутів на їх спільному зупиночному пункті?
4. Викладіть порядок розрахунків розосередження зупиночних пунктів на міських маршрутах громадського транспорту.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

РОЗРАХУНОК МАТРИЦІ МІЖРАЙОННИХ ПАСАЖИРСЬКИХ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ

Мета заняття: ознайомлення з методикою прогнозування пасажирських перевезень методом взаємних кореспонденцій транспортних районів.

Стисла теоретична довідка

Для прогнозування перевезень пасажирів у містах використовують три групи методів:

- 1) *детерміновані*, які розглядають пересування у вигляді однозначної функції визначальних факторів;
- 2) *імовірнісні*, які розглядають пересування у вигляді випадкових величин, що підкоряються статистичним закономірностям;
- 3) *евристичні*, що визначають динаміку обсягів пасажирських перевезень на підставі евристичного прогнозування.

У основі більшості методів прогнозування обсягів пасажирських перевезень у містах покладений розрахунок кореспонденцій між окремими зонами i та j — транспортними районами (ТР). В основі транспортного розрахунку методом взаємного кореспондування ТР лежить умовна заміна суцільної міської структури з множиною точок зародження та поглинання пасажиропотоків еквівалентною їй дискретною, що містить обмежену кількість таких точок. Для цього територію міста поділяють на ТР та вводять дві гіпотези: всі кореспонденції поділяють на внутрішньорайонні та міжрайонні; приймають що внутрішньорайонні кореспонденції замикаються у межах ТР та не перетинають їх границь, а міжрайонні — здійснюються між центрами ТР.

При транспортному районуванні території міста, зазвичай, враховують наступні рекомендації:

- великі пасажиротвірні та пасажиропоглинаючі пункти (залізничні станції, станції метрополітену, прохідні великих промислових підприємств) виділяють у окремі ТР;

- кожен з ТР повинен представляти собою зону впливу групи зупиночних пунктів наземного пасажирського транспорту загального користування;
- лінії транспортної мережі повинні бути, як правило, осями симетрії ТР, а їх межами — бісектриси кутів, що утворюють транспортні лінії у вузлах транспортної мережі та геометричні місця точок, рівновіддалених від транспортних ліній за пішохідною доступністю, або природні границі (лінії відведення залізниць, набережні тощо);
- кількість ТР рекомендується приймати: для міст з населенням до 200 тис. мешканців — 30 – 35; 250 – 400 тис. мешканців — 35 – 60; 400 – 700 тис. мешканців — 60 – 80; 700 – 1000 мешканців — 80 – 100; понад 1 млн. мешканців — 100 та більше. За необхідності ТР укрупнюють, при цьому керуючись принципом компактності, згідно з яким форма компактного ТР наближається до кола;
- при віддаленні від центральної частини міста площа розрахункових ТР поступово збільшується від (від 0,4 – 4 км² у центрі, 4 – 10 км² у середній частині міста та понад 10 км² у периферійній частині міста);
- за центр тяжіння ТР зазвичай приймають його головний транспортний вузол.

Після виконання процедури транспортного районування території міста досліджується структура кожного з отриманих ТР (промисловий, житловий, адміністративний, змішаний), встановлюється склад їх населення за соціальними групами (працівники, службовці, учні, несамодіяльне населення), підрахунок кількості населення кожної групи, потреби у робочій силі кожного з підприємств транспортного району, пропускної спроможності підприємств культурно-побутової сфери. В результаті отримують *транспортну місткість* кожного з ТР по відправленням H_i^B та прибуттям $H_i^П$ у кількості пасажирів за встановлений розрахунковий період часу.

Надалі визначають відстані між центрами тяжіння ТР та *складність сполучення* між кожною парою ТР. Складність сполучення представляє собою час, що витрачається пасажиром на переміщення

між відповідною парою транспортних районів, включаючи час на піший підхід пасажира до зупинки посадки та від зупинки виходу до місця призначення, час очікування транспорту на зупинці посадки, тривалість руху у транспорті та час, що витрачається на пересадки. Для спрощення розрахунків тривалість пішохідних пересувань та очікування транспорту приймають однаковими для усіх транспортних районів виходячи з розвитку існуючої або проекрованої маршрутної мережі та на підставі встановленого маршрутного (якщо ТР зв'язані одним маршрутом) або мережевого (якщо ТР зв'язані декількома маршрутами) інтервалів руху. Тривалість поїздки у транспорті приймають на підставі встановленої відстані між центрами тяжіння ТР l_{ij} (км) та швидкості сполучення прийнятих видів міського транспорту v_c (км/год)

$$t_{ij} = \frac{l_{ij}}{v_c}. \quad (5.1)$$

Результати транспортного районування, розрахунку ємностей ТР за прибуттями та відправленнями та значення відстані між центрами тяжіння ТР (або значення складності сполучення між ТР) зводять до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Ємності ТР та відстань між їх центрами тяжіння

Райони прибуття i	Райони відправлення i				Ємність ТР з прибуття, $pac.$
	Відстань між ТР l_{ij} , км.				
	1	2	...	n	
1	l_{11}	l_{12}	...	l_{1n}	$H_1^П$
2	l_{21}	l_{22}	...	l_{2n}	$H_2^П$
...
n	l_{n1}	l_{n2}	...	l_{nn}	$H_n^П$
Ємність ТР з відправлення, $pac.$	H_1^B	H_2^B	...	H_n^B	

Середню відстань внутрішньорайонних переміщень (діагональні значення у таблиці 5.1) можна орієнтовно розрахувати за формулою

$$l_{ii} \approx 0,7\sqrt{F_{\text{ТР}}}, \quad (5.2)$$

де $F_{\text{ТР}}$ – сельбишна площа транспортного району, км².

Після цього визначають розрахункові кореспонденції між кожною парою ТР за відправленнями (рис. 5.1, а) або прибуттями (рис. 5.1, б).

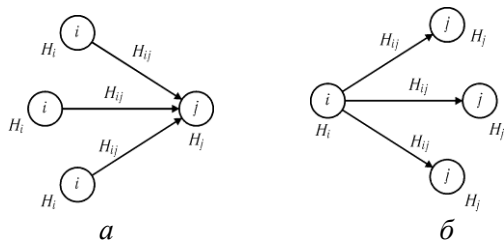


Рисунок 5.1 — Схеми транспортних розрахунків за відправленнями (а) та прибуттями (б)

При цьому для розрахунку кореспонденцій між ТР необхідно задатися, так званою, *функцією тяжіння* між ними d_{ij} . Функція тяжіння є математичною моделлю розподілу поїздок за відстанями, на які ці поїздки виконуються. Ця функція може враховувати відстань або складність сполучення між ТР ($d_{ij} = f(l_{ij})$ чи $d_{ij} = f(t_{ij})$) або не враховувати її (рівномірний розподіл поїздок за дальністю).

Розрахункові кореспонденції між транспортними районами визначаються за формулами:

– при розрахунках за прибуттями

$$H_{ij} = \frac{k_i \cdot H_j \cdot d_{ij}}{\sum_k k_i \cdot d_{ij}}, \quad (5.3)$$

– при розрахунках за відправленнями

$$H_{ji} = \frac{k_j \cdot H_i \cdot d_{ij}}{\sum_k k_j \cdot d_{ij}}, \quad (5.4)$$

де H_{ij}, H_{ji} – розрахункові пасажирські кореспонденції між ТР i та j ;
 k_j ;

k_i – нормувальні множники для балансування кореспонденцій;

d_{ij} – значення функції тяжіння між ТР i та j .

При виконанні розрахунків з використанням не рівномірної моделі функції тяжіння виникає необхідність *балансування* пасажирських кореспонденцій, оскільки не виконується умова рівності сумарної кількості пасажирів, що залишають ТР, їх ємності з відправлення (при розрахунках за прибуттями) або умова рівності сумарної кількості пасажирів, що прибувають до ТР (при розрахунках за відправленнями). Балансування матриці кореспонденцій рекомендується виконувати, наприклад, ітераційним методом *Шацького*.

Зміст заняття та вихідні дані до його виконання

Для міста з $n = 3$ транспортними районами розрахувати матрицю міжрайонних кореспонденцій (внутрішньорайонних та міжрайонних) методом їх взаємного кореспондування. Топологічна схема взаємного розташування транспортних районів за варіантами наведена на рис. 5.2, а їх ємності за прибуттями та відправленнями наведені у таблиці 5.2. При розрахунках прийняти значення функції тяжіння за гіперболічною функцією $d_{ij} = 1/l_{ij}$, де l_{ij} — відстань між центрами тяжіння транспортних районів, км. Прийняти дальність внутрішньорайонних кореспонденцій пасажирів рівною $l_{ii} = 1,0$ км. Балансування матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій виконати ітераційним методом Шацького з точністю $\varepsilon = 5\%$. Розрахунок виконати за відправленнями (непарні варіанти завдань) або прибуттями (парні варіанти завдань).

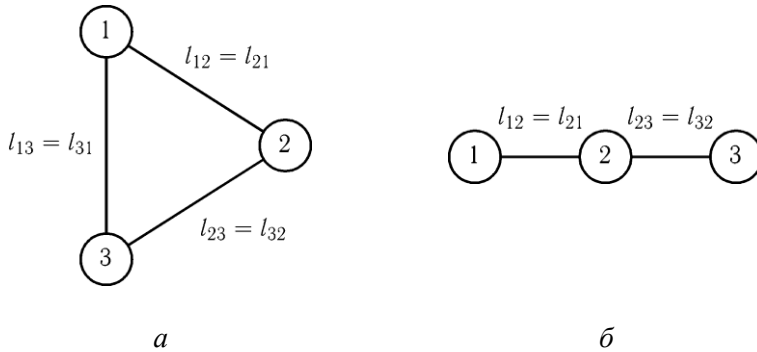


Рисунок 5.2 — Схема взаємного розташування ТР

Таблиця 5.2 – Вихідні дані до виконання практичного заняття №5

Варіант	Схема (рис. 5.2)	Ємності транспортних районів, тис. пас.						Відстань, км.		
		за відправленнями			за прибуттями					
		1	2	3	1	2	3	l_{12}	l_{13}	l_{23}
1	а	200	300	500	250	450	300	5	2	4
2	б	150	400	50	300	300	300	4	–	6
3	а	250	250	400	100	400	400	8	5	4
4	б	350	50	100	200	200	100	7	–	2
5	а	180	200	120	100	350	50	4	7	8
6	б	75	800	125	350	150	500	5	–	4
7	а	100	100	800	700	150	150	3	6	4
8	б	240	220	40	170	230	100	6	–	3
9	а	210	120	170	80	240	180	2	6	5
10	б	125	225	50	130	130	140	8	–	5
11	а	40	70	90	100	50	50	3	3	7
12	б	400	100	500	50	50	900	4	–	7
13	а	150	150	200	200	100	200	4	5	6
14	б	320	80	100	125	150	225	3	–	8
15	а	400	250	250	150	250	500	7	3	5
16	б	90	310	150	130	180	240	5	–	2
17	а	600	300	100	100	200	700	4	4	6

Кінець таблиці 5.2.

Варіант	Схема (рис. 5.2)	Ємності транспортних районів, тис. пас.						Відстань, км.		
		за відправленнями			за прибуттями					
		1	2	3	1	2	3	l_{12}	l_{13}	l_{23}
18	б	220	250	30	175	175	150	2	–	4
19	а	400	300	300	250	250	500	5	1	5
20	б	275	200	400	190	420	265	6	–	5
21	а	45	150	100	180	15	100	4	5	6
22	б	270	130	600	100	800	100	7	–	3
23	а	450	350	200	300	200	400	2	3	4
24	б	300	250	450	650	200	150	4	–	8
25	а	225	480	95	200	400	200	7	6	3

Приклад виконання завдання

Розрахувати матрицю міжрайонних та внутрішньорайонних пасажирських кореспонденцій методом взаємного кореспондування транспортних районів за схемою, наведеною на рис. 5.2, а. Ємності транспортних районів за прибуттям та відправленням та відстані між центрами тяжіння транспортних районів наведені у таблиці.

Ємності транспортних районів, тис. пас.						Відстань, км.		
за відправленнями			за прибуттями					
1	2	3	1	2	3	l_{12}	l_{13}	l_{23}
200	300	200	400	175	125	3	5	4

Прийняти функцію тяжіння для зв'язків транспортних районів $d_{ij} = 1/\sqrt{l_{ij}}$, де l_{ij} – відстань між центрами тяжіння транспортних районів, км. Дальність внутрішньорайонних пасажирських кореспонденцій прийняти рівною $l_{ii} = 1,0$ км. Розрахунок кореспонденцій виконати за прибуттями (5.3). Точність розрахунків $\varepsilon = 5,0\%$.

Розв'язок.

1. Складемо початкову розрахункову таблицю 5.3. (див. табл. 5.1). До неї заносимо ємності ТР з прибуття та відправлення та відстані між центрами тяжіння ТР згідно вихідних даних та прийнятої дальності внутрішньорайонних кореспонденцій.

Таблиця 5.3 – Ємності ТР та відстань між їх центрами тяжіння

Райони прибуття i	Райони відправлення i			Ємність ТР з прибуття, $пас.$
	Відстань між ТР l_{ji} , км.			
	1	2	3	
1	1,0 (1,0)	3,0 (0,577)	5,0 (0,447)	400
2	3,0 (0,577)	1,0 (1,0)	4,0 (0,500)	175
3	5,0 (0,447)	4,0 (0,500)	1,0 (1,0)	125
Ємність ТР з відправлення, $пас.$	200	300	200	

2. На підставі відомих відстаней між центрами ТР розраховуємо значення функції тяжіння для кожної пари ТР. Результати заносимо до розрахункової таблиці 5.3 (наведені у дужках у відповідних клітинках). Наприклад, значення функції тяжіння між ТР 1 та 3 дорівнює $d_{13} = 1/\sqrt{l_{13}} = 1/\sqrt{5,0} = 0,447$.
3. Розраховуємо кореспонденції за *прибуттями*, використовуючи на кожній ітерації модифікацію формули (5.3)

$$H_{ij(z)} = H_j \times \frac{k_{i(z)} \cdot H_i \cdot d_{ij}}{\sum_n k_{i(z)} \cdot H_i \cdot d_{ij}} \quad (5.5)$$

де $H_{ij(z)}$ – пересування, які беруть участь у кореспонденціях між ТР i та j (за розрахунками на z -й ітерації); H_j — задана ємність j -го ТР за прибуттями; $k_{i(z)}$ — нормувальні множники на z -й ітерації; n — задана кількість ТР.

Нульова ітерація ($z = 0$).

Покладаючи усі нормувальні множники $k_{i(0)} = 1$, за формулою (5.5) розраховуємо кореспонденції $H_{ij(0)}$. Результати розрахунку зводимо до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 — Результати розрахунку кореспонденцій (нульова ітерація)

Райони прибуття j	Райони відправлення i			$\sum_j H_{ij(0)}$	H_j
	1	2	3		
1	173	150	77	400	400
2	39	102	34	175	175
3	25	43	57	125	125
$\sum_i H_{ij(0)}$	237	295	168		
H_i	200	300	200		
$k_{i(1)}$	0,844	1,017	1,190		

Наприклад, розраховкові значення кореспонденції за прибуттям до ТР $j = 1$ (перший рядок таблиці 5.4) складають:

– з району $i = 1$ (внутрішньорайонні кореспонденції)

$$H_{11(0)} = 400 \times \frac{1,0 \cdot 200 \cdot 1,0}{200 \cdot 1,0 + 300 \cdot 0,577 + 200 \cdot 0,447} = 173 \text{ пас.};$$

– з району $i = 2$

$$H_{21(0)} = 400 \times \frac{1,0 \cdot 300 \cdot 0,577}{200 \cdot 1,0 + 300 \cdot 0,577 + 200 \cdot 0,447} = 150 \text{ пас.};$$

– з району $i = 3$

$$H_{31(0)} = 400 \times \frac{1,0 \cdot 200 \cdot 0,447}{200 \cdot 1,0 + 300 \cdot 0,577 + 200 \cdot 0,447} = 77 \text{ пас.}$$

Аналогічним чином розраховуємо кореспонденції по прибуттю до ТР $j = 2$ та $j = 3$. Після цього підраховуємо по розрахованих

результатах сумарні відправлення та прибуття для кожного з ТР. При цьому кількість кореспонденцій, що прибувають до ТР обов'язково повинна дорівнювати їх ємності з прибуття (контроль розрахунків). А от сумарна кількість кореспонденцій, що відправляються з кожного ТР не дорівнює їх ємності з відправлення (наприклад, загалом з ТР $i = 1$ відправляється 237 пасажирів, при тому як його місткість з відправлення дорівнює 200 пасажирів). Для усунення цього використовуємо ітераційну процедуру балансування матриці кореспонденцій методом *Шацького*. Для цього на кожній ітерації (окрім нульової) розраховуємо нормувальні множники за формулами:

– при розрахунках за *прибуттями* (нормувальні множники стовпчиків)

$$k_{i(z+1)} = \frac{H_i}{\sum_i H_{ij(z)}}; \quad (5.6)$$

– при розрахунках за *відправленнями* (нормувальні множники рядків)

$$k_{j(z+1)} = \frac{H_j}{\sum_j H_{ij(z)}}, \quad (5.7)$$

де $k_{i(z+1)}$ та $k_{j(z+1)}$ – нормувальні множники на $z + 1$ ітерації;
 z – номер попередньої ітерації.

Балансування зазвичай ведуть до заданої точності, тобто до задоволення таких умов (для усіх рядків та стовпчиків матриці кореспонденцій):

$$\delta_i = \left| 1 - \frac{H_i}{\sum_i H_{ij(z)}} \right| \leq \varepsilon; \quad \delta_j = \left| 1 - \frac{H_j}{\sum_j H_{ij(z)}} \right| \leq \varepsilon. \quad (5.8)$$

Після нульової ітерації маємо: $\delta_1 = |1 - 200/237| = 0,156$;
 $\delta_2 = |1 - 300/295| = 0,017$; $\delta_3 = |1 - 200/168| = 0,190$.

Таким чином, умова точності у 5% не виконується для ТР 1 та 3.

Перша ітерація ($z = 1$).

За (5.6) розраховуємо нормувальні множники для кожного зі стовпчиків таблиці 5.4 (при розрахунках за відправленнями нормувальні множники визначаються для кожного рядка матриці кореспонденцій):

$$k_{1(1)} = \frac{200}{237} = 0,844; \quad k_{2(1)} = \frac{300}{295} = 1,017; \quad k_{3(1)} = \frac{200}{168} = 1,190.$$

Результати розрахунку матриці кореспонденцій між ТР після першої ітерації наведені у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Результати розрахунку кореспонденцій (перша ітерація)

Райони прибуття j	Райони відправлення i			$\sum_j H_{ij(0)}$	H_j
	1	2	3		
1	150	156	94	400	400
2	33	102	40	175	175
3	20	41	64	125	125
$\sum_i H_{ij(0)}$	203	299	198		
H_i	200	300	200		

Наприклад, розраховку значення кореспонденції за прибуттям до ТР $j = 1$ (перший рядок таблиці 5.5) складають:

– з району $i = 1$ (внутрішньорайонні кореспонденції)

$$H_{11(1)} = 400 \times \frac{1 \cdot 200 \cdot 0,844}{200 \cdot 1 \cdot 0,844 + 300 \cdot 0,577 \cdot 1,017 + 200 \cdot 0,447 \cdot 1,19} = 150 \text{ пас;}$$

– з району $i = 2$

$$H_{21(1)} = 400 \times \frac{0,577 \cdot 300 \cdot 1,017}{200 \cdot 1 \cdot 0,844 + 300 \cdot 0,577 \cdot 1,017 + 200 \cdot 0,447 \cdot 1,19} = 156 \text{ пас;}$$

– з району $i = 3$

$$H_{31(1)} = 400 \times \frac{0,447 \cdot 200 \cdot 1,19}{200 \cdot 1 \cdot 0,844 + 300 \cdot 0,577 \cdot 1,017 + 200 \cdot 0,447 \cdot 1,19} = 94 \text{ пас.}$$

Після першої ітерації маємо: $\delta_1 = |1 - 200/203| = 0,015$;
 $\delta_2 = |1 - 300/299| = 0,003$; $\delta_3 = |1 - 200/198| = 0,010$.

Таким чином, умова точності у 5% ($\delta_i \leq 0,05$) виконується для усіх ТР.

Контрольні запитання

1. Які групи математичних методів застосовують для прогнозування перевезень пасажирів у містах? У чому полягає їх подібність та відмінність?
2. На яких принципах, припущеннях і гіпотезах побудований транспортний розрахунок методом взаємного кореспондування транспортних районів?
3. Що таке *транспортний* район? Викладіть рекомендації щодо транспортного районування території міста.
4. Яким чином визначається місткість транспортних районів з прибуття та відправлення?
5. Що таке складність сполучення? З яких складових вона складається?
6. Що визначає функція тяжіння між транспортними районами?
7. Викладіть принцип балансування матриці пасажирських кореспонденцій ітераційним методом Шацького.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

ОЦІНКА ЯКОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ МІСТА

Мета заняття: ознайомлення з методикою оцінки якості транспортного обслуговування мешканців міста міським маршрутним транспортом загального користування.

Стисла теоретична довідка

Загальним критерієм якості надання транспортних послуг міським громадським транспортом у містах є забезпечення поїздок пасажирів з мінімальними витратами часу. Показник якості транспортного обслуговування населення в містах може бути виражений *коефіцієнтом якості транспортного обслуговування* $k_{я}$, який є відношенням величини витрат часу на поїздку в теоретично абсолютних комфортних умовах $t_{к}$ до витрат часу на поїздку у реальних (фактичних) умовах $t_{ф}$, тобто

$$k_{я} = \frac{t_{к}}{t_{ф}}. \quad (6.1)$$

На підставі отриманого значення коефіцієнта якості можна зробити висновок щодо рівня якості надання транспортних послуг пасажиром (таблиця 6.1). Розрахунковий час поїздки пасажирів в години «пік» в «теоретично абсолютно комфортних умовах» визначається за формулою

$$t_{к} = 11,75 + 3 \times (1,2 + 0,17\sqrt{F}), \quad (6.2)$$

де F – площа території міста, км².

Фактичний час поїздки в години «пік» в реальних умовах визначається за елементами складових часу поїздки пасажирів з

врахуванням параметрів, що фактично склалися на маршрутній мережі.

Таблиця 6.1 — Значення коефіцієнтів якості обслуговування

Категорія міст	Рівень обслуговування	Значення коефіцієнта якості обслуговування k_n	
		у годину «пік»	за середньодобовими показниками
I	відмінний	від 0,80 та вище	від 0,78 та вище
	добрий	0,65 ... 0,80	0,62 ... 0,78
	задовільний	0,51 ... 0,65	0,50 ... 0,62
	незадовільний	нижче 0,51	нижче 0,62
II	відмінний	від 0,84 та вище	від 0,83 та вище
	добрий	0,68 ... 0,84	0,66 ... 0,83
	задовільний	0,54 ... 0,68	0,53 ... 0,66
	незадовільний	нижче 0,54	нижче 0,53
III	відмінний	від 0,89 та вище	від 0,88 та вище
	добрий	0,72 ... 0,89	0,70 ... 0,88
	задовільний	0,58 ... 0,72	0,57 ... 0,72
	незадовільний	нижче 0,58	нижче 0,57
IV	відмінний	від 0,94 та вище	від 0,94 та вище
	добрий	0,77 ... 0,94	0,75 ... 0,94
	задовільний	0,61 ... 0,77	0,60 ... 0,75
	незадовільний	нижче 0,61	нижче 0,60

Час, витрачений пасажиром на поїздку, включає такі елементи:

- підхід пасажирів до зупинки і з місця висадки до місця призначення $t_{\text{під}}, \text{хв.};$
- очікування транспорту на зупинці посадки $t_{\text{оч}}, \text{хв.};$
- поїздка пасажирів у транспортному засобі $t_{\text{рух}}, \text{хв.};$
- пересадка на шляху прямування на інший маршрут $t_{\text{пер}}, \text{хв.};$
- очікування транспорту на зупинці посадки внаслідок відмов у посадці через переповнення салону транспортного засобу $t_{\text{від}}, \text{хв.}$

Час на підхід пасажирів на зупинку та його відхід з місця висадки до місця призначення визначається за формулою

$$t_{\text{під}} = 0,0075 \left(\frac{2000}{\delta} + \frac{1000 \cdot L_{\Sigma}}{N_{\text{зуп}}} \right), \quad (6.3)$$

де $\delta = \frac{L_M}{F}$ – щільність маршрутної мережі, км/км²;
 L_M – сумарна довжина вулиць, по яких прокладені маршрути громадського транспорту, км;
 L_{Σ} – сумарна довжина маршрутів, км;
 $N_{\text{зуп}}$ – кількість зупинок на маршрутній мережі.

Час очікування транспорту на зупинці посадки визначається за формулою

$$t_{\text{оч}} = \frac{\bar{i}}{2} \left[1 + \left(\frac{1}{k_r} - k_{\text{я.р.}} \right) \times \left(\frac{\Delta i}{\bar{i}} \right)^2 \right], \quad (6.4)$$

де \bar{i} – середня величина інтервалу руху маршрутного транспорту на маршрутах, хв.;
 Δi – середнє відхилення фактичних моментів часу прибуття транспортних засобів на контрольні зупинки від моментів часу, передбачених розкладом руху, хв.

Для автобусів приймається рівним $\Delta i = 3,0$ хв.; k_r – коефіцієнт графічності руху; $k_{\text{я.р.}}$ – коефіцієнт якості руху.

Час, що витрачається пасажиром на поїздку у транспорті, визначається за формулою

$$t_{\text{рух}} = \frac{60 \cdot l_{\text{сер}} \cdot \alpha}{v_c}, \quad (6.5)$$

де $l_{\text{сер}}$ – середня дальність поїздки пасажирів у місті, км;
 α – коефіцієнт пересадочності;
 v_c – швидкість сполучення, км/год.

Величина коефіцієнта пересадочності поїздок приймається в залежності від групи (чисельності населення) міста: I (1 млн. мешканців та більше) $\alpha = 1,4$; II (від 500 тис. до 1 млн. мешканців) $\alpha = 1,3$; III (від 250 тис. до 500 тис. мешканців) $\alpha = 1,2$; IV (до 250 тис. мешканців $\alpha = 1,1$).

Час, що витрачається пасажиром на пересадки на інші маршрути на шляху прямування, визначається за формулою

$$t_{\text{пер}} = (\alpha - 1)(0,015 l_{\text{пер}} + t_{\text{оч}}), \quad (6.6)$$

де $l_{\text{пер}}$ – середня відстань пішого переходу пасажиром між зупинками при пересадці, м.

Час очікування пасажиром посадки у транспортний засіб внаслідок відмов у посадці через перевантаження рухомого складу визначається за формулою

$$t_{\text{від}} = 30\alpha \left(2 - k_{\text{г}} - \frac{1}{\gamma_{\text{д}}} \right), \quad (6.7)$$

де $\gamma_{\text{д}}$ – динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості рухомого складу у години «пік».

Зміст заняття та вихідні дані до його виконання

На підставі даних про фактичні показники роботи маршрутного транспорту загального користування у місті за ранкові години «пік» та показників розвитку маршрутної мережі міста визначити коефіцієнт та встановити рівень якості надання транспортних послуг пасажиром за вихідних даних, наведених у таблиці 6.2.

Приклад виконання завдання

Визначити коефіцієнт якості надання транспортних послуг пасажиром міського громадського транспорту та встановити його рівень для міста II групи з чисельністю населення 772 тис. мешканців за таких вихідних даних:

- площа території міста $F = 254,0 \text{ км}^2$;
- довжина маршрутної мережі $L_{\text{м}} = 960 \text{ км}$;
- кількість зупинок на маршрутній мережі $N_{\text{зуп}} = 582$;
- коефіцієнт графічності руху $k_{\text{г}} = 0,85$;
- коефіцієнт якості руху $k_{\text{я.р.}} = 0,80$;
- середня відстань поїздки пасажира $l_{\text{сер}} = 7,42 \text{ км}$;
- середня відстань пішого переходу при пересадці $l_{\text{пер}} = 120 \text{ м}$;
- середній мережевий інтервал руху $\bar{i} = 6,25 \text{ хв.}$;
- швидкість сполучення $v_{\text{с}} = 22,5 \text{ км/год.}$;
- середній коефіцієнт динамічного використання пасажиромісткості рухомого складу $\gamma_{\text{д}} = 0,65$.

Таблиця 6.2 — Вихідні дані до виконання практичного заняття 6

Варіант	Група міст	Площа міста F , кв. км	Довжина мережі L_m , км	Кількість вулиць $N_{\text{вул}}$	Коефіцієнт графічності руху k_g	Коефіцієнт якості руху $k_{\text{я.р.}}$	Середня відстань поїздки $l_{\text{серп}}$ км	Відстань переходу $l_{\text{пер}}$, м	Середній інтервал руху \bar{t} , хв.	Швидкість сполучення $v_{\text{сп}}$, км/год	Коефіцієнт динам. викор. містк. η_d
1	I	420	840,0	1694	0,83	0,73	20,60	152	11,4	13,6	0,59
2	II	400	560,0	1181	0,69	0,82	7,00	141	7,8	13,3	0,67
3	III	155	201,5	458	0,85	0,70	4,70	154	6	15,4	0,48
4	IV	65	97,5	196	0,94	0,89	3,10	181	14,9	16,4	0,50
5	I	550	990,0	1864	0,67	0,92	20,40	108	14	17,7	0,49
6	II	320	576,0	1415	0,77	0,72	11,90	151	11,7	20,2	0,54
7	III	113	282,5	590	0,85	0,98	7,70	33	11,3	15,5	0,63
8	IV	51	102,0	224	0,76	0,92	3,90	159	9,6	20,9	0,74
9	I	610	976,0	2341	0,86	0,76	21,80	25	13,7	13,8	0,43
10	II	280	364,0	679	0,91	0,75	11,50	195	14,3	19,0	0,87
11	III	98	245,0	529	0,87	0,85	7,10	96	7	17,5	0,52
12	IV	42	46,2	106	0,75	0,92	4,10	72	9,5	20,0	0,40
13	I	740	1554,0	3272	0,72	1,00	20,40	110	14,4	15,7	0,82
14	II	250	575,0	1110	0,76	0,93	5,10	107	7,9	15,9	0,75
15	III	160	400,0	717	0,85	0,99	9,90	41	11,6	18,2	0,66
16	IV	35	49,0	97	0,92	0,96	6,20	80	7,4	13,6	0,72

Кінець таблиці 6.2

Варіант	Група міст	Площа міста F , кв. км	Довжина мережі L_m , км	Кількість зупинок $N_{зуп}$	Коефіцієнт графічності руху k_g	Коефіцієнт якості руху $k_{к.р.}$	Середня відстань поїздки $l_{сер, км}$	Відстань переходу $l_{пер, м}$	Середній інтервал руху \bar{t} , хв.	Швидкість сполучення v_s , км/год	Коефіцієнт динам. викор. містк. η_d
17	I	350	490,0	1114	0,95	0,73	5,90	105	13,4	17,8	0,68
18	II	210	504,0	1084	0,81	0,84	4,50	81	9,6	19,0	0,74
19	III	120	276,0	623	0,78	0,79	11,90	92	13,2	17,7	0,87
20	IV	70	105,0	182	0,77	0,89	6,90	166	11,2	18,7	0,67
21	I	480	1152,0	1943	0,90	0,94	18,60	161	5,3	18,5	0,54
22	II	180	216,0	427	0,72	0,88	8,70	41	7,7	13,1	0,96
23	III	80	192,0	459	0,74	0,71	10,60	68	6,2	16,8	0,75
24	IV	91	109,2	237	0,71	0,85	2,60	150	15	14,9	0,52
25	I	800	1280,0	2274	0,64	0,88	6,50	158	5,6	16,6	0,93

Розв'язок.

1. Розраховуємо час поїздки пасажирів у години «пiк» у «теоретично абсолютно комфортних умовах» за формулою (6.2)

$$t_k = 11,75 + 3 \times \left(1,2 + 0,17\sqrt{254}\right) = 23,48 \text{ хв.}$$

2. Розраховуємо час на підхід пасажирів на зупинку та його відхід з місця висадки до місця призначення за формулою (6.3)

$$t_{\text{під}} = 0,0075 \left(\frac{2000}{3,78} + \frac{1000 \cdot 960}{582} \right) = 16,34 \text{ хв.},$$

де $\delta = \frac{960}{254} = 3,78 \text{ км/км}^2$ – щільність маршрутної мережі міста.

3. Розраховуємо тривалість очікування пасажиром транспорту на зупинці посадки за формулою (6.4)

$$t_{\text{оч}} = \frac{6,25}{2} \left[1 + \left(\frac{1}{0,85} - 0,80 \right) \times \left(\frac{3,0}{6,25} \right)^2 \right] = 4,301 \text{ хв.}$$

4. Розраховуємо час, що витрачається пасажиром на поїздки за формулою (6.5)

$$t_{\text{пух}} = \frac{60 \cdot 7,42 \cdot 1,3}{22,5} = 25,72 \text{ хв.},$$

де $\alpha = 1,3$ – коефіцієнт пересадочності для міста II групи (населення від 500 тис. до 1 млн. мешканців).

5. Розраховуємо час, що витрачається пасажиром на пересадки на інші маршрути на шляху прямування, за формулою (6.6)

$$t_{\text{пер}} = (1,3 - 1)(0,015 \cdot 120 + 4,301) = 1,83 \text{ хв.}$$

6. Розраховуємо додатковий час, що витрачає пасажир на зупинці внаслідок відмов у посадці через переповнення салону рухомого складу за формулою (6.7)

$$t_{\text{від}} = 30 \cdot 1,3 \left(2 - 0,85 - \frac{1}{0,65} \right) = -15,15 \text{ хв.}$$

Оскільки отримано $t_{\text{від}} < 0$, то отриманий результат надалі не враховуємо, покладаючи $t_{\text{від}} = 0$.

7. Розраховуємо фактичну тривалість поїздки пасажира у реальних умовах як суму складових, що пасажир витрачає на пересування

$$t_{\text{ф}} = 16,34 + 4,301 + 25,72 + 1,83 = 48,19 \text{ хв.}$$

8. Визначаємо відношення витрат часу пасажира у теоретично «ідеальних комфортних» умовах до фактичної тривалості поїздки за (6.1)

$$k_{\text{я}} = \frac{23,48}{48,19} = 0,487.$$

9. Оскільки розрахунковий коефіцієнт якості $k_{\text{я}} = 0,487$, то за таблицею 1 визначаємо для міст II групи при розрахунках за години «пік», що рівень якості надання транспортних послуг пасажирам є *незадовільним*.

Контрольні запитання

1. Як визначається коефіцієнт якості транспортного обслуговування пасажирів у містах ?
2. Від чого залежить тривалість пересування пасажира у «ідеально комфортних» умовах ?
3. Які складові витрат часу входять до загальної тривалості пересування пасажирів у фактичних умовах ?

4. Що таке щільність маршрутної мережі і як вона розраховується? На що впливає значення щільності маршрутної мережі?
5. Запишіть розрахункову формулу для визначення тривалості очікування пасажиром посадки у маршрутний транспортний засіб.
6. Дайте визначення наступним коефіцієнтам: *коефіцієнт пересадочності*, *коефіцієнт графічності*, *коефіцієнт якості руху*.
7. На які складові поділяють час, що витрачається пасажиром під час виконання пересадки на шляху прямування на інший маршрут?
8. Які б заходи ви запропонували для збільшення значення коефіцієнта якості надання транспортних послуг пасажиром у містах?

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Доля, В. К. Пасажи́рські перевезення : підручник / В. К. Доля. – Х. : Форт, 2011. – 504 с.
2. Логистика : общественный пассажирский транспорт / Л. Б. Миротин [и др.] ; общ. ред. Л. Б. Миротин. – М. : «Экзамен», 2003. — 222 с.
3. Grava, S. Urban Transportation Systems. Choices for Communities / S. Grava. – New York : McGraw-Hill Inc. – 840 p.
4. Фишельсон, М. С. Городские пути сообщения / М. С. Фишельсон. – М. : Высшая школа, 1980. — 296 с.
5. ДБН В.2.3.-5-2001 «Споруди транспорту. Дороги та вулиці населених пунктів»