

УДК 656.072

А. В. КУДРЯШОВ<sup>1\*</sup>, О. О. МАЗУРЕНКО<sup>2\*</sup>, В. Д. КОМАР<sup>3\*</sup>, Т. А. ГАЙДУК<sup>4\*</sup>

<sup>1\*</sup>Кафедра «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта andkyd81@gmail.com, ORCID 0000-0002-5965-3378

<sup>2\*</sup>Кафедра «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта oamazurenko@gmail.com, ORCID 0000-0001-5591-1790

<sup>3\*</sup>Студентка групи УА2121, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 886-85-53, ел. пошта vladaKOMAR36@gmail.com

<sup>4\*</sup>Студентка групи УА20120, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 928-33-14, ел. пошта tanyagaiduk2019@gmail.com

## УДОСКОНАЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА МАРГАНЕЦЬ

**Мета.** Виконати формування нової маршрутно-транспортної мережі м. Марганець та порівняльну оцінку маршрутів діючої і запропонованої маршрутно-транспортної мережі. **Методика.** Проектування раціональної маршрутно-транспортної мережі здійснювалося за допомогою методів комбінаторного аналізу, теорія графів використовувалася для розробки топологічної схеми маршрутів, на підставі аналітичних методів виконано пошук та остаточний вибір маршрутів «кандидатів». **Результати.** Виконано формування вихідної маршрутно-транспортної мережі м. Марганець; виконано перевірку дільничних маршрутів на відповідність максимально допустимого інтервалу руху; здійснено пошук маршрутів «кандидатів», що задовольняють умові неперевищення максимально допустимого інтервалу; розроблено раціональну маршрутно-транспортну мережу м. Марганець за допомогою методу спрямованого відбору; визначено витрати часу пасажирів на пересування маршрутною мережею; виконано порівняльну оцінку ефективності існуючих та розроблених маршрутів. **Наукова новизна.** Виконане дослідження процесу перевезення пасажирів по транспортній мережі м. Марганець дозволило виконати вдосконалення пасажирської маршрутно-транспортної мережі для підвищення якості транспортного обслуговування населення міста. **Практична значимість.** Практична значимість роботи полягає в тому, що впровадження розробленої раціональної пасажирської маршрутно-транспортної мережі дозволить покращити якість транспортного обслуговування населення м. Марганця, зменшити витрати часу пасажирів на підхід до зупиночних пунктів та підвищити якість обслуговування пасажирів.

*Ключові слова:* транспортна мережа, матриця кореспонденцій, інтервал руху, епюра пасажиропотоків, удосконалення.

### Вступ та постановка задачі

Пасажирський автомобільний транспорт це один із основних та найпоширеніших видів міського пасажирського транспорту в Україні. Він широко обслуговує транспортні потреби міського населення, забезпечує масові та індивідуальні перевезення пасажирів парком автобусів, який щороку зростає [1, 2].

Серед усіх видів пасажирських перевезень перевагу мають міські автобусні перевезення, які є наймасовішими. Задовольняючи потреби населення у перевезеннях, автобусні перевезення впливають на рівень продуктивності праці та побутового обслуговування, розвиток культури та дозвілля. У зв'язку з цим удосконалення міських автобусних перевезень має важливе соціальне значення [3, 4].

Незадовільне функціонування транспорту суттєво відбивається на економіці міста, тобто на роботі підприємств, установ, магазинів, шкіл, а також життя громадян. Сьогодні потреба населення у перевезеннях задовольняється не

повністю: необхідне підвищення комфортності поїздок та вирішення першочергових проблем технічного та технологічного забезпечення міського транспорту [5, 6].

Вирішення багатьох транспортних завдань залежить від ефективності маршрутно-транспортної мережі, адже сукупність маршрутів пасажирських перевезень на транспортній мережі пов'язана територіально та в часі. Створення маршрутно-транспортної мережі є однією з найважливіших проблем у організації пасажирських перевезень оскільки від її формування значною мірою залежить ефективність використання транспортних засобів і якість транспортного обслуговування [7, 8].

В [9] було виконано аналіз сучасного стану існуючої маршрутно-транспортної мережі (МТМ) м. Марганець; розроблена топологічна схема міста; представлена характеристика діючих міських маршрутів; визначені ємності транспортних районів, розрахована матриця міжрайонних кореспонденцій; виконано оцінку діючої

маршрутної мережі, сформована вихідна маршрутна мережа; визначені витрати часу на підхід до зупиночних пунктів. Отримані результати свідчать про низьку якість транспортного обслуговування населення м. Марганець і дає підставу припустити, що існуюча маршрутно-транспортна мережа вимагає модернізації.

Для модернізації необхідно виконати формування нової маршрутно-транспортної мережі в яку увійдуть маршрути, що задовольняють достатньої умові призначення безпересадочних наскрізних маршрутів, а також дільничні маршрути, що не збігаються ні з одним з наскрізних. Також треба виконати порівняльну оцінку маршрутів діючої і запропонованої маршрутно-транспортної мережі м. Марганець, що дозволить зробити висновок про ефективність нової мережі.

### Основна частина

#### 1. Формування вихідної маршрутної мережі

Було прийнято рішення про проектування регіональної МТМ Марганець за допомогою методу спрямованого відбору, в основі якого лежать математичні методи комбінаторного аналізу, що дозволяють знаходити оптимальне рішення з ймовірністю 95-98%. [10, 11].

Сутність методу спрямованого відбору полягає в тому, що на початковому етапі формується вихідна МТМ, яка задовольняє мінімальним вимогам, що пред'являються до якості перевізного процесу, яка потім постійно модернізується.

В якості вихідної маршрутної схеми приймається схема, в яку входять маршрути, що задовольняють достатньої умови призначення безпересадкових наскрізних маршрутів, а також дільничні маршрути, що не збігаються з жодним наскрізним.

Як наскрізного маршруту розглядається маршрут, що з'єднує центри трьох і більше транспортних районів за найкоротшим виходячи з витрат часу на проходження шляху.

Достатньою умовою для призначення наскрізного маршруту є задоволення природної вимоги, щоб час очікування пасажиром автобуса на початковому пункті маршруту був меншим за час, який він повинен витратити в пункті пересадки, якщо такого маршруту не буде.

Достатня умова для призначення наскрізного маршруту має такий вигляд

$$\frac{c \cdot q^H \cdot T_p}{\xi} \cdot \frac{1}{H_{ij}^{\max}} \leq \min(t_{i+1,j-1}^{\text{пер}}), \quad (1)$$

де  $c$  – коефіцієнт нерівномірності підходу пасажирів до зупинного пункту,  $c = 0,5$ ;

$q^H$  – номінальна пасажиромісткість,  $q^H = 18$  пас.;

$T_p$  – тривалість розрахункового періоду доби,  $T_p = 60$  хв.;

$\xi$  – коефіцієнт внутрішньогодинної нерівномірності пасажиропотоку,  $\xi = 1,1$ ;

$H_{ij}^{\max}$  – число пасажирів, які проїжджають між кінцевими пунктами  $i$  і  $j$  маршруту, що призначається в напрямку максимального пасажиропотоку:  $H_{ij}^{\max} = \max[H_{ij}, H_{ji}]$

$t_{i+1,j-1}^{\text{пер}}$  – витрати часу одного пасажирів на пересадку в проміжних транспортних районах наскрізного маршруту, що призначається,  $t_{i+1,j-1}^{\text{пер}} = 8$  хв.

Маршрути, що відповідають умові (1), включаються у вихідний варіант маршрутної транспортної мережі.

Наведемо приклад розрахунку всім можливих наскрізних маршрутів, які з транспортного району №1 (Вокзал).

– Вокзал → Куйбишева → Інститут:

$$\frac{60 \cdot 0,5 \cdot 18}{1,1} \cdot \frac{1}{82} = 6,0 < 8 \quad \text{включається};$$

– Вокзал → Центр → Сонячний:

$$\frac{60 \cdot 0,5 \cdot 18}{1,1} \cdot \frac{1}{69} = 7,1 < 8 \quad \text{включається};$$

– Вокзал → Кінотеатр → Міськрада → Держбуд:

$$\frac{60 \cdot 0,5 \cdot 18}{1,1} \cdot \frac{1}{65} = 7,6 < 8 \quad \text{включається};$$

Результати розрахунків інших наскрізних маршрутів на відповідність достатній умові (1) представлені у табл. 1.

Відповідно до отриманих результатів умова (1) виконується для наступних наскрізних маршрутів:

– Куйбишева → Інститут → Сонячний;

– Пилорама → Ворошилівка → Сонячний.

В результаті до вихідної МТС було включено п'ять наскрізних маршрутів:

– Вокзал → Куйбишева → Інститут;

– Вокзал → Центр → Сонячний;

– Вокзал → Кінотеатр → Міськрада → Держбуд;

– Куйбишева → Інститут → Сонячний;

– Пилорама → Ворошилівка → Сонячний.

Таблиця 1

Назва району		Прибуття									
		Вокзал	Куйбишева	Інститут	Сонячний	Ворошилівка	Пілорама	Держбуд	Міськрада	Кінотеатр	Центр
Відправлення	Вокзал			6,0	7,1	13,3	19,6	7,6	12,6		
	Куйбишева				6,4	11,2	17,5	13,6	24,6		16,9
	Інститут	7,9						13,6	28,9	20,5	
	Сонячний	7,7	7,8				10,2	8,6	21,3	16,4	
	Ворошилівка	10,9	10,4					9,6	25,8	23,4	
	Пілорама	12,3	12,3		5,9				16,4	22,3	
	Держбуд	9,4	18,9	12,6	9,8	14,4				12,6	
	Міськрада	11,2	24,6	18,9	16,9	27,3	22,3				27,3
	Кінотеатр			13,3	12,9	24,6	30,7	8,8			
	Центр		11,4						18,2		

Також вводимо у вихідну маршрутну мережу такі дільничні маршрути, що не збігаються з жодним наскрізним:

- Кінотеатр → Куйбишева;
- Кінотеатр → Центр;
- Центр → Держбуд;
- Центр → Пілорама;
- Центр → Ворошилівка;
- Інститут → Пілорама;
- Ворошилівка → Інститут;
- Центр → Інститут;
- Держбуд → Пілорама.

Таким чином, вихідна маршрутна транспортна мережа складається з 5 наскрізних та 9 дільничних маршрутів.

2. *Перевірка дільничних маршрутів на відповідність максимально допустимому інтервалу руху*

Перевірки підлягають ті дільничні маршрути, які збігаються з наскрізними і проходять через пункти, між якими є можливість проїзду іншим маршрутом (тобто. через проміжні ТР).

Для розрахунку інтервалу руху автобусів приймається напрям з найбільшим пасажиропотоком  $H_{ij}^{\max}$ . Інтервал руху визначається за формулою:

$$I_{ij} = \frac{T_p \cdot q^H}{H_{ij}^{\max}}, \text{ хв} \quad (2)$$

Оскільки максимальний інтервал руху, що задається, дорівнює 15 хвилин, то маршрути з

інтервалом руху більше 15, хв. з МТМ виключаються (тут і далі з метою збереження наочності розрахунків, що виконуються, замість назв транспортних районів використовуються їх порядкові номери).

$$1-2: \quad I_{1-2} = \frac{60 \cdot 18}{86} = 12,6 \text{ хв} < 15 \text{ хв} \quad +$$

$$1-9: \quad I_{1-9} = \frac{60 \cdot 18}{59} = 18,3 \text{ хв} > 15 \text{ хв} \quad -$$

$$1-10: \quad I_{1-10} = \frac{60 \cdot 18}{38} = 28,4 \text{ хв} > 15 \text{ хв} \quad -$$

$$2-3: \quad I_{2-3} = \frac{60 \cdot 18}{222} = 4,9 \text{ хв} < 15 \text{ хв} \quad +$$

$$3-4: \quad I_{3-4} = \frac{60 \cdot 18}{87} = 12,4 \text{ хв} < 15 \text{ хв} \quad +$$

$$5-6: \quad I_{5-6} = \frac{60 \cdot 18}{57} = 18,9 \text{ хв} > 15 \text{ хв} \quad -$$

Проведемо подібні розрахунки інших дільничних маршрутів, включених у вихідну МТМ. Отримані дані відповідності максимальному інтервалу представлені у табл. 2.

Згідно з отриманими даними, максимально можливий інтервал буде витриманий при введенні наступних дільничних маршрутів (які не співпадають з жодним наскрізним):

- Ворошилівка → Інститут;
- Центр → Інститут;
- Центр → Держбуд;
- Держбуд → Пілорама.

Таблиця 2

Назва району	Прибуття									
	Вокзал	Куйбишева	Інститут	Сонячний	Ворошилівка	Пілорама	Держбуд	Міськрада	Кінотеатр	Центр
Відправлення	Вокзал		12,6						18,3	28,4
	Куйбишева	11,1		4,9					40,0	
	Інститут		7,3		12,4	20,8	31,8			30,0
	Сонячний			10,2		7,2				28,4
	Ворошилівка			12,7	5,5		18,9			34,8
	Пілорама			15,2		14,4		11,9		43,2
	Держбуд						23,5		12,3	24,5
	Міськрада							8,6		23,5
	Кінотеатр	15,9	38,6						23,0	
	Центр	16,9		13,3	15,2	25,1	40,0	14,9		23,0

Після перевірки дільничних маршрутів на максимально допустимий інтервал руху коригуємо вихідну маршрутну мережу, до якої входять наступні дев'ять маршрутів:

- Вокзал → Куйбишева → Інститут;
- Вокзал → Центр → Сонячний;
- Вокзал → Кінотеатр → Міськрада → Держбуд;
- Куйбишева → Інститут → Сонячний;
- Пілорама → Ворошилівка → Сонячний;
- Ворошилівка → Інститут;
- Центр → Інститут;
- Центр → Держбуд;
- Держбуд → Пілорама.

Відкоригована вихідна маршрутна транспортна мережа складається з 5 наскрізних та 4 дільничних маршрутів.

### 3. Пошук маршрутів «кандидатів»

В раціональну МТМ можуть бути включені додаткові наскрізні маршрути, що задовольняють умові неперевикнення максимально допустимого інтервалу з урахуванням пасажиропотоків, які можуть посилити цей маршрут за напрямом шляху його прямування. Виявлення пасажиропотоків цих маршрутів проводиться з урахуванням як власного пасажиропотоку, наступного від початкового до кінцевого пункту даного маршруту, а й з урахуванням тих пасажирів, які можуть обслуговуватися цим маршрутом за відсутності інших додаткових маршрутів.

Для розрахунку інтервалу вибирається напрямок із найбільшим сумарним пасажиропотоком. Наведемо приклад розрахунку всім можливим наскрізних маршрутів «кандидатів»:

Аналіз наскрізних маршрутів, що не потрапили у вихідну маршрутну мережу, показав, що 4 з них задовольняють умову неперевикнення максимально допустимого інтервалу руху:

- Вокзал → Кінотеатр → Міськрада;
- Сонячний → Ворошилівка → Пілорама;
- Ворошилівка → Пілорама → Держбуд;
- Держбуд → Міськрада → Кінотеатр.

Тобто вони є маршрутами «кандидатами», які при включенні їх до маршрутної транспортної мережі можуть зменшити витрати часу пасажирів на переміщення.

Аналіз шляхів прямування маршрутів «кандидатів» показав, що частина їх поглинаються іншими маршрутами «кандидатами» чи наскрізними маршрутами, включеними в маршрутну мережу.

Таким чином, маршрутами «кандидатами» для оптимізації вихідної маршрутної мережі призначаємо наступний маршрут: Ворошилівка → Пілорама → Держбуд.

Знаючи специфіку та забудову міста Марганець, пропонується внести деякі управлінські рішення до скоригованої МТМ. Для цього пропонується об'єднати дільничні та наскрізні маршрути (місто досить маленьке, щоб у ньому була велика кількість маршрутів, особливо

дільничних, їх довжини невеликі і при цьому експлуатаційна швидкість буде дуже маленькою і маршрути будуть нерентабельними).

Отриманий маршрут «кандидат» Ворошилівка → Пілорама → Держбуд буде виключено з подальших розрахунків, так як він був поглинений іншими маршрутами, які були сформовані за допомогою запровадження управлінських рішень у скориговану МТМ.

У результаті отримуємо раціональну транспортну мережу, до якої увійшли такі маршрути (рис. 1):

№1 «Вокзал – Куйбишева – Інститут – Сонячний – Ворошилівка»;

№2 «Вокзал – Кінотеатр – Міськрада – Держбуд – Пілорама – Ворошилівка»;

№3 «Вокзал – Центр – Сонячний»;

№4 «Держбуд – Центр – Інститут – Ворошилівка».

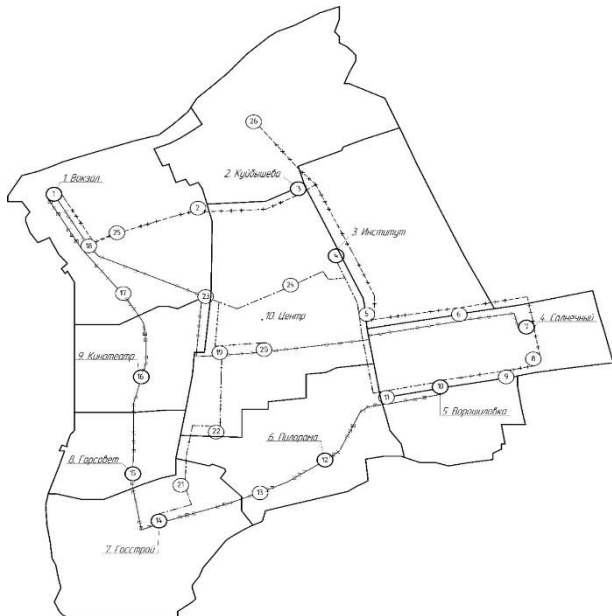


Рис. 1. Раціональна маршрутна транспортна мережа міста Марганець

#### 4 Удосконалення раціональної вихідної маршрутної мережі

Основним показником, що характеризує роботу будь-якої маршрутної пасажирської мережі, є сумарні витрати часу пасажирів на пересування, пересадки та очікування транспортних засобів.

Виходячи з отриманої раціональної мережі м. Марганець переглядаємо час підходу до зупинкових пунктів по районах та заносимо результати до табл. 3.

Нові зони пішохідних пересування для раціональної мережі, що перевищують п'ять хвилин, зображені на рис. 2 (заштриховані зони пішохідних пересування пасажирів понад п'ять

хвилин).

Таблиця 3

Назва району	Вокзал	Куйбишева	Інститут	Сонячний	Ворошилівка	Пілорама	Держбуд	Міськрада	Кінотеатр	Центр
Вокзал	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Куйбишева	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Інститут	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Сонячний	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ворошилівка	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Пілорама	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Держбуд	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Міськрада	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Кінотеатр	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Центр	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

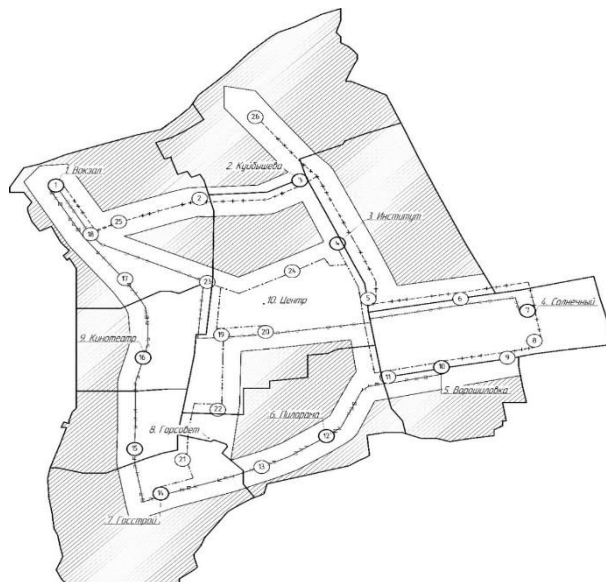


Рис. 2. Зони пішохідних пересування розробленої мережі міста Марганець

Час, що витрачається всіма пасажирами на рух та пересадки (час прямування) по всій МТМ можна визначити як

$$T_{ij}^{сл} = \frac{(t_{ij}^{рух} + t_{ij}^{пер}) \cdot N_{ij}}{60} \quad (3)$$

Наведемо приклад розрахунку для деяких кореспонденцій, що формуються у транспортному районі №1 (Центр):

$$T_{12}^{сл} = \frac{12 \cdot 86}{60} = 17,2 \text{ пас} \cdot \text{год}$$

$$T_{13}^{сл} = \frac{14 \cdot 82}{60} = 19,1 \text{ пас} \cdot \text{год}$$

$$T_{14}^{сл} = \frac{20 \cdot 69}{60} = 23 \text{ пас-год}$$

$$T_{15}^{сл} = \frac{19 \cdot 37}{60} = 11,7 \text{ пас-год}$$

Аналогічно розраховуємо сумарний час для пересування між іншими пунктами. Результати розрахунків представлені у табл. 4.

Таблиця 4

Назва району		Прибуття										
		Вокзал	Куйбишева	Інститут	Сонячний	Ворошилівка	Пілорама	Держбуд	Міськрада	Кінотеатр	Центр	Усього
Відправлення	Вокзал		17,2	19,1	23	11,7	7,9	16,3	9,1	10,8	8,2	1 312,8
	Куйбишева	21		33,3	19,3	10,3	14,5	19,2	10,7	13,1	12,6	
	Інститут	16,5	24,7		20,3	11,3	17	17,4	7,7	10	7,2	
	Сонячний	20,3	13,7	19,4		19,9	20	27,6	11,5	15	7,6	
	Ворошилівка	15,8	11,8	18,4	36,1		11,4	13,6	5,4	6	6,7	
	Пілорама	14	21,3	35,5	38,7	15		18,2	7	5,9	12,5	
	Держбуд	14,7	14,3	18,9	26,7	9,1	9,2		14,7	7,8	5,3	
	Міськрада	12,5	11,3	12,1	16,4	5,4	5,5	22,9		8,4	9,3	
	Кінотеатр	14,7	14	15,4	20,9	5,7	4,3	11,2	7,8		17,1	
Центр	12,8	17,2	12,2	14,2	7,2	12,2	8,8	12,2	22,7			

Сумарні витрати часу по раціональній маршрутній транспортній мережі становлять 1312,8 пас. год.

Однак, у зв'язку з тим, що в процесі оптимізації МТМ буде постійно змінювати свою конфігурацію, з метою скорочення трудомісткості обчислень, визначатимемо ці витрати приблизно, виходячи з міркувань, описаних у роботі [12].

При поїздках у прямому та зворотному напрямках час очікування пасажирів буде різним через те, що інтервали руху визначаються у напрямку з максимальним пасажиропотоком, а пасажирів, що прямують у зворотному напрямку, перевозитимуться при неповному використанні місткості автобуса і тим самим із відносно меншим інтервалом відправлення.

Тому суму витрат часу на очікування відправлення необхідно визначати з урахуванням співвідношення  $H_{ij}^{min} / H_{ij}^{max}$  за кожним призначеним маршрутом. Це відношення показує, наскільки меншим буде час очікування пасажирів, які прямують у зворотному напрямку, ніж час очікування пасажирів наступних у прямому напрямку. Для цього виділимо з ММК [9, табл. 3] мінімальні та максимальні значення пасажирських кореспонденцій.

Час очікування пасажирів по всій раціональній МТМ з урахуванням кількості маршрутів складатиме:

$$\sum T^{оч} = \left( 1 + \frac{\sum H_{ij}^{min}}{\sum H_{ij}^{max}} \right) \cdot c \cdot q^H \cdot n, \text{ пас-год} \quad (4)$$

$$\sum T^{оч} = \left( 1 + \frac{1984}{2732} \right) \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 4 = 62,3 \text{ пас-год.}$$

Сумарні витрати часу всіх пасажирів по скоригованій МТМ становитимуть:

$$\sum T = \sum T^{сл} + \sum T^{оч} \quad (5)$$

$$\sum T = 1312,8 + 62,3 = 1375,1 \text{ пас-год.}$$

#### 5 Розрахунок параметрів раціональної МТМ

В результаті розробки раціональної МТМ Марганець була сформована нова маршрутна мережа міста, що складається з 4 маршрутів. Визначимо такі основні параметри розроблених маршрутів:

- довжина маршрутів;
- кількість проміжних пунктів;
- час обороту;
- кількість перевезених пасажирів;
- максимальний пасажиропотік на перегоні;
- інтервал руху;
- необхідну кількість автобусів.

Процедуру розрахунку основних параметрів розроблених маршрутів розглянемо з прикладу маршруту №1 (Вокзал – Куйбишева – Інститут – Сонячний – Ворошилівка).

Протяжність маршруту розраховується як сума довжин ділянок між транспортними районами, якими він проходить:

$$L^M = \sum_{i=1}^n l_i, \text{ км} \quad (6)$$

$$L_{\text{№1}}^M = 2,1 + 0,7 + 2,1 + 1 = 5,9 \text{ км.}$$

Кількість пунктів зупинки на маршруті були прийняті виходячи з вже обладнаних зупинок у місті Марганець ( $n_{\text{№1}}^{\text{зуп}} = 11$  зупинок).

Час обороту:

$$T^{\text{об}} = 2 \cdot \left( \frac{L^M}{V_T} + \frac{n^{\text{зуп}} \cdot t^{\text{пз}} + t^{\text{кз}}}{60} \right), \text{ хв} \quad (7)$$

де  $V_T$  – технічна швидкість автобуса,  $V_T = 24$  км/год;

$t^{\text{пз}}$  – простий на проміжній зупинці,  $t^{\text{пз}} = 0,5$  хв;

$t^{\text{кз}}$  – простий на кінцевій зупинці,  $t^{\text{кз}} = 5$  хв.

$$T_{\text{№1}}^{\text{об}} = 2 \cdot \left( \frac{5,9}{24} + \frac{11 \cdot 0,5 + 5}{60} \right) = 50 \text{ хв.}$$

Для визначення кількості пасажирів, які користуються  $k$ -м маршрутом  $Q_k$  та значення максимального пасажиропотоку  $Q_k^{\text{max}}$  необхідно здійснити розподіл пасажирських кореспонденцій між маршрутами. Матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №1 представлена в табл. 5, а епюра пасажиропотоків рис. 3.

Таблиця 5

Назва району	Прибуття				
	Вокзал	Куйбишева	Інститут	Сонячний	Ворошилівка
Вокзал		86	82	69	37
Куйбишева	97		222	77	44
Інститут	62	148		87	52
Сонячний	64	63	106		149
Ворошилівка	45	47	85	197	

Як видно з епюри пасажиропотоків (див. рис. 3) максимальний пасажиропотік на маршруті №1  $Q_{\text{№1}}^{\text{max}}$  становить 531 пас, а загальна кількість пасажирів  $Q_{\text{№1}}^{\text{заг}}$ , які користуються цим маршрутом 1944 пас.

Якщо прийняти інтервал руху на маршруті №1 рівним 5 хв, то середній час очікування пасажиром транспортного засобу буде складати 2,5 хв, а сумарні витрати часу по всіх пасажирів,

що очікують початку посадки на маршруті №1 будуть становити

$$T_{\text{№1}}^{\text{оч}} = Q_{\text{№1}}^{\text{заг}} \cdot t_{\text{№1}}^{\text{оч}} = 1944 \cdot 2,5 = 4860 \text{ пас} \cdot \text{хв}$$

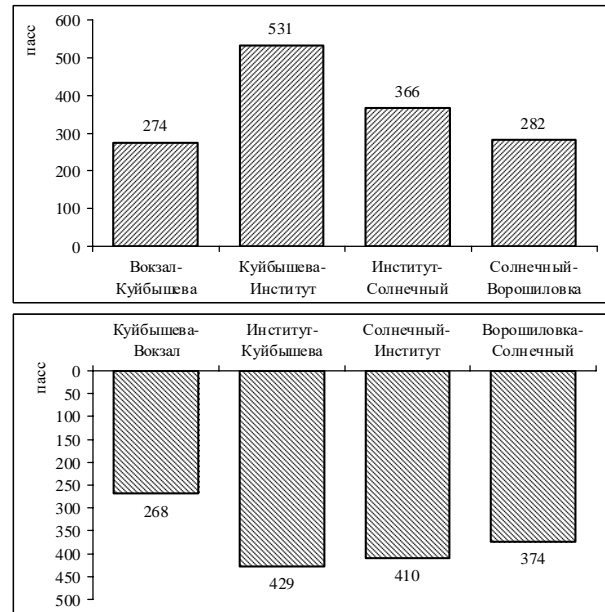


Рис. 3. Епюра пасажиропотоків для маршруту № 1

Розрахунок основних параметрів інших розроблених маршрутів, що входять до складу раціональної МТС Марганець виконуємо аналогічно, результати виконаних розрахунків представлені в табл. 6.

Таблиця 6

№ маршруту	Кінцеві ЗП	Довжина маршруту, км	Кількість зупинок, шт	Час обороту, хв	Кількість пас, чол	Максимальний потік, чол	Інтервал руху, хв.	Час очікування, год.
№1	Вокзал	5,9	11	50	1944	531	5	81,0
	вул. Молодіжна							
№2	Вокзал	5,6	10	48	1675	384	5	69,8
	вул. Молодіжна							
№3	Вокзал	4,5	7	40	419	140	8	27,9
	Школа 1							
№4	Держбуд	5,4	10	48	678	197	5	28,3
	вул. Молодіжна							
Разом		21,4			4716			207

На підставі розрахунків, з метою порівняння, існуючої та раціональної транспортної мережі міста Марганець, будуємо підсумкову таблицю з результатами досліджень, які представлені у табл. 7.

Таблиця 7

Параметр	Од. ви-міру	Діюча МТМ	Розроблена МТМ	Відносне відхилення
Кількість маршрутів	-	2	4	100,00%
Загальна довжина маршрутів	км	24,2	21,4	-11,57%
Середня довжина маршруту	км	12,1	5,35	-55,79%
Довжина маршрутної мережі	км	12,10	12,58	3,97%
Маршрутний коефіцієнт	-	2	1,7	17,65%
Середньозважений інтервал руху	хв	3	6	91,67%
Динамічний коефіцієнт використання місткості	-	0,66	0,77	32,30%
Коефіцієнт пересадження	-	1	1,2	22,05%
Коефіцієнт непрямолінійності	-	2,52	1,22	-51,48%
Загальний час підходу	хв	711	648	-8,86%

### Висновки

1. Виконано формування вихідної МТМ, до якої увійшли маршрути, що задовольняють достатньої умови призначення безпересадкових наскрізних маршрутів, а також дільничні маршрути, що не збігаються з жодним наскрізним. До складу вихідної МТС увійшли 5 наскрізних та 9 дільничних маршрутів.

2. Виконано перевірку дільничних маршрутів на відповідність максимально допустимого інтервалу руху. В результаті виконаних розрахунків кількість дільничних маршрутів скорочено з 9 до 4.

3. Було здійснено пошук маршрутів «кандидатів», що задовольняють умові неперевикнення максимально допустимого інтервалу з урахуванням пасажиропотоків, які можуть посилити цей маршрут за напрямом шляху його проходження. Було виявлено один такий маршрут: Ворошилівка → Пилорама → Держбуд.

4. Прийняті управлінські рішення щодо об'єднання дільничних маршрутів та маршруту «кандидата».

5. Розроблено раціональну МТМ м. Марганець за допомогою методу спрямованого відбору. Визначено витрати часу пасажирів на пересування маршрутною мережею.

6. Розраховано основні параметри розроблених маршрутів, що увійшли до раціональної МТМ м. Марганець:

- довжина маршрутів;
- кількість проміжних пунктів;
- час обороту;
- кількість перевезених пасажирів;
- максимальний пасажиропотік на перегоні;
- інтервал руху;
- необхідну кількість автобусів.

7. Виконано порівняльну оцінку ефективності маршрутів чинної та раціональної МТМ м. Марганець.

Результати виконаного аналізу свідчать, що розроблена за допомогою методу спрямованого перебору раціональна маршрутна мережа дозволить покращити якість транспортного обслуговування населення м. Марганця.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення: Навчальний посібник / М.Г. Босняк. – К.: Видавничий дім «Слово», 2009. – 272 с.
2. Доля В. К. Організація пасажирських перевезень у містах: учбове видання. Харків: «Нове Слово», 2002. 140 с.
3. Varabino V., Deiana E., Tilocca P. Measuring service quality in urban bus transport: a modified SERVQUAL approach. *International Journal of Quality and Service Sciences*. 2012. Т. 4. №3. 3. 238-252.
4. Шпильовий І.Ф. Основні завдання вдосконалення роботи міського транспорту / І.Ф. Шпильовий // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів. - 2003. - Вип. 16. - С. 304-307.
5. Dimitriou H. T., Gakenheimer R. Urban transport in the developing world: A handbook of policy and practice. Edward Elgar Publishing, 2011. 635 p.
6. Гнедіна К. В. Методичні засади оцінювання економічної ефективності функціонування системи міського пасажирського транспорту. Вісник Чернігівського державного технологічного університету. 2013. С. 199-208.
7. Любий, Є. В. Критерій оцінки ефективності функціонування маршрутних мереж малих міст. *Автомобільний транспорт*. 2009. №24. С. 109-112.
8. Вакулєнко К. Є., Харченко В. Ф. Щодо якості перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Восточно-Европейский журнал передових технологій*. 2012. №3(4). С. 57-59
9. Кудряшов А.В. Аналіз існуючої маршрутної мережі міста Марганець. / А.В. Кудряшов, О.О. Мазуренко // Збірник наукових праць ДНУЗТу «Транспортні системи та технології перевезень» – 2021. – Випуск 21. – С. 16-21.
10. Геронимус Б.Л. Совершенствование планирования на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1985. – 222 с.
11. Антошвили М.Е., Либерман С.Ю., Спиринов И.В. Оптимизация городских автобусных перевозок / М.Е. Антошвили // М.: Транспорт, 1985. – с. 102.



12. Спирин, И. В. Перевозки пассажиров городским транспортом / И. В. Спирин. – М: Издательский центр «Академия», 2004. – С. 413.

Надійшла в редколегію 13.10.2022.  
Прийнята до друку 25.10.2022.

A. KUDRIASHOV, A. MAZURENKO, V. KOMAR, T. HAIDUK

## IMPROVEMENT OF THE ROUTE NETWORK OF THE CITY OF MARGANETS

**Purpose.** Carry out the formation of a new route and transport network in the city of Marganets and a comparative assessment of the routes of the existing and proposed route and transport network. **Methodology.** The design of a rational route transport network was carried out using methods of combinatorial analysis, graph theory was used to develop a topological scheme of routes, the search and final selection of "candidate" routes was performed on the basis of analytical methods. **Findings.** The formation of the outgoing route transport network of Marganets was completed; precinct routes were checked for compliance with the maximum permissible traffic interval; the search for "candidate" routes satisfying the condition of not exceeding the maximum allowable interval was performed; a rational route transport network of the city of Marganets was developed using the method of directed selection; determined the time spent by passengers traveling on the route network; a comparative evaluation of the effectiveness of existing and developed routes was performed. **Originality.** The research carried out on the process of transporting passengers on the transport network of the city of Marganets allowed to improve the passenger route network to improve the quality of transport services for the city's population. **Practical value.** The practical significance of the work is that the implementation of the developed rational passenger route network will improve the quality of transport services for the population of Marganets, reduce the time spent by passengers on the approach to the bus stops and improve the quality of passenger service.

*Keywords:* transport network, correspondence matrix, movement interval, passenger flow chart, improvement.