

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний інститут, транспортний факультет  
(повне найменування інституту, назва факультету)

Транспортних технологій  
(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка**

до магістерської роботи

магістр

(рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему:

Математичне моделювання матриці міграційних  
пасажирських корреспонденцій та пасажирських потоків  
міста Запоріжжя

Виконав: студент VI курсу, групи T-312M  
спеціальності (напряму підготовки)  
175.03 Транспортні технології  
(на автомобільному транспорті)  
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Яновлев

М.Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник Габдулкін

Г.Ф.

(прізвище та ініціали)

Консультант Кузькін

О.Ф.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Сосик

А.Ю.

(прізвище та ініціали)

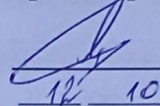
м. Запоріжжя  
2017 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Запорізький національний технічний університет**  
 ( повне найменування вищого навчального закладу )

Інститут, факультет машинобудівний інститут, транспортний факультет  
 Кафедра транспортних технологій  
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр  
 Спеціальність 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)  
 (код і назва)  
 Напрямок підготовки 27 Транспорт  
 (код і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
 транспортних технологій

 проф. Г.Ф. Бабушкін  
 12 10 2017 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Яковлеву Микиті Борисовичу  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Математичне моделювання матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій та пасажирських потоків міста Запоріжжя

керівник роботи Кузюкін Олексій Феліксович, к.т.н. доцент  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 12 жовтня 2017 року № 396

2. Строк подання студентом роботи 15 грудня 2017 року.

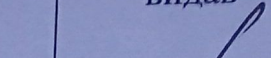
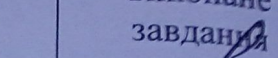
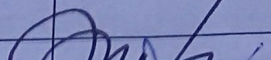
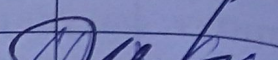
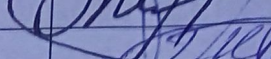
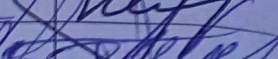
3. Вихідні дані до роботи Результати комплексного обстеження пасажирських потоків на маршрутах міського транспорту загального користування міста Запоріжжя

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 2.1 Транспортування районування міста. 2.2 Розрахунок емісій транспортних районів за автомобілями та вантажівками. 2.3 Розрахунок матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій методом гравітаційного моделювання. 2.4 Розрахунок пасажирських потоків на ділянках маршрутно-ї мережі.

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

1. Показники розвитку пасажирської маршрутно-ї системи міста Запоріжжя. 2. Методи моделювання матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій. 3. Модель транспортної мережі міста Запоріжжя. 4. Модель маршрутно-ї мережі міста Запоріжжя. 5. Звичайні пункти міського транспорту загального користування міста Запоріжжя. 6. Транспортування районування міста. 7. Гравітаційне моделювання матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій. 8. Матриця набірності міжрайонних пасажирських кореспонденцій (у вигляді таблиці). 9. Матриця набірності функцій та їхня роль у транспортній мережі міста Запоріжжя. 10. Балансування матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій методом

## 6. Консультанти розділів роботи

| 6. Консультанти розділів роботи |                                           | Підпис, дата                                                                        |                                                                                     |
|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Розділ                          | Прізвище, ініціали та посада консультанта | завдання видав                                                                      | прийняв виконання завдання                                                          |
| Розділ 1, 2                     | Кудькін О.Ф.                              |  |  |
| Розділ 3                        | Харченко Т.В., ст. викл.                  |  |  |
| Розділ 4                        | Лазуткін М.І., доцент                     |  |  |

7. Дата видачі завдання 10.10. 2017 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

# Студент

Керівник роботи

СНДПИС

(прізвище та ініціали)

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 97 с., 15 табл., 11 рис., 9 джерел.

Об'єкт дослідження — система міського громадського транспорту міста Запоріжжя, а саме матриця міжрайонних пасажирських кореспонденцій та пасажирські потоки на міському маршрутному транспорті загального користування.

Мета роботи — моделювання та розрахунок матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій у місті Запоріжжя на підставі даних обстеження пасажирських потоків на міських маршрутах громадського транспорту.

Методи дослідження — аналітичні, математичне моделювання.

Основною задачею міського пасажирського транспорту загального користування є задовольняння потреб населення та гостей міста у пересуваннях його територією. Від степеню розвиненості міського громадського транспорту, його надійності та безпечності залежить рівень добробуту населення та відношення суспільства до дій міської влади та держави в цілому.

Магістерська робота присвячена розробці, моделюванню та розрахунку елементів матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій на підставі результатів обстеження пасажирських потоків у Запоріжжі 2017 року. Отримані результати дають можливість виконати прогноз розподілу пасажиропотоків по вузлах та ділянках маршрутної мережі міста та є вихідними даними для подальшої розробки раціональної маршрутної схеми окремих видів міського пасажирського транспорту.

СИСТЕМА МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ, ПАСАЖИРОПОТІК,  
ПАСАЖИРСЬКІ КОРЕСПОНДЕНЦІЇ, ТРАНСПОРТНЕ РАЙОНУВАННЯ,  
ГРАВІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

## ЗМІСТ

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Завдання на магістерську роботу .....                                                                      | 2  |
| Реферат .....                                                                                              | 4  |
| Вступ .....                                                                                                | 6  |
| 1 Аналіз сучасного стану громадського транспорту міста Запоріжжя ....                                      | 7  |
| 1.1 Маршрутна мережа міста та її розвиток .....                                                            | 7  |
| 1.2 Рухомий склад і режими руху .....                                                                      | 11 |
| 1.3 Аналіз методів моделювання матриці міжрайонних пасажирських<br>кореспонденцій .....                    | 17 |
| 1.4 Аналіз методів розподілу пасажирських потоків на маршрутній<br>мережі .....                            | 24 |
| 1.5 Висновки та постановка задач дослідження .....                                                         | 27 |
| 2 Розробка моделі транспортного попиту населення на перевезення у мі-<br>сті Запоріжжя .....               | 29 |
| 2.1 Транспортне районування міста .....                                                                    | 29 |
| 2.2 Розрахунок ємностей транспортний районів за прибуттям та<br>відправленням .....                        | 36 |
| 2.3 Розрахунок матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій<br>методом гравітаційного моделювання ..... | 60 |
| 2.4 Визначення пасажирських потоків на ділянках маршрутної мережі                                          | 67 |
| 3 Оцінка вартості поїздки пасажирів у транспортній системі міста .....                                     | 74 |
| 4 Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях .....                                                   | 86 |
| 4.1 Аналіз потенційних небезпек .....                                                                      | 86 |
| 4.2 Заходи по забезпеченню безпеки .....                                                                   | 87 |
| 4.3 Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці .....                                                    | 88 |
| 4.4 Заходи з пожежної безпеки .....                                                                        | 89 |
| 4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях .....                                          | 92 |
| 4.6 Висновки по розділу охорони праці і безпеки у надзвичайних<br>ситуаціях .....                          | 93 |
| Висновки .....                                                                                             | 95 |
| Перелік посилань .....                                                                                     | 96 |

## ВСТУП

Одним з показників сталого розвитку сучасного міста є стан та розвиток його транспортної системи. Транспортна система міста повинна забезпечувати зручний, швидкий, надійний, безпечний та відносно недорогий спосіб пересування міською територією. Вона, зазвичай, представлена одним або декількома видами міського транспорту, що працює за маршрутною технологією.

Маршрутна технологія транспортного обслуговування пасажирів у містах передбачає рух маршрутних транспортних засобів за жорстко встановленими маршрутами та графіками руху, при цьому пасажирообмін (посадка та висадка пасажирів) виконується на спеціально обладнаних зупинках, розташованих вздовж траси маршруту.

Розробка раціональної (або оптимальної) схеми міських маршрутів представляє собою складну задачу з великою кількістю змінних, неточними цілями та критеріями оптимальності, що розв'язується в умовах динамічного середовища. Зважаючи на ці чинники, точного рішення цієї задачі у загальному вигляді досі не знайдено, однак у всіх підходах до її розв'язку передбачається в якості вихідних даних транспортного попиту, так звану, матрицю міжрайонних пасажирських кореспонденцій (ММПК), елементи якої зазначають кількість пасажирів, що прямують між деякими центрами пасажироутворення та пасажиропоглинання за встановлений проміжок часу.

Отримання достовірної ММПК представляє собою окрему, доволі складну задачу. Жоден з існуючих методів обстеження пасажиропотоків (окрім анкетного) не дає можливості встановити елементи ММПК безпосередньо. Анкетний же метод є надтрудомістким та нездійсненним у практичних умовах.

У даній магістерській роботі виконано моделювання і розрахунок елементів ММПК міста Запоріжжя на підставі обробки результатів обстеження пасажиропотоків у місті, проведеного ЗНТУ у 2017 році з подальшим гравітаційним моделюванням та трансформування кореспонденцій у пасажиропотоки.

## 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

Місто Запоріжжя є обласним центром України і, згідно ДБН 360-92\*\* «Містобудування. Планування і забудова міських та сільських поселень», відноситься до групи крупних міських поселень. Площа міста у адміністративних границях складає 331,55 км<sup>2</sup>, чисельність наявного населення станом на 01.01.2017 року складає 750,685 тис. осіб. Адміністративно місто поділене на сім районів (Комунарський, Олександрівський, Вознесенівський, Заводський, Дніпровський, Хортицький, Шевченківський). Міський громадський транспорт представлений автобусним (що працює у звичайному, експресному режимі руху та режимі маршрутного таксі), тролейбусним та трамвайним видами транспорту.

Запоріжжя представляє собою агломерацію окремих поселень та районів промислової забудови, об'єднаних адміністративними та функціональними зв'язками. Територія міста суттєво насичена мережею залізничних колій (магістральних та під'їзних), ярами та балками. Це, одночасно з розвитком житлової забудови у правобережній частині міста, значно ускладнює трасування міських магістралей.

### 1.1 Маршрутна мережа міста та її розвиток

Станом на 01.02.2017 р. у м. Запоріжжя склалася маршрутна мережа МГТ, що налічує 92 автобусних маршрути та 14 маршрутів міського електричного транспорту (7 тролейбусних та 7 трамвайних маршрутів). За 2017 рік відкрито нові автобусні маршрути: №18 «Бородінський мкрн. – 4-й Південний мкрн.», №33 «вул. М. Ласточкина – Вокзал «Запоріжжя-2», №24 «Вокзал «Запоріжжя-

2» – вул. Б. Завади», №19 «Річковий порт – ВАТ «Запоріжсталь». Закрито діючі автобусні маршрути: №9 «вул. Олімпійська – вул. Б. Завади – вул. Олімпійська», №77 «вул. Олімпійська – Завод «Запоріжкабель», №78 «Сімферопольське шосе – Авторинок», №68 «пр. Металургів – Комбінат «Запоріжсталь», №68А «пр. Металургів – Комбінат «Дніпроспецсталь», №79 «Річковий порт – вул. Б. Завади», №85А «Набережна – вул. Європейська», №56 «вул. Воронезька – Вокзал «Запоріжжя-1», №98 «вул. Рубана – Автостанція №3 – вул. Рубана». Траси автобусних маршрутів №5 та №5А «Клініка ВІЗУС – Автострада – Клініка ВІЗУС» подовжено з організацією кінцевої зупинки на вул. Олімпійській (у від зупинки «Клініка ВІЗУС» по вул. Ситова, Європейській). У таблиці 1.1 наведені показники розвитку маршрутної мережі МГТ м. Запоріжжя станом на 01.02. 2017 р.

Таблиця 1.1 – Показники розвитку маршрутної мережі м. Запоріжжя станом на 01.02.2017 р.

| Показник                                                          | Одиниця виміру  | Значення показника |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------|
| 1. Чисельність наявного населення міста                           | тис. осіб       | 750,7              |
| 2. Площа міста у адміністративних межах                           | км <sup>2</sup> | 331,6              |
| 3. Площа міста під забудовою (сельбищна)                          | км <sup>2</sup> | 190,1              |
| 4. Кількість маршрутів МГТ, разом                                 | од.             | 106                |
| у т. ч. автобусних                                                | од.             | 92                 |
| тролейбусних                                                      | од.             | 7                  |
| трамвайних                                                        | од.             | 7                  |
| 5. Загальна протяжність маршрутної мережі МГТ, по мережі в цілому | км              | 296,9              |
| у т. ч. автобусної                                                | км              | 288,6              |
| тролейбусної                                                      | км              | 94,2               |
| трамвайної                                                        | км              | 49,7               |

Продовження таблиці 1.1.

| Показник                                  | Одиниця виміру   | Значення показника |
|-------------------------------------------|------------------|--------------------|
| 6. Сумарна довжина маршрутів МГТ, разом   | км               | 1470,8             |
| у т. ч. автобусної                        | км               | 1287,8             |
| тролейбусної                              | км               | 104,8              |
| трамвайної                                | км               | 78,2               |
| 7. Щільність маршрутної мережі МГТ, разом | км <sup>-1</sup> | 1,56               |
| у т. ч. автобусної                        | км <sup>-1</sup> | 1,52               |
| тролейбусної                              | км <sup>-1</sup> | 0,50               |
| трамвайної                                | км <sup>-1</sup> | 0,26               |
| 8. Маршрутний коефіцієнт мережі, разом    | –                | 4,95               |
| у т. ч. автобусної                        | –                | 4,46               |
| тролейбусної                              | –                | 1,11               |
| трамвайної                                | –                | 1,57               |

Основними показниками, що характеризують розвиток маршрутної мережі є *щільність маршрутної мережі та маршрутний коефіцієнт*.

Щільність маршрутної мережі  $\delta$  (км/км<sup>2</sup>) визначається як відношення довжини маршрутної мережі  $L_m$  до забудованої (сільбищної) площі міста  $F_c$  (км<sup>2</sup>)

$$\delta = \frac{L_m}{F_c} = \frac{296,9}{190,1} = 1,56 \text{ км/км}^2. \quad (1.1)$$

Величина  $\delta$  характеризує насиченість міської території лініями МГТ і визначає середню дальність піших підходів пасажирів до зупинок МГТ. Згідно вимог п. 7.40 ДБН 360-92\*\* «Містобудування. Планування та забудова міських та сільських поселень» щільність мережі ліній наземного МГТ на забудованих територіях повинна складати, як правило,  $\delta = 1,5 \dots 2,5 \text{ км/км}^2$ . Відстань пішого підходу пасажирів до зупинок МГТ визначається за формулою

$$l_{\text{піш}} = k_{\text{нп}} \sqrt{\left(\frac{1}{3\delta}\right)^2 + \left(\frac{l_{\text{пер}}}{4}\right)^2}, \quad (1.2)$$

де  $k_{\text{нп}}$  — коефіцієнт непрямолінійності підходу пасажирів до зупинки.

Приймається  $k_{\text{нп}} = 1,2$ ;

$l_{\text{пер}}$  — середня довжина перегону маршруту (середня відстань між суміжними зупиночними пунктами на маршрутній мережі), км.

Приймаючи значення  $l_{\text{пер}} = 0,5$  км, отримаємо

$$l_{\text{піш}} = 1,2 \sqrt{\left(\frac{1}{3 \cdot 1,56}\right)^2 + \left(\frac{0,5}{4}\right)^2} = 0,297 \text{ км},$$

або 297 м, що при середній швидкості руху пішохода 4 км/год (66,7 м/хв) дає значення середньої тривалості пішого підходу пасажирів до зупинки 4,45 хв. Таким чином, нормативні значення щільності маршрутної мережі, відстані та тривалості підходу пасажирів до зупинок у м. Запоріжжя виконуються.

Маршрутний коефіцієнт визначається за формулою

$$k_{\text{м}} = \frac{L_{\Sigma}}{L_{\text{м}}}, \quad (1.2)$$

де  $L_{\Sigma}$  — сумарна довжина маршрутів мережі, км.

Сумарна довжина маршрутів мережі визначається як сума довжин кожного окремого маршруту  $l_{\text{мі}}$  (км). Для маршрутів з маятниковим рухом (двома кінцевими зупинками) довжина маршруту визначається як середнє арифметичне довжин траси маршруту у прямому  $l_{\text{пр}}$  і зворотному  $l_{\text{зв}}$  напрямках

$$l_{\text{м}} = \frac{1}{2} (l_{\text{пр}} + l_{\text{зв}}). \quad (1.3)$$

Для маршрутів з кільцевим рухом (однією кінцевою зупинкою) довжина маршруту визначається як довжина його траси.

Для маршрутної мережі м. Запоріжжя в цілому величина маршрутного коефіцієнту при  $L_{\Sigma} = 1470,8$  км та  $L_m = 296,9$  км дорівнює

$$k_m = \frac{1470,8}{296,9} = 4,95.$$

Маршрутний коефіцієнт є важливим показником розвитку маршрутної мережі, оскільки його величина безпосередньо зв'язана з основними показниками пасажироперевезень — обсягом транспортної роботи, експлуатаційною швидкістю, маршрутним інтервалом та щільністю руху. Він характеризує дублювання маршрутів на мережі і чисельно виражає кількість кілометрів маршрутів, що припадають на один кілометр маршрутної мережі. Рекомендовані значення маршрутного коефіцієнту у містах  $k_m = 1,5 \dots 3,5$  [1]. Збільшення маршрутного коефіцієнту, з одного боку, зменшує пересадочність поїздок, а з другого — збільшує маршрутні інтервали за незмінної пасажиромісткості рухомого складу або спонукає використовувати для їх дотримання рухомий склад меншої пасажиромісткості. Таким чином, величину маршрутного коефіцієнту для маршрутної мережі міста Запоріжжя слід вважати завищеною, наслідком чого є переважаюча кількість рухомого складу відносно малої місткості на діючих автобусних маршрутах.

## 1.2 Режими руху і рухомий склад

На маршрутній мережі міського автобуса у м. Запоріжжя використовуються такі режими руху, визначені Законом України «Про автомобільний транспорт»:

а) звичайний режим — перевезення пасажирів автобусами на маршруті загального користування з дотриманням усіх зупинок, передбачених розкладом руху;

б) експресний режим — перевезення пасажирів автобусами на маршруті загального користування, на якому є звичайний режим руху, з дотриманням зупинок, кількість яких за розкладом руху не перевищує 25 % кількості зупинок при звичайному режимі руху;

в) режим маршрутного таксі — перевезення пасажирів на міському автобусному маршруті загального користування за розкладом руху, в якому визначається час відправлення автобусів з початкового та кінцевого пунктів маршруту з висадкою і посадкою пасажирів чи громадян на їхню вимогу на шляху прямування автобуса в місцях, де це не заборонено правилами дорожнього руху. Втім, п. 147 Правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту (затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 18.02.1997 р. № 176) зобов'язує водія зупиняти під час виконання рейсу в режимі маршрутного таксі автобус для посадки на вимогу в місцях зупинки громадського транспорту, а також в інших місцях, але не ближче ніж за 100 метрів від місця зупинки громадського транспорту, якщо це не суперечить Правилам дорожнього руху.

На маршрутах міського тролейбуса і трамваю встановлено один режим руху — звичайний.

Згідно паспортів автобусних маршрутів загального користування м. Запоріжжя, з 92 маршрутів: 4 — працюють виключно у звичайному режимі руху, 8 — працюють виключно у режимі маршрутного таксі, 2 — працюють виключно у експресному режимі руху, 70 — працюють у звичайному режимі та режимі маршрутного таксі, 4 — працюють у звичайному та експресному режимах, 4 — працюють у звичайному, експресному режимах та режимі маршрутного таксі.

Принципова відмінність режиму руху маршрутного таксі від звичайного полягає у дотриманні під час рейсу усіх зупинок, що передбачені розкладом

руху. Експресний режим, на відміну від звичайного, передбачає виконання лише частини зупинок у кількості не більше ніж 25 % від загальної кількості зупинок у звичайному режимі руху. Відповідно, тривалість виконання рейсу для автобусів, що працюють у різних режимах руху, повинна відрізнятися згідно даних, наведених у паспортах маршрутів. Крім того, існують вимоги до рухомого складу, який може використовуватись у кожному з режимів руху.

У відповідності до Порядку визначення класу комфортності автобусів, сфери їхнього використання за видами сполучень та режимами руху (затвердженого наказом Міністерства інфраструктури України від 14.05.2007 р. № 285, усі автобуси поділяють на категорії ( $M_2$ ,  $M_3$ ) та класи (А, В, І, ІІ, ІІІ).

Категорія автобуса визначається повною масою автобуса (категорія  $M_2$  — автобуси повною масою не більше 5 т, категорія  $M_3$  — автобуси повною масою понад 5 т). Клас автобуса визначається конструкцією та пасажиромісткістю автобуса таким чином:

а) автобуси з місткістю не більше 22-х пасажирів (крім водія) поділяють на два класи:

- клас А — автобуси, що призначені для перевезення сидячих пасажирів та мають місця для перевезення пасажирів стоячи;

- клас В — автобуси, що призначені перевезення виключно сидячих пасажирів;

б) автобуси з місткістю понад 22 пасажирів поділяють на три класи:

- клас І — автобуси, призначені для перевезення сидячих і стоячих пасажирів, конструкція яких дає змогу пасажирам безперешкодно переміщуватись по салону;

- клас ІІ — автобуси, призначені для перевезення головним чином сидячих пасажирів, а також стоячих пасажирів у проході проміж рядами та (або) на площадці для стоячих пасажирів, розмір якої не перевищує  $1,5 \text{ м}^2$ ;

- клас ІІІ — автобуси, призначені для перевезення виключно сидячих пасажирів.

Прийнята класифікація побудована на класифікаціях ЄЕК ООН UN/ECE R 36-03 «Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження пасажирських колісних транспортних засобів великої місткості стосовно загальної конструкції» та ЄЕК ООН R 52-01 «Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження маломісних колісних транспортних засобів категорій  $M_2$  та  $M_3$  стосовно їхньої загальної конструкції». Втім, оригінальні документи більш чітко визначають сферу застосування автобусів за призначенням, а саме: класи А та В — автобуси малої місткості (мікроавтобуси), І — міські автобуси, ІІ — приміські автобуси, ІІІ — міжміські та міжнародні автобуси. Сфери використання автобусів на міських перевезеннях, регламентовані Порядком визначення класу комфортності автобусів, сфери їхнього використання за видами сполучень та режимами руху, наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 — Режими руху автобусів, які можуть застосовуватись на міських маршрутах

| Клас автобуса | Дозволений режим руху                  |
|---------------|----------------------------------------|
| А             | звичайний, експресний, маршрутне таксі |
| В             | звичайний, експресний, маршрутне таксі |
| І             | звичайний                              |
| ІІ            | звичайний, експресний                  |
| ІІІ           | звичайний, експресний                  |

Таким чином, у звичайному режимі руху може використовуватись будь-який клас автобуса, у режимі маршрутного таксі — автобуси класів А та В, у експресному режимі — автобуси класів ІІ або ІІІ.

Згідно даних, зазначених у паспортах автобусних маршрутів, що відповідають укладеним договорам з перевізниками, щоденно на маршрутах міста мають працювати 900 автобусів, з яких 739 (82 %) відносяться до класів А або В, а 161 — до класів І або ІІ. Плановий щоденний випуск тролейбусів складає 44

одиниці, випуск трамваїв — 55 вагонів (або їх составів, що працюють за системою багатьох одиниць).

Перелік рухомого складу, що використовується на міських маршрутах загального користування у м. Запоріжжя наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 — Рухомий склад, що використовується на міських маршрутах загального користування м. Запоріжжя

| Марка рухомого складу                                                                       | Клас | Пасажиромісткість, пас. |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------|-------|
|                                                                                             |      | місць для сидіння       | повна |
| Автобуси                                                                                    |      |                         |       |
| Mercedes Benz Sprinter (308 D, 310 D, 311 CDI, 312 D, 313 CDI, 408 D, 410 D, 412 D, 413 CDI | В    | 18                      | 18    |
| Volkswagen LT (35, 46)                                                                      | В    | 18                      | 18    |
| ГАЗ 3221                                                                                    | В    | 13                      | 13    |
| Рута СПВ А048.3                                                                             | А    | 19                      | 22    |
| Рута 16                                                                                     | А    | 13                      | 16    |
| Рута 17                                                                                     | В    | 16                      | 16    |
| Рута 18                                                                                     | А    | 16                      | 18    |
| Рута 19                                                                                     | А    | 18                      | 19    |
| Рута 20                                                                                     | А    | 18                      | 20    |
| Рута 22                                                                                     | А    | 19                      | 22    |
| БАЗ 2215, БАЗ 22154                                                                         | А    | 14                      | 18    |
| Рута 23                                                                                     | І    | 23                      | 23    |
| Рута 25                                                                                     | І    | 19                      | 25    |
| БАЗ А079.04                                                                                 | І    | 19                      | 38    |
| ПАЗ 3205                                                                                    | І    | 21                      | 41    |
| Богдан А0690                                                                                | І    | 21                      | 35    |
| Богдан А091                                                                                 | І    | 21                      | 45    |

Продовження таблиці 1.3.

| Марка рухомого складу       | Клас | Пасажиromісткість, пас. |       |
|-----------------------------|------|-------------------------|-------|
|                             |      | місць для сидіння       | повна |
| Богдан А092                 | I    | 21                      | 43    |
| Богдан А144.2               | I    | 31                      | 80    |
| ЛиАЗ 5256                   | I    | 23                      | 117   |
| I-VAN А07А                  | I    | 23                      | 50    |
| MAN А10 NL262               | I    | 28                      | 100   |
| MAN А12 EL202               | I    | 28                      | 100   |
| МАЗ 103                     | I    | 21                      | 100   |
| Ikarus 256                  | III  | 45                      | 45    |
| Тролейбуси                  |      |                         |       |
| ЗИУ 682В, 682Г              | –    | 30                      | 125   |
| Дніпро Т103                 | –    | 25                      | 100   |
| Skoda 14TrM, Skoda 14Tr10/6 | –    | 24                      | 80    |
| ЮМЗ Т2                      | –    | 26                      | 103   |
| ЛАЗ Е183D1                  | –    | 24                      | 120   |
| Трамваї                     |      |                         |       |
| Tatra Т3SU                  | –    | 32                      | 157   |
| Tatra Т6В5SU                | –    | 40                      | 166   |
| К1                          | –    | 32                      | 170   |

Таким чином, у структурі парку рухомого складу, що працює на міських маршрутах, суттєво переважає рухомий склад малої місткості — автобуси класів А та В. У таких автобусах пасажирів нерідко перевозяться у незадовільних умовах (особливо у години «пік»), з перевищенням нормативної пасажиромісткості рухомого складу. Намагаючись отримати більший прибуток, перевізники допускають до перевезення пасажирів стоячи у транспортних засобах, не призначених для цього.

### 1.3 Аналіз методів моделювання матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій

Визначення обсягів пасажирських кореспонденцій у містах пов'язане з рішенням комплексу задач, серед яких слід у першу чергу відзначити наступні:

а) виявлення та вивчення закономірностей між переміщеннями міського населення та соціальними факторами, що їх визначають;

б) розрахунок провізної спроможності міського пасажирського транспорту (МПТ) та потрібного парку рухомого складу для забезпечення перевезень пасажирів при задовольненні умов якості їх обслуговування на визначеному рівні.

В залежності від даних, що наявні (чи *можуть* бути отримані), розрахунки пасажирських кореспонденцій можуть бути виконані за двома схемами: на підставі даних натурних обстежень пересувань населення та на основі побудови логічних теоретичних моделей пасажироперевезень, що відповідають реально існуючим умовам перевезень.

Математичні моделі ґрунтуються на побудові певних залежностей формування пересувань від факторів, що їх визначають. У відповідності до можливостей, що надаються схемою, вони дозволяють аналізувати явище. Разом з тим, обмеженість моделювання пасажиропотоків пов'язана з тим, що у моделях можна практично врахувати вельми невелику кількість факторів, що впливають на характер пересувань. Тому побудувати єдину модель формування пасажироперевезень практично неможливо. Ще не створено єдиної моделі, що була б практично використана у практиці містобудівного проектування та визначала розвиток пасажироперевезень у історичному часі [2].

В залежності від практичних умов, головним чином в залежності від групи населеності міста та обсягу наявних даних, для розрахунку пасажироперевезень використовують три групи математичних моделей:

а) *детерміновані* — розглядають пересування у вигляді однозначної функції факторів-визначників (гравітаційна, електростатична аналогії тощо);

б) *імовірнісні* — розглядають пересування у вигляді стохастичних величин, що підлягають статистичним закономірностям (моделі множинної кореляції, імітаційні моделі тощо);

в) *евристичні* — визначають обсяги пасажироперевезень на підставі евристик, тобто формальних чи неформальних прийомів, що побудовані на логіці та здоровому глузді (методи динамічних рядів, коефіцієнтів ваги тощо);

Також існують комбіновані моделі, що поєднують у собі елементи моделей трьох вищезгаданих груп.

В залежності від методики отримання вихідних даних та використання висновків моделі розрахунку пасажироперевезень поділяють на два класи: *аналогові* та *синтетичні*.

Аналогові моделі застосовують для розрахунку існуючих транспортних систем з відомими за даними натурних обстежень тенденціями. Такі моделі не викривають причинної сутності утворення пасажирських зв'язків у місті, але виходять з припущення, що перспективна картина пересувань у місті буде аналогічною існуючій (на момент отримання натурних даних). Для прогнозування обсягів пасажироперевезень на наступні періоди часу у такі моделі часто вносять так звані «фактори зростання» чи «коефіцієнти зростання», величину яких можна розрахувати на підставі екстраполяції минулого досвіду.

Синтетичні моделі не потребують аналізу існуючого стану пасажироперевезень, їх використовують при проектуванні транспортних систем нових міст. Особливість цих методів полягає в тому, що вони моделюють сам процес формування пасажирських зв'язків у заданих планувальних та транспортних умовах міст.

У основі всіх синтетичних моделей лежить розрахунок кореспонденцій між окремими районами  $i$  та  $j$  міста — транспортними районами. У найбільш поширеній гравітаційній моделі кількість кореспонденцій між районами визначається за формулою

$$A_{ij} = \frac{k \cdot A_i^\alpha \cdot A_j^\beta}{R_{ij}^\gamma}, \quad (1.4)$$

де  $k$  — масштабний коефіцієнт;

$A_i$  — ємність  $i$ -го транспортного району за відправленням;

$A_j$  — ємність  $j$ -го транспортного району за прибуттям;

$R_{ij}$  — «функція опору» транспортного зв'язку районів (відстань між районами, складність сполучення, вартість проїзду чи комбінація цих показників). Зазвичай під функцією опору розуміють складність сполучення між транспортними районами, виражену в приведених одиницях часу;

$\alpha, \beta, \gamma$  — емпіричні коефіцієнти, що встановлюються на підставі натурних транспортних обстежень.

Як зазначається у [3] на практиці зазвичай приймають  $\alpha = \beta = 1$ ,  $\gamma = 2,5 \dots 3,5$ . При  $\alpha = \beta = 1$  та  $\gamma = 2$  вираз (1.4) повторює фізичний закон гравітаційної взаємодії.

Гравітаційна модель відноситься до класу детермінованих: за відомих визначаючих факторах вона дає математичні очікування обсягів пасажироперевезень. Це є безперечною перевагою моделі — вона є простою та дає однозначний результат. У той же час, при побудові моделі є певні складнощі.

Оскільки метод призначений для розрахунків обсягів перевезень для нових, ще не існуючих міст, визначення емпіричних коефіцієнтів для них шляхом натурального обстеження є неможливим. Тому на практиці, для визначення коефіцієнтів, переносяться результати, що отримані натурними методами у інших містах. Але ж двох однакових міст за плануванням не існує. Тому розрахунки за моделлю приречені на похибку. Однак, з іншого боку, немає можливості оцінити значення цієї похибки навіть для існуючих міст, оскільки гравітаційна модель побудована на припущенні розподілу кореспонденцій між транспортними районами згідно функції складності сполучення, що висунута у якості гіпотези. Крім того, є певні складнощі у визначенні ємностей транспортних

районів, які зазвичай приймають за кількістю місць прикладення праці та місць проживання. На практиці при розрахунках слід враховувати динаміку збільшення та зменшення робочих місць, міграцію населення територією міста, рівень автомобілізації. Всі ці фактори у гравітаційній моделі не враховуються.

У імовірнісних моделях кореспонденції між транспортними районами визначаються за формулою

$$A_{ij} = A_i \cdot A_j \cdot P_{ij}, \quad (1.5)$$

де  $P_{ij}$  — імовірність того, що пересування закінчиться у районі  $j$ , тобто кількісна оцінка тяжіння району  $j$  для поїздок, що зароджуються у районі  $i$ .

Як видно з (1.5) основною складністю побудови імовірнісних моделей є методика визначення  $P_{ij}$ . Наприклад, за припущення нормально-імовірнісного розподілу зв'язків відносно центрів транспортного тяжіння величину  $P_{ij}$  визначають на підставі формули

$$d_{ij} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{t_{ij}^2}{2\sigma^2}}, \quad (1.6)$$

де  $t_{ij}$  — складність сполучення (тривалість пересування) між центрами розглядуваних транспортних районів.

Параметр  $\sigma$  нормально-імовірнісного закону у цьому випадку визначають на підставі прийнятої граничної складності сполучення  $T_{\max}$  за відомим правилом «трьох сигм»

$$\sigma = \frac{1}{3} T_{\max}. \quad (1.7)$$

Такий підхід теж побудований на теоретичних припущеннях, що показали непогану збіжність за натурними обстеженнями у існуючих містах.

Ентропійний підхід до моделювання кореспонденцій полягає у наступному. Нехай є  $n$  клітинок, у яких необхідно розмістити  $A$  елементів. Припустимо, що імовірність розміщення елементу у кожній  $i$ -й клітинці дорівнює  $p_i$ , причому  $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ . Нехай в результаті випадкового  $A$ -кратного вибору у кожній клітинці опинилося  $x_i$  елементів, причому

$$\sum_{i=1}^n x_i = A. \quad (1.8)$$

Можна показати, що імовірність певного набору  $x_1 \dots x_n$  пропорційна наступній величині  $Q$

$$Q = \prod_i \frac{p_i^{x_i}}{x_i!}. \quad (1.9)$$

При достатньо великих  $A$  можна покласти, що  $x_i \rightarrow \infty$ , що дозволяє записати

$$\ln x_i! \approx x_i \ln \frac{x_i}{e}. \quad (1.10)$$

Звідки можна отримати

$$\ln Q = \sum_{i=1}^n x_i \ln \frac{p_i \cdot e}{x_i}. \quad (1.11)$$

Найважливішим апаратом ентропійної моделі є припущення про те, що стан, у якому спостерігається система, є статистично неупередженим, тобто максимально імовірним. Цьому випадку відповідає

$$\sum_{i=1}^n x_i \ln \frac{p_i \cdot e}{x_i} \rightarrow \max. \quad (1.12)$$

Будемо вважати, що клієнти транспортної системи мають певні переваги при виборі транспортних зв'язків, тобто кореспонденцій між районами. Нехай «ідеальним» з точки зору клієнтів буде розподіл  $x_{ij}^0$  кореспонденцій, який був би за умови вільного вибору зв'язків у транспортній системі. Тоді реальному розподілу кореспонденцій відповідає максимум ентропії

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} \ln \frac{x_{ij}^0}{x_{ij}} \rightarrow \max, \quad (1.13)$$

де  $M, N$  — відповідно, кількість транспортних районів відправлення та прибуття пасажирів.

Додаючи до цього обмеження, що виражають транспортну місткість районів прибуття та відправлення, можна отримати елементи матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій.

Остаточно, матриця кореспонденцій отримується як результат максимізації середньозваженої відносно індивідуальних побажань ентропії на множині системних обмежень. Шукана матриця є найбільш близькою, найменш зміщеною відносно бажаного розподілу кореспонденцій з усіх можливих розподілів.

Ентропійне моделювання може бути застосовано також при розрахунку трудових кореспонденцій мешканців при прогнозуванні розселення, кореспонденцій вантажних автомобілів при централізованих перевезеннях, маршрутних кореспонденцій на міському пасажирському транспорті.

Наприклад, при рішенні першої з задач основною інформацією для розрахунку є ємності  $A_i$  районів проживання та ємності  $B_j$  районів прикладення праці, що призводить до необхідності виконання балансу кореспонденцій. Для того, щоб вирішити задачу, необхідно визначити бажаний розподіл кореспонденцій  $x_{ij}^0$ . Будемо трактувати функцію  $\phi_{ij}$  як імовірність бажаного для мешканця зв'язку  $(i,j)$ ,  $\sum \phi_{ij} = 1$ . Тоді незміщений ідеальний розподіл кореспонденцій буде мати вигляд

$$x_{ij}^0 = A_j \cdot B_j \cdot \phi_{ij}. \quad (1.14)$$

Однак, розподіл кореспонденцій (1.14) у загальному випадку не задовольнить балансові рівняння (1.8). Для отримання збалансованої матриці кореспонденцій слід вирішити задачу

$$\sum_{i,j} x_{ij}^0 \ln \frac{A_i \cdot B_j \cdot \phi_{ij}}{x_{ij}} \rightarrow \max. \quad (1.15)$$

Використовуючи метод невизначених множників Лагранжа нескладно показати, що рішення цієї задачі дається формулою (1.14). Цей факт підтверджує думку щодо того, що різні підходи до моделювання кореспонденцій відбивають лише визначені боки процесів колективної поведінки.

Як показують експерименти, стандартне відхилення теоретичних та фактичних кореспонденцій складає 80 ... 100 %. Для перспективних містобудівних розрахунків такі похибки вважаються припустимими. Подальший розвиток ентропійного моделювання дає можливість знизити похибки до 30 ... 50 %.

Часто у колективних процесах важко виділити перевагу одного варіанту вибору зв'язків перед іншим, тобто у цьому випадку всі варіанти вважаються рівно імовірними. Нескладно показати, що рівноімовірність при трудовому розселенні відповідала б набору кореспонденцій

$$x_{ij} = x_{ij}^0 = \frac{A_j \cdot B_j}{A}, \quad (1.16)$$

$$\text{де } A = \sum_i A_i = \sum_j B_j.$$

Однак, відсутність переваг ще не визначає повністю систему кореспонденцій. Можна передбачити, що існують додаткові системні обмеження, що ді-

ють статистично неупереджено по відношенню до кожного окремо взятого клієнта та такі, що мають суттєвий вплив на формування зв'язків. У найбільш очевидному вигляді це прикладене до процесів централізованих міських перевезень та перевезень пасажирів на міському транспорті загального користування.

#### 1.4 Аналіз методів розподілу пасажирських потоків на маршрутній мережі

Пасажирські потоки на ділянках маршрутної мережі є одним з найважливіших показників функціонування пасажирської транспортної системи міста. Вони є вихідним матеріалом для рішення задач управління, планування та прогнозування у транспортній системі [2].

Нехай для графа маршрутної мережі  $G$  відома матриця пасажирських кореспонденцій  $|x_{ij}|$ . Маючи матрицю кореспонденцій по усіх пересуваннях у місті у розрізі часу, можна змоделювати процеси руху і, таким чином, отримати значення пасажирських потоків на усіх ділянках маршрутної мережі міста. Розв'язок цієї задачі передбачає пошук маршрутів прямування пасажирів з урахуванням їх цільових функцій та технологічних параметрів мережі.

На вибір пасажирями шляху прямування впливає безліч факторів, серед яких час, відстань, безпека, комфорт, необхідність пересадки, вартість проїзду тощо. Вельми логічним та розповсюдженим є припущення, що пасажир обирає для прямування найкоротших шлях з множини можливих. Однак, у більшості випадків пасажирі можуть користуватися декількома альтернативними маршрутами, що необхідно враховувати при побудові системи найкоротших шляхів. За такого підходу, зазвичай, формують усі маршрути, що відрізняються від найкоротшого на певну константу, величина якої визначається на підставі

практичних міркувань. Після чого підсумовують кореспонденції по визначеній множині альтернативних маршрутів. Якщо позначити як  $\lambda_{xy}$  величину пасажирського потоку на ділянці маршрутної мережі між вершинами  $x$  та  $y$ , матимемо

$$\lambda_{xy} = \sum_{i,j \in M_{xy}} x_{ij}, \quad (1.17)$$

де  $M_{xy}$  — множина пар  $(i,j)$ , для яких маршрути прямування проходять через ділянку маршрутної мережі  $(x,y)$ .

Однак, формула (1.17) не враховує впливу геометричних характеристик мережі на час проїзду ділянками мережі та відповідно на їх маршрути.

У загальному вигляді можливі два варіанти накладення пасажирських потоків на ділянки маршрутної мережі. У *першому* випадку розраховуються найкоротші відстані на маршрутній мережі та за цими шляхами накладаються пасажирські кореспонденції. Недоліком цього способу є те, що після розрахунку кореспонденцій на багатьох ділянках величина пасажирського потоку буде перевищувати їх фактичну пропускну спроможність. Таким чином, такий розподіл не буде відбивати дійсне становище, але, втім, він може бути корисним для пошуку «вузьких місць» маршрутної мережі.

У *другому* випадку кореспонденції розподіляються по ділянках мережі з урахуванням їх пропускну та провізної спроможності. При цьому розглядаються  $n > 1$  матриць пасажирських кореспонденцій  $|x_{ij}/n|$ . Припускається, що відомі залежності тривалості поїздки  $\tau_{xy}$  на ділянці в залежності від величини пасажиропотоку на ній  $\tau_{xy} = \tau_{xy}(\lambda_{xy})$ . Залежності подібного виду зазвичай є монотонно зростаючими опуклими функціями.

Алгоритм накладення пасажиропотоків на маршрутну мережу розбивається на  $n$  послідовних операцій. Перед першою ітерацією покладають нульові величини потоків на ділянках мережі  $\lambda_{xy}^0$ , а тривалості поїздки для пер-

шої ітерації приймаються рівними  $\tau_{xy}^0 = \tau_{xy} \times \lambda_{xy}^0$ . За таких умов розраховують найкоротші тривалості руху та підсумовують на ділянках мережі кореспонденції однієї з  $n$  матриць. В результаті отримають після першої ітерації деякі значення пасажирських потоків  $\lambda_{xy}^1$  та тривалості руху  $\tau_{xy}^1 = \tau_{xy} \times \lambda_{xy}^1$  на ділянках. Повторюючи такі обчислення, після  $i \leq n$  за рахунком ітерації будуть отримані  $\lambda_{xy}^i$  — величини пасажирських потоків на ітерації  $i$  та  $\tau_{xy}^i = \tau_{xy} \left( \sum_{j=0}^i \lambda_{xy}^j \right)$  — тривалості руху пасажирів по ділянках. У підсумку, після виконання усіх  $n$  ітерацій буде отримано пасажирські потоки на усіх ділянках та тривалості руху пасажирів на кожній з них.

При невеликих пасажиропотоках, коли рівень завантаження ділянок маршрутної мережі невеликий, час руху пасажирів мало залежить від величини пасажиропотоків, тобто  $\tau_{xy} = \text{const}$ . Цьому випадку відповідає оптимізаційна задача

$$\sum_{x,y \in A} \lambda_{xy} \cdot \tau_{xy} \rightarrow \min. \quad (1.18)$$

Таким чином, колективна поведінка учасників руху, що мінімізують свій час пересування у транспортній системі, призводить до розподілу пасажирських потоків, який відповідає сумарному мінімуму тривалості зайнятості мережі, тобто за легких умов руху саморегулювання клієнтів не протирічить системному регулюванню, одна з цілей якого — забезпечити швидке обслуговування пасажирів.

При збільшенні величини пасажиропотоків на ділянках, особливо коли настає насичення мережі, мінімізація часу пересування кожного з пасажирів не дає загального мінімуму руху у мережі в цілому. Таким чином, управління у транспортній системі з великим завантаженням ускладнюється тим, що наявний малий резерв провізної спроможності не може бути максимально використаним через неузгоджені індивідуальні дії кожного окремого пасажирів.

У той же час, сформульована задача не до кінця відбиває всю складність вибору шляхів прямування пасажирями. У дійсності вибір маршрутів прямування відбувається індивідуально, деяким імовірнісним чином.

Ще одним маловивченим питанням, пов'язаним з саморегулюванням у транспортній системі, є питання про необхідність надлишковості маршрутної мережі. У кожній маршрутній мережі між двома зупинками можна проїхати, зазвичай, деякою кінцевою кількістю маршрутів. В залежності від принципів побудови маршрутної мережі, кількість альтернативних маршрутів може різко коливатися. Очевидно, що розвинена надлишкова маршрутна мережа є більш життєздатною, такою, що може компенсувати найменші локальні перевантаження за рахунок фактору саморегулювання. Втім, надто надлишкова маршрутна мережа може бути з економічної точки зору значно менш вигідною, ніж транспортна мережа, що містить мінімальну кількість альтернативних маршрутів.

### 1.5 Висновки та постановка задач дослідження

Як свідчить сучасний стан громадського транспорту у місті Запоріжжя, він потребує докорінного змінювання. Стихійне формування маршрутної мережі «на замовлення» перевізників, що охопили маршрутами найбільш потужні пасажиропотоки, призвело до значного дублювання трас маршрутів та, як наслідок, масового використання на перевезеннях рухомого складу малої місткості (до 22-х пасажирів). При цьому у години «пік» кількість пасажирів у деяких випадках перевищує нормативну пасажиромісткість більш ніж у двічі.

За таких умов соціальним переважно став міський електричний транспорт, який без обмежень перевозить безплатно усі пільгові категорії пасажирів, на відміну від автобусів, що працюють у режимі маршрутного таксі.

Таким чином, маршрутна система міста Запоріжжя потребує змін. Основними вихідними даними для аналізу, проектування, удосконалення, управління розвитком маршрутної мережі є достовірна міжрайонна матриця пасажирських кореспонденцій (ММПК).

У квітні 2017 року Запорізьким національним технічним університетом було проведене комплексне обстеження пасажирських потоків на усіх маршрутах міського автобуса, тролейбуса та трамваю. В результаті були отримані дані про маршрутні кореспонденції та величини пасажирських потоків протягом буднього дня тижня на усіх маршрутах міста та ділянках маршрутної мережі. Це дає вихідні дані та можливість для моделювання пасажирських кореспонденцій з метою отримання ММПК для будь-якого періоду часу доби. Що, у свою чергу, дасть можливість отримати вихідні дані для оптимізації існуючої маршрутної мережі міського громадського транспорту міста Запоріжжя.

Таким чином, у даній роботі передбачається розв'язати такі задачі:

- а) виконати транспортне районування міста;
- б) визначити ємності транспортних районів за прибуттями та відправленнями пасажирів;
- в) емпіричним шляхом обрати вид функції тяжіння між транспортними районами;
- г) визначити елементи матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій методом гравітаційного моделювання;
- д) виконати балансування матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій;
- е) розрахувати вартість проїзду пасажирів у транспортній системі міста;
- ж) розробити заходи з охорони праці і безпеки у надзвичайних ситуаціях.

## 2 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОГО ПОПИТУ НАСЕЛЕННЯ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ У МІСТІ ЗАПОРІЖЖЯ

### 2.1 Транспортне районування міста

Першим етапом при побудові моделі транспортного попиту на перевезення пасажирів міським громадським транспортом є транспортне районування міста.

Транспортний розрахунок методом взаємного кореспондування транспортних районів передбачає умовну заміну суцільної міської структури з множиною точок зародження та погашення пасажирських кореспонденцій еквівалентною ній дискретною, з обмеженою кількістю таких точок. Для цього територію міста розбивають на, так звані, *транспортні райони* та вводять такі гіпотези:

а) усі пасажирські кореспонденції поділяються на внутрішньорайонні та міжрайонні;

б) внутрішньорайонні кореспонденції замикаються у межах транспортних районів та не перетинають їх меж, а міжрайонні навпаки, здійснюються між центрами (центроїдами) транспортних районів.

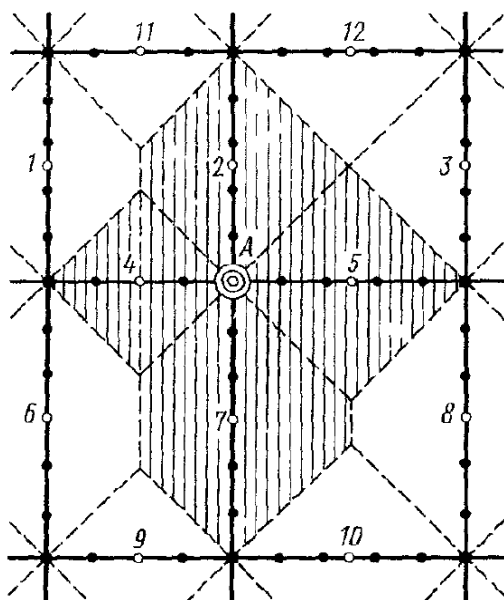
Згідно з технологією маршрутних перевезень у містах кореспондують між собою зупинки транспорту, що є пунктами доступу пасажирів до послуг громадського транспорту. Тому доцільним бачиться прийняття у якості транспортних районів зон впливу відповідних зупиночних пунктів. Такий підхід забезпечує можливість отримання пасажирських потоків та їх картограми на усіх перегонах транспортної мережі. Однак для реальних міст, внаслідок зростання трудомісткості обчислень пропорційно квадрату кількості транспортних районів, розв'язок задачі може бути нездійсненним, оскільки кількість транспортних районів є зовеликою. Тому у окремі транспортні райони рекомендується виділяти тільки зони впливу великих пасажироутворюючих та пасажиропоглинаючих пунктів, таких як прохідні великих підприємств, залізничні вокзали

тощо. Інші ж транспортні райони представляють собою сукупність зон впливу декількох зупиночних пунктів. При цьому при транспортному районі бажано дотримуватись таких правил:

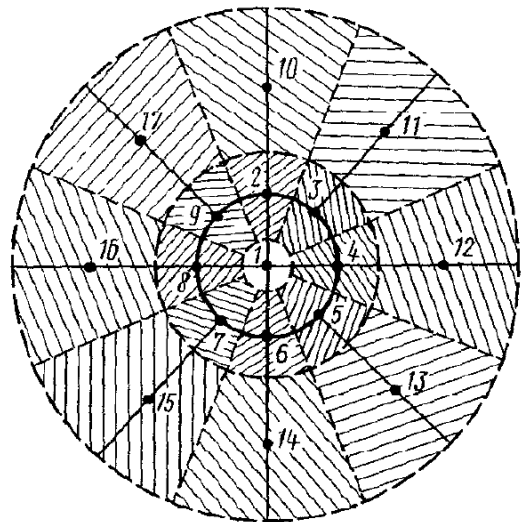
а) лінії транспортної мережі повинні бути осями симетрії транспортних районів, а їх границями — бісектриси кутів, що утворюють транспортні лінії у вузлах транспортної мережі (рисунок 2.1, а);

б) згідно з принципом компактності найкращою формою транспортного району є коло або шестикутник;

в) площа транспортного району приймається в середньому приблизно від 2,0 до 2,5 км<sup>2</sup>, що відповідає 80 ... 100 транспортним районам для міста з населенням від 700 тисяч до 1 млн. мешканців. Для міст з населенням від 500 тис. до 1 млн. мешканців рекомендується приймати кількість транспортних районів у межах від 60 до 80. При цьому у центральній частині міста площа транспортного району приймається у межах 0,4 ... 4,0 км<sup>2</sup>, у серединній зоні 4,0 ... 10,0 км<sup>2</sup>, у периферійній зоні — понад 10 км<sup>2</sup>.



а)



б)

Рисунок 2.1 — Принципи укрупнення транспортних районів (а)  
та зонування території міста (б)

г) площа транспортних районів зазвичай зменшується від периферії міста до загальноміського центру (рисунок 2.1, б). При цьому укрупнення транспортних районів виконується за вищезгаданим принципом компактності, тобто наближення отриманої форми транспортних районів до правильного шестикутника або кола.

Виконуємо транспортне районування міста Запоріжжя, послідовно за такими етапами.

1. У середовищі відкритої геоінформаційної системи QGIS на плані міста наносимо транспортну мережу, що представляє собою сукупність міських вулиць та проїздів, що можуть бути обслуженими міським громадським транспортом загального користування (рисунок 2.2). Вихідний картографічний матеріал у цифровому вигляді отримуємо з некомерційного веб-картографічного проекту *OpenStreetMap* ([www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org)), що є вільним для внесення модифікацій та імпорту даних.

2. У межах модельованої транспортної мережі наносимо на план міста існуючу маршрутну мережу, що представляє собою сукупність міських вулиць та проїздів, що на даний час обслуговуються усіма видами міського громадського транспорту (рисунок 2.3).

3. На існуючу маршрутну мережу наносимо існуючі зупинки міського громадського транспорту (рисунок 2.4).

4. З урахуванням викладених вище вимог виконуємо транспортне районування міста (рисунок 2.5).

В результаті транспортного районування міста Запоріжжя отримано 92 укрупнених транспортних райони, що відповідає рекомендаціям і забезпечує отримання міжрайонних пасажирських кореспонденцій з достатньою для розрахунків точністю.

Використання пошарового представлення електронних карт дає можливість встановити належність зупинки громадського транспорту до того чи іншого транспортного району, що, у свою чергу, дає можливість визначення їх транспортної ємності на підставі результатів обстеження пасажиропотоків.



Рисунок 2.2 — Модель транспортної мережі міста Запоріжжя



Рисунок 2.3 — Модель маршрутної мережі міста Запоріжжя



Рисунок 2.4 — Модель маршрутної мережі з зупинками громадського транспорту



Рисунок 2.5 — Транспортне районування міста Запоріжжя

## 2.2 Розрахунок ємностей транспортних районів за прибуттям та відправленням

Розрахунок ємностей транспортних районів за прибуттям  $Q_i^{\text{пр}}$  та відправленням  $Q_i^{\text{від}}$  визначаємо на підставі результатів комплексного обстеження пасажиропотоків у місті Запоріжжя, виконаної Запорізьким національним технічним університетом. Обстеження проводилось табличним методом на усіх маршрутах міста. Результати обстеження були внесені до комп'ютерної бази даних TRANSIT та оброблені.

В якості розрахункового періоду часу приймемо період ранкових годин «пік», а саме з 6:00 до 9:00 ранку. Саме у цей період часу пасажирський масовий транспорт працює з найбільшим навантаженням, та саме на підставі матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій для цього періоду встановлюється раціональна маршрутна мережа міста.

Використовуючи результати транспортного районування міста (рисунок 2.5) та відносно розташування (належність) зупинок міського пасажирського транспорту щодо цих транспортних районів (рисунок 2.4), визначаємо ємність транспортних районів:

а) за відправленням — як сумарну кількість пасажирів, що увійшли до усіх транспортних засобів на усіх зупинках, що належать до того чи іншого транспортного району протягом розрахункового періоду часу;

б) за прибуттями — як сумарну кількість пасажирів, що вийшли з усіх транспортних засобів на усіх зупинках, що належать до того чи іншого транспортного району, за той же період часу.

Дані про кількість пасажирів, що увійшли та вийшли з маршрутних транспортних засобів на зупинках за розрахунковий період часу беремо з результатів обстеження пасажиропотоків у базі даних TRANSIT, яка дозволяє визначити ці обсяги за зазначений час (6:00 — 9:00). Результати розрахунку наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 — Результати розрахунку ємностей транспортних районів міста Запоріжжя за прибуттям та відправленням (ранкові години «пік»)

| Номер ТР | Зупинка                      | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|------------------------------|---------------|--------------|
| 1        | Великий Луг                  | 113           | 50           |
|          | вул. Донецька                | 16            | 4            |
|          | вул. Зелена                  | 0             | 0            |
|          | вул. Котельнікова            | 7             | 7            |
|          | На вимогу (вул. Ленська)     | 10            | 30           |
| Разом    |                              | 146           | 91           |
| 2        | вул. Розваги                 | 12            | 17           |
|          | вул. Санаторна               | 0             | 0            |
|          | вул. Центральна              | 7             | 38           |
|          | Культбаза                    | 8             | 37           |
|          | Пляж                         | 2             | 9            |
| Разом    |                              | 29            | 101          |
| 3        | Бородінський ринок           | 1655          | 166          |
|          | вул. Товариська              | 1965          | 417          |
|          | м/н Бородінський (2)         | 315           | –            |
|          | м/н Бородінський (1)         | –             | 19           |
|          | Школа №96                    | 973           | 497          |
| Разом    |                              | 4908          | 1099         |
| 4        | вул. Дубова                  | 19            | 12           |
|          | вул. Ладозька                | 888           | 1042         |
|          | вул. Маршала Чуйкова         | 1310          | 568          |
|          | На вимогу (вул. Бородінська) | 292           | 298          |
|          | пров. Жемчужний              | 9             | 17           |
| Разом    |                              | 2518          | 1937         |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                     | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|-----------------------------|---------------|--------------|
| 5        | вул. Каховська              | 525           | 592          |
|          | вул. Рельєфна               | 137           | 367          |
|          | ДніпроГЕС                   | 439           | 674          |
|          | ЗСТО                        | 157           | 389          |
|          | Лікарня №9                  | 624           | 1441         |
|          | Правобережний ринок         | 759           | 715          |
| Разом    |                             | 2641          | 4178         |
| 6        | БК ЗТЗ                      | 153           | 235          |
|          | вул. Михайлова              | 86            | 4            |
|          | Гідротехнікум               | 8             | 22           |
|          | На вимогу (вул. С. Синенка) | 0             | 0            |
|          | Завод «Запоріжжкран»        | 87            | 258          |
|          | Заводоуправління            | 60            | 138          |
|          | Інститут «Гіпроелектро»     | 1070          | 1335         |
|          | Магазин «Інтерком»          | 59            | 21           |
|          | Півкільце                   | 139           | 102          |
|          | Універмаг Правобережний     | 43            | 44           |
|          | ш. Дніпровське              | 88            | 78           |
| Разом    |                             | 1793          | 2237         |
| 7        | Аптека                      | 150           | 53           |
|          | вул. С. Синенка             | 350           | 109          |
|          | вул. Піщана                 | 754           | 149          |
|          | Кільце ЗТЗ                  | 298           | 39           |
|          | Прохідна ЗТЗ (1)            | 143           | 83           |
| Разом    |                             | 1695          | 433          |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                         | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|---------------------------------|---------------|--------------|
| 8        | ВІТ                             | 248           | 185          |
|          | вул. Метрополітенівська         | 253           | 268          |
|          | Завод «Перетворювач»            | 355           | 286          |
|          | Прохідна ЗТЗ (2)                | 273           | 290          |
| Разом    |                                 | 1129          | 1029         |
| 9        | Автоколони №4                   | 100           | 333          |
|          | вул. Адмірала Макарова          | 134           | 87           |
|          | вул. М. Грушевського            | 153           | 68           |
| Разом    |                                 | 387           | 488          |
| 10       | Арматурний завод                | 457           | 192          |
|          | вул. Звенигородська             | 393           | 92           |
|          | вул. Руставі                    | 1213          | 638          |
|          | вул. Хакаська                   | 196           | 287          |
|          | На вимогу (вул. Звенигородська) | 13            | 21           |
|          | Школа №29                       | 736           | 128          |
| Разом    |                                 | 3008          | 1358         |
| 11       | вул. Дегтярьова                 | 93            | 61           |
|          | вул. Зестафонська               | 680           | 72           |
|          | вул. Пантелеймона Куліша        | 12            | 6            |
|          | На вимогу (вул. Кобилянської)   | 218           | 234          |
|          | За вимогою (вул. П. Куліша)     | 0             | 0            |
| Разом    |                                 | 1003          | 373          |
| 12       | Автоколони                      | 123           | 154          |
|          | Будинок культури                | 383           | 745          |
|          | Верхня Хортиця (1)              | 140           | 357          |
|          | Верхня Хортиця (2)              | 255           | 197          |
|          | вул. Сурикова                   | 90            | 32           |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                      | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|------------------------------|---------------|--------------|
| 12       | вул. Героїв 37-го Батальйону | 270           | 76           |
|          | Завод «Запоріжкабель» (1)    | 25            | 50           |
|          | Завод «Запоріжкабель» (2)    | 350           | 29           |
|          | Запорізький дуб              | 246           | 238          |
| Разом    |                              | 1882          | 1878         |
| 13       | вул. Анапська                | 15            | 18           |
|          | вул. П. Бузука               | 204           | 9            |
|          | вул. Розенталь               | 247           | 28           |
|          | вул. Соняшникова             | 0             | 0            |
|          | вул. Сусаніна                | 30            | 24           |
|          | вул. Терешкової              | 0             | 0            |
|          | На вимогу (вул. С. Юлаєва)   | 0             | 0            |
|          | Цвинтар Святого Миколая      | 24            | 233          |
|          | пров. Сибірський             | 0             | 0            |
| Разом    |                              | 520           | 312          |
| 14       | вул. Істоміна                | 124           | 95           |
|          | вул. Шмідта                  | 131           | 91           |
|          | Радгосп «Дружба»             | 143           | 50           |
| Разом    |                              | 398           | 236          |
| 15       | Музей історії Запоріжжя      | –             | 20           |
|          | Спортивний клуб «Славутич»   | 98            | 19           |
| Разом    |                              | 98            | 39           |
| 16       | 17-й Хортицький район        | 458           | 316          |
|          | Аптека                       | 495           | 36           |
|          | вул. Курузова                | 55            | 76           |
|          | вул. Рубана                  | 445           | 87           |
|          | Завод «Супертрансформатор»   | 456           | 329          |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                   | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|---------------------------|---------------|--------------|
| 16       | Нікопольський поворот     | 1063          | 265          |
|          | Славутич                  | 63            | 11           |
| Разом    |                           | 3035          | 1120         |
| 17       | Запорізька Січ            | 70            | 195          |
|          | Старий Дніпро             | 49            | 36           |
|          | ЦІМЕЖ                     | 40            | 69           |
| Разом    |                           | 159           | 300          |
| 18       | 15-й Хортицький мкрн.     | 63            | 19           |
|          | вул. 14-го Жовтня         | 505           | 448          |
|          | вул. Маршала Судця (1)    | 217           | 260          |
|          | вул. Маршала Судця (2)    | 518           | 198          |
|          | На вимогу (вул. М. Судця) | 0             | 0            |
|          | Пивзавод «Славутич»       | 0             | 0            |
|          | Школа №102                | 57            | 38           |
|          | Школа №32                 | 44            | 69           |
| Разом    |                           | 1404          | 1032         |
| 19       | вул. Новобудов            | 8             | 169          |
|          | Завод «Супутник»          | 30            | 216          |
|          | Хлібозавод №5             | 254           | 54           |
| Разом    |                           | 292           | 439          |
| 20       | вул. Задніпровська        | 136           | 241          |
|          | вул. Новгородська         | 1151          | 1072         |
|          | Меблевий магазин          | 299           | 46           |
|          | пр. Ювілейний             | 288           | 251          |
| Разом    |                           | 1874          | 1610         |

## Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                        | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|--------------------------------|---------------|--------------|
| 21       | 3-й Хортицький мкрн.           | 442           | 77           |
|          | вул. 93-ї Бригади              | 794           | 311          |
|          | вул. Воронежська               | 192           | –            |
|          | Школа №51                      | 119           | –            |
| Разом    |                                | 1547          | 388          |
| 22       | вул. Лахтінська                | 321           | 162          |
|          | На вимогу (пр. Ювілейний)      | 27            | 34           |
|          | Універсам (1)                  | 481           | 477          |
|          | Універсам (2)                  | 293           | 153          |
|          | Школа №9                       | 664           | 564          |
| Разом    |                                | 1786          | 1390         |
| 23       | На вимогу (пр. інж. Преображ.) | 36            | 100          |
|          | пр. Інж. Преображенського      | 178           | 64           |
|          | Супермаркет                    | 143           | 90           |
| Разом    |                                | 357           | 254          |
| 24       | Аптека                         | 598           | 225          |
|          | вул. Запорізького козацтва     | 50            | 138          |
|          | Диспетчерська                  | 392           | 132          |
|          | Поліклініка                    | 302           | 499          |
|          | Пошта                          | 535           | 334          |
| Разом    |                                | 1877          | 1328         |
| 25       | Водна станція                  | 16            | 6            |
|          | Магазин                        | 33            | 10           |
|          | Профілакторій                  | 2             | 12           |
|          | Селище Садівників              | 13            | 6            |
|          | Турбаза Хортиця (1)            | 52            | 159          |
|          | Турбаза Хортиця (2)            | 59            | 83           |
| Разом    |                                | 175           | 276          |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                      | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|------------------------------|---------------|--------------|
| 26       | Концертна зала ім. Глінки    | 902           | 1348         |
|          | пл. Запорізька               | 1186          | 1741         |
|          | пр. Металургів (2)           | 1910          | 3596         |
|          | Річковий порт                | 147           | 136          |
| Разом    |                              | 4145          | 6821         |
| 27       | БК ЗалК (1)                  | 1954          | 555          |
|          | БК ЗалК (2)                  | 219           | 870          |
|          | пр. Металургів (1)           | 2069          | 976          |
|          | пр. Металургів (3)           | 3357          | 912          |
|          | пр. Металургів (5)           | 745           | 572          |
| Разом    |                              | 8344          | 3885         |
| 28       | вул. Б. Хмельницького (1)    | 360           | 70           |
|          | вул. Б. Хмельницького (2)    | 81            | 50           |
|          | За вимогою (С. Тюленіна)     |               | 6            |
|          | пр. Металургів (4)           | 1836          | 2483         |
| Разом    |                              | 2277          | 2609         |
| 29       | вул. С. Тюленіна (1)         | 745           | 426          |
|          | вул. С. Тюленіна (2)         | 299           | 635          |
|          | На вимогу (вул. С. Тюленіна) | 0             | 0            |
|          | На вимогу (вул. С. Тюленіна) | 20            | 20           |
| Разом    |                              | 1064          | 1081         |
| 30       | бул. Шевченка (1)            | 510           | 724          |
|          | бул. Шевченка (2)            | 794           | 491          |
|          | бул. Шевченка (3)            | 82            | 77           |
|          | пл. ім. О. Поляка            | 605           | 532          |
| Разом    |                              | 1991          | 1824         |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|------------------------|---------------|--------------|
| 31       | бул. Шевченка (4)      | 277           | 295          |
|          | бул. Шевченка (5)      | 212           | 296          |
|          | вул. Патріотична (1)   | 104           | 91           |
|          | вул. Патріотична (2)   | 435           | 262          |
|          | вул. Перемоги          | 227           | 269          |
|          | ТЦ «Хортиця»           | 277           | 222          |
| Разом    |                        | 1532          | 1435         |
| 32       | Бульвар Гвардійський   | 270           | 369          |
|          | Набережна              | 1290          | 720          |
| Разом    |                        | 1560          | 1089         |
| 33       | вул. Заводська         | 394           | 911          |
|          | вул. Миру              | 967           | 1994         |
|          | вул. Сталеварів        | 1110          | 2362         |
|          | Універмаг Україна (1)  | 1767          | 3409         |
|          | Універмаг Україна (2)  | 2010          | 980          |
|          | Цирк (1)               | 18            | 142          |
|          | Цирк (2)               | 199           | 276          |
| Разом    |                        | 6465          | 10074        |
| 34       | вул. Лермонтова (1)    | 255           | 570          |
|          | вул. Лермонтова (2)    | 116           | 37           |
|          | вул. Нижньодніпровська | 637           | 437          |
|          | вул. Перемоги          | 0             | 0            |
|          | Міська лікарня №6      | 567           | 1415         |
|          | ТЦ «Амстор»            | 258           | 47           |
| Разом    |                        | 1833          | 2506         |

## Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                    | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|----------------------------|---------------|--------------|
| 35       | Алюмінієвий комбінат       |               | 74           |
|          | вул. Діагональна (1)       | 261           | 568          |
|          | вул. Діагональна (2)       | 20            | 90           |
|          | Електроапаратний завод     | 14            | 77           |
|          | НДІОГАЗ (1)                | 107           | 270          |
|          | НДІОГАЗ (2)                | 98            | 299          |
| Разом    |                            | 500           | 1378         |
| 36       | Аптека                     | 0             | 0            |
|          | вул. Єнісейська            |               | 4            |
|          | вул. Макаренка             | 53            | 330          |
|          | Палац спорту               | 0             | 0            |
|          | ДЕЗ (Завод «Укрграфіт»)    | 123           | 563          |
|          | На вимогу (вул. Виборзька) | 2             |              |
|          | Магазин                    | 2             | 1            |
|          | Школа                      | 0             | 0            |
| Разом    |                            | 180           | 898          |
| 37       | Автоколони                 | 27            | 80           |
|          | вул. Діагональна (3)       | 557           | 656          |
|          | Завод склюфлюсів           | 79            | 143          |
|          | Завод феросплавів          | 98            | 268          |
|          | ПАТ «Запоріжжкокс»         | 107           | 299          |
| Разом    |                            | 868           | 1446         |
| 38       | бул. Центральний           | 739           | 344          |
|          | Вознесенівський ринок      | 477           | 294          |
|          | вул. Патріотична           | 0             | 0            |
|          | вул. Якова Новицького      | 408           | 313          |
|          | Інститут                   | 268           | 490          |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                      | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|------------------------------|---------------|--------------|
| 38       | Козак-палац                  | 225           | 514          |
|          | Магазин Ластівка             | 376           | 175          |
|          | Міська лікарня №5 (1)        | 547           | 731          |
|          | Міська лікарня №5 (2)        | 299           | 103          |
| Разом    |                              | 3339          | 2964         |
| 39       | БК ЗТМК                      | 57            | 25           |
|          | вул. Гагаріна                | 1462          | 1737         |
|          | вул. Яценка                  | 89            | 26           |
|          | майдан Профспілок (1)        | 192           | 132          |
|          | майдан Профспілок (2)        | 164           | 87           |
|          | Обласна ДАІ                  | 66            | 189          |
|          | площа Фестивальна (1)        | 628           | 1794         |
|          | площа Фестивальна (2)        | 482           | 886          |
| Разом    |                              | 3140          | 4876         |
| 40       | 7-а медсанчастина            | 173           | 421          |
|          | Вознесенівська РДА           | 198           | 424          |
|          | вул. Кам'яногірська (1)      | 68            |              |
|          | вул. Кам'яногірська (2)      | 2             | 34           |
|          | вул. Адм. Нахімова           | 30            | 153          |
|          | Інст. Колірметавтоматика (1) | 42            | 192          |
|          | Інст. Колірметавтоматика (2) | 29            | 145          |
|          | Технічне училище             | 43            | 161          |
| Разом    |                              | 585           | 1530         |
| 41       | Доменна                      | 120           | 335          |
|          | Завод «Дніпроспецсталь»      | 968           | 2368         |
|          | Завод «Запоріжсталь» (1)     | 486           | 1090         |
|          | Завод «Запоріжсталь» (2)     | 181           | 557          |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                  | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|--------------------------|---------------|--------------|
| 41       | Південьелектромонтаж     | 252           | 686          |
| Разом    |                          | 2007          | 5036         |
| 42       | Будівельний інститут     | 13            | 115          |
|          | вул. Магнітна            | 101           | 110          |
|          | вул. Цимлянська          | 39            | 139          |
|          | Електрична-1             | 49            | 8            |
|          | Житломасив               | 114           | 99           |
|          | Завод штучних шкір       | 50            | 101          |
|          | Запоріжжя-Ліве           | 220           | 89           |
|          | РМЗ                      | 277           | 258          |
| Разом    |                          | 863           | 919          |
| 43       | вул. Героїв Дніпра       | 41            | 4            |
|          | вул. Зейська             | 21            | 11           |
|          | вул. Теплобудівна        | 9             | 4            |
|          | вул. Тімірязєва          | 35            |              |
| Разом    |                          | 106           | 19           |
| 44       | вул. Шкільна             | 643           | 276          |
|          | Малий ринок (3)          | 0             | 0            |
|          | Парк Перемоги            | 373           | 169          |
|          | Торговельний коледж      | 405           | 419          |
|          | Школа №1                 | 242           | 245          |
| Разом    |                          | 1875          | 1147         |
| 45       | вул. П. Захаріна         | 172           | 301          |
|          | вул. Першотравнева       | 13            | 5            |
|          | ГПТУ №14                 | 10            | 9            |
|          | На вимогу (вул. Сонячна) | 7             | 3            |
|          | вул. Українська          | 509           | 437          |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                      | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|------------------------------|---------------|--------------|
| 45       | площа Пушкіна                | 1584          | 1162         |
| Разом    |                              | 2295          | 1917         |
| 46       | вул. Фортчна                 | 139           | 134          |
|          | Малий ринок (1)              | 1356          | 338          |
|          | Малий ринок (2)              | 522           | 382          |
|          | Обласна бібліотека           | 1624          | 1245         |
|          | Ред. газети «Запорозька Січ» | 1039          | 1248         |
|          | ТЦ «Епіцентр»                | 337           | 377          |
|          | Школа №2                     | 711           | 293          |
| Разом    |                              | 5728          | 4017         |
| 47       | вул. Гоголя                  | 19            | 41           |
|          | вул. Слобідська              | 0             | 0            |
| Разом    |                              | 19            | 41           |
| 48       | вул. Стефанова               | 206           | 312          |
|          | На вимогу (вул. Криворізька) | 0             | 0            |
|          | Уральські казарми            | 340           | 817          |
|          | Ювелірний завод              | 0             | 0            |
| Разом    |                              | 546           | 1129         |
| 49       | Дубовий гай                  | 45            | 6            |
|          | Річковий вокзал              | 74            | 36           |
|          | Судноремонтний завод         | 67            | 33           |
| Разом    |                              | 186           | 75           |
| 50       | вул. Дніпровська             | 66            | 60           |
|          | Майдан Волі (1)              | 104           | 166          |
|          | Майдан Волі (2)              | 269           | 284          |
|          | Майдан Волі (3)              | 414           | 235          |
|          | Площа Університетська (1)    | 813           | 1521         |

## Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                      | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|------------------------------|---------------|--------------|
| 50       | Площа Університетська (2)    | 221           | 1316         |
| Разом    |                              | 1887          | 3582         |
| 51       | вул. Академіка Чабаненка (1) | 0             | 0            |
|          | Зал. вокзал «Запоріжжя-ІІ»   | 104           | 76           |
|          | Університет                  | 82            | 233          |
| Разом    |                              | 186           | 309          |
| 52       | вул. Базарна                 | 2323          | 4934         |
|          | вул. Троїцька (1)            | 173           | 226          |
|          | Театр ім. Магара             | 684           | 1446         |
|          | Площа Соборна                | 929           | 707          |
| Разом    |                              | 4109          | 7313         |
| 53       | вул. Жуковського (1)         | 144           | 175          |
|          | вул. Жуковського (2)         | 72            | 211          |
|          | вул. Покровська              | 10            | 60           |
|          | вул. Троїцька (2)            | 178           | 575          |
| Разом    |                              | 404           | 1021         |
| 54       | Автостанція №3               | 0             | 0            |
|          | вул. Поштова                 | 12            | 134          |
|          | вул. Севастопольська         | 8             | 36           |
|          | вул. Трудова                 | 10            | 14           |
|          | На вимогу (вул. Ярова)       | 0             | 0            |
| Разом    |                              | 30            | 184          |
| 55       | вул. Червона                 | 298           | 316          |
|          | вул. Ф. Молчановського (1)   | 106           | 99           |
|          | вул. Ф. Молчановського (2)   | 246           | 131          |
|          | ДК ім. Т. Шевченка           | 117           | 304          |
|          | Міськпаливо                  | 914           | 476          |
| Разом    |                              | 1681          | 1326         |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                  | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|--------------------------|---------------|--------------|
| 56       | Андріївський собор       | 553           | 1849         |
|          | Центральна прохідна      | 347           | 1433         |
| Разом    |                          | 900           | 3282         |
| 57       | вул. Іванова (2)         | 1508          | 3108         |
|          | вул. Уральська           | 204           | 402          |
|          | вул. Чарівна             | 440           | 278          |
| Разом    |                          | 2152          | 3788         |
| 58       | 1-й Шевченківський мкрн. | 243           | 429          |
|          | вул. Гарнізонна          | 0             | 0            |
|          | вул. Заводська           | 697           | 1009         |
|          | вул. Кутузова (1)        | 247           | 276          |
|          | вул. Кутузова (2)        | 182           | 75           |
|          | вул. Пархоменка          | 220           | 10           |
|          | вул. Цитрусова           | 0             | 0            |
|          | Дитячий центр            | 0             | 0            |
| Разом    |                          | 1589          | 1799         |
| 59       | вул. Залізнична          | 47            | 41           |
|          | вул. Карпенка-Карого     | 346           | 351          |
|          | вул. О. Поради           | 12            | 16           |
|          | Медико-санітарна частина | 100           | 153          |
| Разом    |                          | 505           | 561          |
| 60       | Автоколони               | 25            | 24           |
|          | На вимогу (вул. Крайня)  | 25            | 14           |
|          | Завод «Сувенір»          | 37            | 10           |
|          | Мехколони                | 40            |              |
| Разом    |                          | 127           | 48           |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                  | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|--------------------------|---------------|--------------|
| 61       | Вторчормет               | 6             | –            |
|          | вул. Панфьорова          | 24            | 12           |
|          | Матвіївське кладовище    | 53            | 18           |
| Разом    |                          | 83            | 30           |
| 62       | вул. Липовецька          | 94            | 18           |
|          | Іскра                    | 55            | 30           |
|          | Магазин                  | 6             | 18           |
|          | Пошта                    | 122           | 67           |
|          | Станція «Запоріжжя-Ліве» | 707           | 344          |
|          | Школа                    | 47            | 6            |
| Разом    |                          | 1031          | 483          |
| 63       | вул. Шамотна             | 164           | 37           |
|          | Електрична-2             | 111           | 37           |
|          | Магазин                  | 0             | 0            |
|          | Школа                    | 113           | 32           |
| Разом    |                          | 388           | 106          |
| 64       | вул. Червонополянська    | 39            | 9            |
|          | Інтернат                 | 44            | 9            |
|          | Ясла-садок               | 21            | 4            |
| Разом    |                          | 104           | 22           |
| 65       | вул. Арочна              | 40            | 8            |
|          | вул. Вишнева             | 19            | 9            |
|          | вул. Возз'єднання        | 18            | 2            |
|          | вул. Солідарності        | 28            | 7            |
|          | вул. Чумацький Шлях      | 31            | 2            |
| Разом    |                          | 136           | 28           |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                          | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|----------------------------------|---------------|--------------|
| 66       | вул. Миколи Киценка              | 50            | 7            |
|          | вул. Студентська                 | 62            | 4            |
|          | вул. Г. Нелюбова                 | 22            |              |
|          | Готель «Купідон»                 | 49            | 79           |
|          | Кільце Зелений Яр                | 43            | 48           |
| Разом    |                                  | 226           | 138          |
| 67       | вул. Верещагіна                  | 32            | 32           |
|          | вул. Звільнена                   | 326           | 90           |
|          | вул. Ігоря Сікорського           | 58            | 116          |
|          | вул. Шевченка                    | 485           | 313          |
|          | На вимогу (вул. К.-Основ'яненко) | 14            | 20           |
| Разом    |                                  | 915           | 571          |
| 68       | 2-й Шевченківський мкрн. (1)     | 442           | 226          |
|          | 2-й Шевченківський мкрн. (2)     | 153           | 326          |
|          | Магазин №54                      | 453           | 322          |
|          | вул. Низова                      | 219           | 56           |
|          | вул. Полякова                    | 223           | 27           |
|          | Гуртожиток                       | 300           | 82           |
|          | мкрн. Шевченківський             | 82            | 26           |
|          | Стоматологічна поліклініка       | 202           | 121          |
| Разом    |                                  | 2074          | 1186         |
| 69       | вул. Баранова                    | 16            | 4            |
|          | вул. Єрмака                      | 40            | 35           |
|          | вул. Новаторська                 | 34            | 16           |
|          | вул. Таврійська                  | 24            | 6            |
|          | вул. Тульська                    | 0             | 0            |
|          | Інтернат                         | 42            | 28           |
| Разом    |                                  | 156           | 89           |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                        | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|--------------------------------|---------------|--------------|
| 70       | АТК                            | 56            | 62           |
|          | вул. Автодорожня               | 0             | 0            |
|          | за вимогою (8 березня)         | 0             | 0            |
|          | На вимогу (вул. Автодорожня)   | 0             | 0            |
|          | Магазин                        | 117           | 34           |
|          | Школа 77                       | 57            | 25           |
| Разом    |                                | 230           | 121          |
| 71       | 3-й Шевченківський мкрн.       | 697           | 388          |
|          | Автостоянка                    | 35            | 43           |
|          | вул. Авраменко                 | 223           | 241          |
|          | вул. Б. Завади                 | 1396          | 167          |
|          | вул. Вороніна                  | 42            | 6            |
|          | вул. Ігоря Сікорського         | 117           | 6            |
|          | вул. С. Маковського            | 731           | 155          |
|          | СТО                            | 292           | 23           |
|          | Школа                          | 28            | 12           |
| Разом    |                                | 3561          | 1041         |
| 72       | АТП-0802                       | 30            | 37           |
|          | вул. Ріхарда Зорге             | 13            | 18           |
|          | На вимогу (вул. М. Кривоноса)  | 45            | 16           |
|          | Тепличний комбінат             | 127           | 43           |
| Разом    |                                | 215           | 114          |
| 73       | Аеропорт                       | 41            | 149          |
|          | вул. Гарнізонна                | 369           | 357          |
|          | вул. Стартова                  | 124           | 65           |
|          | На вимогу (сел. Військбуд) (2) | –             | 4            |
|          | На вимогу (сел. Військбуд)     | 9             | 11           |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                  | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|--------------------------|---------------|--------------|
| 73       | с. Мокрянка              | 312           | 140          |
|          | сел. Будівників          | 39            | 5            |
| Разом    |                          | 894           | 731          |
| 74       | Кінотеатр «Прогрес»      | 157           | 85           |
|          | Лісорозсадник            | 59            | 138          |
|          | Пос. Леваневського       | 154           | 111          |
|          | Сільгосптехніка          | 89            | 199          |
| Разом    |                          | 459           | 533          |
| 75       | 2-й Шевченківський мкрн. | 38            | 213          |
|          | Автострада               | 492           | 444          |
|          | Заводоуправління         | 311           | 617          |
|          | Прохідна                 | 288           | 501          |
|          | Училище №27              | 36            | 120          |
| Разом    |                          | 1165          | 1895         |
| 76       | ЛТС                      | 33            | 76           |
|          | Холодильник              | 10            | 22           |
| Разом    |                          | 43            | 98           |
| 77       | Абразивний комбінат (1)  | 62            | 131          |
|          | вул. Колерова            | 106           | 102          |
|          | вул. Кузнецова (1)       | 98            | 73           |
|          | вул. Кузнецова (2)       | 94            | –            |
|          | М'ясокомбінат (1)        | 54            | 167          |
|          | М'ясокомбінат (2)        | 62            | 14           |
|          | Овочева база             | 51            | 127          |
|          | Цегляний завод           | 73            | 102          |
|          | Школа                    | 115           | 91           |
| Разом    |                          | 715           | 807          |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                        | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|--------------------------------|---------------|--------------|
| 78       | вул. Челябінська               | 50            | 6            |
|          | пос. Мокрянка                  | 176           | 95           |
|          | Станція Передатна              | 89            | 40           |
|          | Школа №55                      | 48            | 4            |
| Разом    |                                | 363           | 145          |
| 79       | вул. Квіткова                  | 107           | 76           |
|          | вул. Молочна                   | 288           | 91           |
|          | вул. Юності                    | 98            | 20           |
|          | На вимогу (вул. Новоросійська) | 27            | 17           |
|          | Магазин №49                    | 180           | 42           |
|          | Школа №88                      | 136           | 101          |
| Разом    |                                | 836           | 347          |
| 80       | вул. Дежньова                  | 107           | 3            |
|          | вул. Саперна                   | 87            | 12           |
|          | вул. Стратосферна              |               | 16           |
|          | вул. Технічна                  | 277           | 22           |
|          | На вимогу (вул. Зорепадна)     | 12            | 6            |
|          | Кінотеатр «Першотравневий»     | 179           | 18           |
| Разом    |                                | 662           | 77           |
| 81       | АТП-12327                      | 26            | 91           |
|          | вул. Рязанська                 | 162           | 92           |
|          | вул. Східна                    | 653           | 789          |
|          | Зеленгосп                      | 85            | 164          |
|          | вул. Радіо                     | 1427          | 500          |
|          | Клініка «Візуз»                | 1150          | 1168         |
|          | Обласна лікарня                | 67            | 566          |
|          | ТЦ «Метро»                     | 100           | 50           |

## Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                     | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|-----------------------------|---------------|--------------|
| 81       | Сімферопольське шосе        | 619           | 343          |
| Разом    |                             | 4289          | 3763         |
| 82       | вул. Висотна                | 745           | 406          |
|          | вул. Європейська            | 1857          | 701          |
|          | вул. Магара                 | 0             | 0            |
|          | вул. Олімпійська            | 1083          | 208          |
|          | вул. О. Говорухи            | 135           | 51           |
|          | вул. Ситова                 | 0             | 0            |
|          | вул. Чумаченка              | 402           | 145          |
|          | На вимогу (вул. Парамонова) | 178           | 85           |
|          | Інститут ім. Сагайдачного   | 464           | 341          |
|          | Магазин №40                 | 704           | 179          |
|          | Лікарня                     | 477           | 620          |
| Разом    |                             | 6045          | 2736         |
| 83       | вул. Барикадна              | 80            | 48           |
|          | вул. Миколи Ласточкина      | 0             | 0            |
|          | вул. Плавнева               | 0             | 0            |
|          | вул. Руська                 | 1             | 10           |
|          | вул. О. Говорухи            | 72            | 24           |
|          | Дослідна станція            | 68            | 4            |
|          | Залізничний переїзд         | 3             | 1            |
|          | Онкодиспансер               | 4             | 1            |
|          | сел. Південне               | –             | 2            |
|          | Школа №16                   | 57            | 45           |
| Разом    |                             | 285           | 135          |
| 84       | 1-й південний мкрн.         | 109           | 9            |
|          | 3-й Південний мкрн.         | 899           | 12           |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                        | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|--------------------------------|---------------|--------------|
| 84       | 4-й Південний мкрн. (1)        | 1468          | –            |
|          | 4-й Південний мкрн. (2)        | –             | 183          |
|          | Аптека                         | 124           | 20           |
|          | вул. Автозаводська (1)         | 783           | 183          |
|          | вул. Автозаводська (2)         | 69            | 150          |
|          | вул. Водограйна (1)            | 1350          | 184          |
|          | вул. Водограйна (2)            | 213           | 209          |
|          | вул. Ціолковського             | 0             | 0            |
|          | На вимогу (вул. Автозаводська) | 39            | 24           |
|          | На вимогу (вул. Новокузнецька) | 822           | 70           |
|          | Магазин №5                     | 75            | 64           |
|          | Маяк                           | 550           | 65           |
|          | ТЦ «Амстор»                    | –             | 107          |
|          | Універсам                      | 163           | 29           |
| Разом    |                                | 6664          | 1309         |
| 85       | вул. Нагорна                   | 0             | 1            |
|          | вул. Оранжерейна               | 147           | 102          |
|          | вул. Осипенко                  | 0             | 3            |
|          | вул. Тополіна                  | 0             | 8            |
|          | Дитяча поліклініка             | 0             | 6            |
|          | Південний ринок                | 1041          | 637          |
|          | Школа №14                      | –             | 10           |
| Разом    |                                | 1188          | 767          |
| 86       | Автовокзал (1)                 | 327           | 452          |
|          | Автовокзал (2)                 | 659           | 639          |
|          | Автовокзал (3)                 | 405           | 593          |
|          | АвтоЗАЗ                        | 96            | 431          |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                        | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|--------------------------------|---------------|--------------|
| 86       | Дитяча залізниця               | 0             | 0            |
|          | На вимогу (вул. М. Ласточкина) | 6             | 6            |
|          | На вимогу (Набережна)          | 32            | 176          |
|          | Залізничний вокзал (1)         | 1971          | 1463         |
|          | Залізничний вокзал (2)         | 1058          | 441          |
|          | Лікарня №7                     | 0             | 0            |
| Разом    |                                | 4554          | 4201         |
| 87       | Дальні дачі                    | 20            | 50           |
|          | Дачі                           | 40            | 106          |
|          | с. Богатирівка                 | 22            | 7            |
|          | с. Підпорожнянське             | 86            | 19           |
|          | Станція Фільтрова              | 57            | 54           |
| Разом    |                                | 225           | 236          |
| 88       | вул. Скворцова                 | 13            | 3            |
|          | Кільцева                       | 16            | 7            |
|          | Клуб                           | 118           | 130          |
|          | ЛЕП                            | 7             | 40           |
|          | Меморіал загиблим воїнам       | 23            | 5            |
|          | Прохідна з-ду напівпровідників | 1             | 2            |
| Разом    |                                | 178           | 187          |
| 89       | Домобудівний комбінат          | 8             | 20           |
|          | На вимогу (вул. Теплична)      | 4             | 13           |
|          | Завод «Кремнійполімер»         | 47            | 107          |
|          | ЗТМК                           | 243           | 749          |
|          | Металобаз                      | 47            | 88           |
|          | Північне селище                | 15            | 67           |
|          | Спецуправління                 | 2             | 31           |
| Разом    |                                | 366           | 1075         |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР | Зупинка                        | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|----------|--------------------------------|---------------|--------------|
| 90       | Водолікарня                    | 58            | 179          |
|          | ДОК                            | 69            | 336          |
|          | Листопрокат                    | 98            | 196          |
|          | Мартени                        | 172           | 469          |
|          | Сталепрокатний завод           | 121           | 156          |
|          | Північне шосе (1)              | 100           | 179          |
|          | Шлаковий кар'єр                | 53            | 35           |
|          | Північне шосе (2)              | 3             | 10           |
| Разом    |                                | 674           | 1560         |
| 91       | вул. Вроцлавська               | 168           | 108          |
|          | вул. Демократична              | 388           | 209          |
|          | вул. Республіканська           | 78            |              |
|          | вул. Добровольчих батальонів   | 0             | 0            |
|          | вул. Футбольна                 | 179           | 99           |
|          | магазин №34                    | 241           | 230          |
|          | Павло-Кічкас                   | 2209          | 907          |
| Разом    |                                | 3263          | 1553         |
| 92       | вул. Глазунова                 | 1006          | 633          |
|          | вул. Історична                 | 848           | 223          |
|          | вул. Лізи Чайкіної             | 710           | 375          |
|          | вул. Молодіжна                 | 544           | 734          |
|          | вул. Насосна                   | 0             | 0            |
|          | вул. Теплична                  | 24            | 82           |
|          | вул. Фільтрова                 | 619           | 367          |
|          | На вимогу (вул. Євпаторійська) | 83            | 114          |
|          | На вимогу (вул. Молодіжна)     | 95            | 236          |
|          | На вимогу (вул. Фільтрова)     | 379           | 69           |

Продовження таблиці 2.1.

| Номер ТР                      | Зупинка                | Увійшло, пас. | Вийшло, пас. |
|-------------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| 92                            | ПАТ «Запоріжвогнетрив» | 490           | 773          |
|                               | Поліклініка №4         | 2             | 6            |
|                               | СК «Заводський»        | 491           | 246          |
|                               | Універмаг              | 0             | 0            |
|                               | Шлакобетонний завод    | 78            | 130          |
| Разом                         |                        | 5369          | 3988         |
| Разом по транспортних районах |                        | 148 591       | 137 082      |

Загальна ємність усіх транспортних районів за відправленнями дорівнює 148 591 пасажирів, за прибуттям — 137 082 пас. Відносна похибка складає

$$\delta = \frac{148591 - 137082}{137082} \times 100\% = 8,4\%,$$

що можна вважати допустимим.

### 2.3 Розрахунок матриці міжзупинкових пасажирських кореспонденцій методом гравітаційного моделювання

Оскільки використаний у натурному обстеженні пасажиропотоків табличний метод не дає можливості безпосередньо визначити пасажирські кореспонденції, для визначення елементів МПК використано метод гравітаційного моделювання [1], за яким міжрайонні пасажирські кореспонденції розраховуються за формулою

$$Q_{ij} = Q_i^{\text{пр}} \frac{k_j f_{ij} Q_j^{\text{від}}}{\sum_j k_j f_{ij} Q_j^{\text{від}}}, \quad (2.1)$$

де  $Q_{ij}$  — розмір пасажирських кореспонденцій з транспортного району  $j$  до транспортного району  $i$ , виражений у кількості пасажирів за розрахунковий період;

$Q_i^{\text{пр}}$  — ємність  $i$ -го транспортного району за прибуттями, пас.;

$f_{ij}$  — значення функції тяжіння, аргументом якої є характеристика умов зав'язків районів;

$Q_j^{\text{від}}$  — ємність  $j$ -го транспортного району за відправленнями, пас.;

$k_j$  — нормувальний множник, який визначається за умови збалансованості отриманої МПК за кількістю відправлень та прибутть.

Для визначення функції тяжіння приймаємо в якості її аргументу відстань між транспортними районами на існуючій маршрутній мережі, для чого використовуємо моделі транспортної та маршрутної мереж (рисунки 2.2, 2.3). Загальний вигляд функції тяжіння

$$f_{ij} = \frac{1}{l_{ij}^p}, \quad (2.2)$$

де  $l_{ij}$  — найкоротша відстань між центрами транспортних районів  $i$  та  $j$ , визначена на існуючій транспортній мережі міста, км;

$p$  — показник степеню, що визначається емпіричним шляхом у межах рекомендованих  $p = 1,0 \dots 2,5$ .

Оскільки значення  $p$  заздалегідь не відоме, виконаємо декілька розрахунків матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій за різних значень  $p$ . Прийmemo в якості ознаки збіжності показник середньої відстані поїздки пасажирів  $l_{\text{сер}}$ , отриманої на підставі результатів обстеження пасажиропотоків. Згідно результатів обстеження пасажиропотоків, середня відстань поїздки пасажирів у місті складає по усіх видах транспорту  $l_{\text{сер}} = 5,75$  км.

Покажемо розрахунок елементів матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій на прикладі для значення  $p = 2,5$ .

1. З знаходимо найкоротші відстані на транспортній мережі між центрами транспортних районів. Розрахунок виконуємо на ЕОМ за алгоритмом Дейкстри. В результаті отримуємо матрицю найкоротших відстаней між транспортними районами, фрагмент якої наведено на рисунку 2.6.

2. На підставі матриці найкоротших відстаней між центрами транспортних районів розраховуємо значення функції тяжіння за формулою

$$f_{ij} = \frac{1}{l_{ij}^{2,5}}. \quad (2.3)$$

Результат розрахунку зводимо до матриці значень функції тяжіння, фрагмент якої наведено на рисунку 2.7.

3. За допомогою програмного забезпечення — програми KORR розраховуємо пасажирські кореспонденції між транспортними районами. Вихідними даними для розрахунку є дані, що вводяться у текстовий файл у такому порядку:

- а) загальна кількість транспортних районів;
- б) ємності транспортних районів за прибуттям;
- в) ємності транспортних районів за відправленням;
- г) матриця значень функції тяжіння між транспортними районами.

Дані у текстовому файлі відокремлюються пробілами. Головне вікно програми наведено на рисунку 2.8. Програма дозволяє виконувати розрахунки ММПК за прибуттями або відправленнями, з заданою точністю та заданою максимальною кількістю ітерацій при балансуванні матриці за методом Шацького. Балансування виконується з метою отримання однакових за значенням фактичних та розрахункових ємностей транспортних районів за прибуттям чи відправленням. Розрахунки завершуються при досягненні необхідної точності обчислень або при досягненні максимальної кількості ітерацій. Результат роботи виводиться на екран та передбачено можливість їх збереження у текстовому файлі.

| Районы | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1      | 0,0  | 2,6  | 6,7  | 5,3  | 7,3  | 8,9  | 10,7 | 9,7  | 9,6  | 12,5 | 12,5 | 11,5 | 13,7 | 14,0 | 11,5 | 16,4 | 13,5 | 16,9 | 19,0 | 17,9 | 18,0 | 17,5 | 16,2 | 17,7 | 13,6 |
| 2      | 2,6  | 0,0  | 5,0  | 3,6  | 5,6  | 7,1  | 9,0  | 8,0  | 7,9  | 10,7 | 10,7 | 9,7  | 12,0 | 12,2 | 9,8  | 14,7 | 11,8 | 15,2 | 17,3 | 16,1 | 16,2 | 15,8 | 14,4 | 16,0 | 11,9 |
| 3      | 6,7  | 5,0  | 0,0  | 1,9  | 3,1  | 4,6  | 6,5  | 5,5  | 5,4  | 8,3  | 8,3  | 7,3  | 9,5  | 9,8  | 7,3  | 12,2 | 9,3  | 12,7 | 14,8 | 13,7 | 13,8 | 13,3 | 12,0 | 13,5 | 9,4  |
| 4      | 5,3  | 3,6  | 1,9  | 0,0  | 2,5  | 4,1  | 6,0  | 4,9  | 4,9  | 7,7  | 7,7  | 6,7  | 9,0  | 9,2  | 6,8  | 11,6 | 8,7  | 12,2 | 14,3 | 13,1 | 13,2 | 12,8 | 11,4 | 12,9 | 8,8  |
| 5      | 7,3  | 5,6  | 3,1  | 2,5  | 0,0  | 2,6  | 4,0  | 3,0  | 2,9  | 5,6  | 5,8  | 4,8  | 7,0  | 7,3  | 5,3  | 9,7  | 7,3  | 10,2 | 12,3 | 11,2 | 11,8 | 11,3 | 10,0 | 11,5 | 7,4  |
| 6      | 8,9  | 7,1  | 4,6  | 4,1  | 2,6  | 0,0  | 2,5  | 2,6  | 2,5  | 5,2  | 5,4  | 4,4  | 6,6  | 6,9  | 3,4  | 9,3  | 5,4  | 9,8  | 11,4 | 10,5 | 9,8  | 9,4  | 8,0  | 9,6  | 5,5  |
| 7      | 10,7 | 9,0  | 6,5  | 6,0  | 4,0  | 2,5  | 0,0  | 3,3  | 3,9  | 5,8  | 4,4  | 3,4  | 5,7  | 5,9  | 4,9  | 8,3  | 6,9  | 8,9  | 11,0 | 9,8  | 11,0 | 10,9 | 9,6  | 11,1 | 7,0  |
| 8      | 9,7  | 8,0  | 5,5  | 4,9  | 3,0  | 2,6  | 3,3  | 0,0  | 2,1  | 4,5  | 3,1  | 2,1  | 4,3  | 4,6  | 5,3  | 7,0  | 7,3  | 7,5  | 9,6  | 8,4  | 9,6  | 9,7  | 9,9  | 10,5 | 7,4  |
| 9      | 9,6  | 7,9  | 5,4  | 4,9  | 2,9  | 2,5  | 3,9  | 2,1  | 0,0  | 3,4  | 4,4  | 3,7  | 5,9  | 6,2  | 5,2  | 8,6  | 7,2  | 9,1  | 11,2 | 10,0 | 11,2 | 11,2 | 9,8  | 11,4 | 7,3  |
| 10     | 12,5 | 10,7 | 8,3  | 7,7  | 5,6  | 5,2  | 5,8  | 4,5  | 3,4  | 0,0  | 2,0  | 2,8  | 4,5  | 5,5  | 7,9  | 7,9  | 9,9  | 8,5  | 10,5 | 9,4  | 10,6 | 10,6 | 12,0 | 11,4 | 10,0 |
| 11     | 12,5 | 10,7 | 8,3  | 7,7  | 5,8  | 5,4  | 4,4  | 3,1  | 4,4  | 2,0  | 0,0  | 1,3  | 3,2  | 4,1  | 8,1  | 6,5  | 10,0 | 7,0  | 9,1  | 7,9  | 9,1  | 9,2  | 10,5 | 10,0 | 10,1 |
| 12     | 11,5 | 9,7  | 7,3  | 6,7  | 4,8  | 4,4  | 3,4  | 2,1  | 3,7  | 2,8  | 1,3  | 0,0  | 2,8  | 3,1  | 7,1  | 5,5  | 9,0  | 6,0  | 8,1  | 7,0  | 8,1  | 8,2  | 9,5  | 9,0  | 9,1  |
| 13     | 13,7 | 12,0 | 9,5  | 9,0  | 7,0  | 6,6  | 5,7  | 4,3  | 5,9  | 4,5  | 3,2  | 2,8  | 0,0  | 4,0  | 9,3  | 6,4  | 11,3 | 7,0  | 9,1  | 7,9  | 9,1  | 9,1  | 10,5 | 9,9  | 11,4 |
| 14     | 14,0 | 12,2 | 9,8  | 9,2  | 7,3  | 6,9  | 5,9  | 4,6  | 6,2  | 5,5  | 4,1  | 3,1  | 4,0  | 0,0  | 9,6  | 3,0  | 10,7 | 3,5  | 5,6  | 4,4  | 5,6  | 5,7  | 7,0  | 6,5  | 11,3 |
| 15     | 11,5 | 9,8  | 7,3  | 6,8  | 5,3  | 3,4  | 4,9  | 5,3  | 5,2  | 7,9  | 8,1  | 7,1  | 9,3  | 9,6  | 0,0  | 10,8 | 2,8  | 9,2  | 8,9  | 8,0  | 7,3  | 6,9  | 5,5  | 7,0  | 2,9  |
| 16     | 16,4 | 14,7 | 12,2 | 11,6 | 9,7  | 9,3  | 8,3  | 7,0  | 8,6  | 7,9  | 6,5  | 5,5  | 6,4  | 3,0  | 10,8 | 0,0  | 9,4  | 2,2  | 4,3  | 3,1  | 4,3  | 4,4  | 5,7  | 5,2  | 10,0 |
| 17     | 13,5 | 11,8 | 9,3  | 8,7  | 7,3  | 5,4  | 6,9  | 7,3  | 7,2  | 9,9  | 10,0 | 9,0  | 11,3 | 10,7 | 2,8  | 9,4  | 0,0  | 7,7  | 7,4  | 6,5  | 5,8  | 5,4  | 4,0  | 5,6  | 2,0  |
| 18     | 16,9 | 15,2 | 12,7 | 12,2 | 10,2 | 9,8  | 8,9  | 7,5  | 9,1  | 8,5  | 7,0  | 6,0  | 7,0  | 3,5  | 9,2  | 2,2  | 7,7  | 0,0  | 2,6  | 1,5  | 2,6  | 2,7  | 4,0  | 3,5  | 8,4  |
| 19     | 19,0 | 17,3 | 14,8 | 14,3 | 12,3 | 11,4 | 11,0 | 9,6  | 11,2 | 10,5 | 9,1  | 8,1  | 9,1  | 5,6  | 8,9  | 4,3  | 7,4  | 2,6  | 0,0  | 2,0  | 2,9  | 3,0  | 3,7  | 2,8  | 8,1  |
| 20     | 17,9 | 16,1 | 13,7 | 13,1 | 11,2 | 10,5 | 9,8  | 8,4  | 10,0 | 9,4  | 7,9  | 7,0  | 7,9  | 4,4  | 8,0  | 3,1  | 6,5  | 1,5  | 2,0  | 0,0  | 1,4  | 1,5  | 2,8  | 2,3  | 7,2  |
| 21     | 18,0 | 16,2 | 13,8 | 13,2 | 11,8 | 9,8  | 11,0 | 9,6  | 11,2 | 10,6 | 9,1  | 8,1  | 9,1  | 5,6  | 7,3  | 4,3  | 5,8  | 2,6  | 2,9  | 1,4  | 0,0  | 1,1  | 2,2  | 2,6  | 6,5  |
| 22     | 17,5 | 15,8 | 13,3 | 12,8 | 11,3 | 9,4  | 10,9 | 9,7  | 11,2 | 10,6 | 9,2  | 8,2  | 9,1  | 5,7  | 6,9  | 4,4  | 5,4  | 2,7  | 3,0  | 1,5  | 1,1  | 0,0  | 1,7  | 1,8  | 6,0  |
| 23     | 16,2 | 14,4 | 12,0 | 11,4 | 10,0 | 8,0  | 9,6  | 9,9  | 9,8  | 12,0 | 10,5 | 9,5  | 10,5 | 7,0  | 5,5  | 5,7  | 4,0  | 4,0  | 3,7  | 2,8  | 2,2  | 1,7  | 0,0  | 2,4  | 4,7  |
| 24     | 17,7 | 16,0 | 13,5 | 12,9 | 11,5 | 9,6  | 11,1 | 10,5 | 11,4 | 11,4 | 10,0 | 9,0  | 9,9  | 6,5  | 7,0  | 5,2  | 5,6  | 3,5  | 2,8  | 2,3  | 2,6  | 1,8  | 2,4  | 0,0  | 6,2  |
| 25     | 13,6 | 11,9 | 9,4  | 8,8  | 7,4  | 5,5  | 7,0  | 7,4  | 7,3  | 10,0 | 10,1 | 9,1  | 11,4 | 11,3 | 2,9  | 10,0 | 2,0  | 8,4  | 8,1  | 7,2  | 6,5  | 6,0  | 4,7  | 6,2  | 0,0  |

Рисунок 2.6 — Матриця найкоротших відстаней між центрами транспортних районів м. Запоріжжя (фрагмент)

|    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1  | 0,000 | 0,092 | 0,009 | 0,015 | 0,007 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 2  | 0,092 | 0,000 | 0,018 | 0,041 | 0,014 | 0,007 | 0,004 | 0,006 | 0,006 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,002 |
| 3  | 0,009 | 0,018 | 0,000 | 0,212 | 0,060 | 0,021 | 0,009 | 0,014 | 0,015 | 0,005 | 0,005 | 0,007 | 0,004 | 0,003 | 0,007 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,004 |
| 4  | 0,015 | 0,041 | 0,212 | 0,000 | 0,098 | 0,029 | 0,012 | 0,018 | 0,019 | 0,006 | 0,006 | 0,009 | 0,004 | 0,004 | 0,008 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 |
| 5  | 0,007 | 0,014 | 0,060 | 0,098 | 0,000 | 0,088 | 0,031 | 0,065 | 0,069 | 0,014 | 0,013 | 0,020 | 0,008 | 0,007 | 0,015 | 0,003 | 0,007 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,007 |
| 6  | 0,004 | 0,007 | 0,021 | 0,029 | 0,088 | 0,000 | 0,098 | 0,094 | 0,102 | 0,016 | 0,015 | 0,025 | 0,009 | 0,008 | 0,047 | 0,004 | 0,015 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,014 |
| 7  | 0,003 | 0,004 | 0,009 | 0,012 | 0,031 | 0,098 | 0,000 | 0,049 | 0,034 | 0,012 | 0,025 | 0,047 | 0,013 | 0,012 | 0,018 | 0,005 | 0,008 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,002 | 0,008 |
| 8  | 0,003 | 0,006 | 0,014 | 0,018 | 0,065 | 0,094 | 0,049 | 0,000 | 0,157 | 0,023 | 0,061 | 0,164 | 0,026 | 0,023 | 0,016 | 0,008 | 0,007 | 0,006 | 0,003 | 0,005 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,007 |
| 9  | 0,003 | 0,006 | 0,015 | 0,019 | 0,069 | 0,102 | 0,034 | 0,157 | 0,000 | 0,048 | 0,025 | 0,039 | 0,012 | 0,011 | 0,016 | 0,005 | 0,007 | 0,004 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,007 |
| 10 | 0,002 | 0,003 | 0,005 | 0,006 | 0,014 | 0,016 | 0,012 | 0,023 | 0,048 | 0,000 | 0,187 | 0,078 | 0,023 | 0,014 | 0,006 | 0,006 | 0,003 | 0,005 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,003 |
| 11 | 0,002 | 0,003 | 0,005 | 0,006 | 0,013 | 0,015 | 0,025 | 0,061 | 0,025 | 0,187 | 0,000 | 0,481 | 0,056 | 0,030 | 0,005 | 0,009 | 0,003 | 0,008 | 0,004 | 0,006 | 0,004 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 |
| 12 | 0,002 | 0,003 | 0,007 | 0,009 | 0,020 | 0,025 | 0,047 | 0,164 | 0,039 | 0,078 | 0,481 | 0,000 | 0,074 | 0,061 | 0,008 | 0,014 | 0,004 | 0,011 | 0,005 | 0,008 | 0,005 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |
| 13 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,004 | 0,008 | 0,009 | 0,013 | 0,026 | 0,012 | 0,023 | 0,056 | 0,074 | 0,000 | 0,031 | 0,004 | 0,010 | 0,002 | 0,008 | 0,004 | 0,006 | 0,004 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,002 |
| 14 | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,007 | 0,008 | 0,012 | 0,023 | 0,011 | 0,014 | 0,030 | 0,061 | 0,031 | 0,000 | 0,004 | 0,065 | 0,003 | 0,043 | 0,013 | 0,024 | 0,013 | 0,013 | 0,008 | 0,009 | 0,002 |
| 15 | 0,002 | 0,003 | 0,007 | 0,008 | 0,015 | 0,047 | 0,018 | 0,016 | 0,016 | 0,006 | 0,005 | 0,008 | 0,004 | 0,004 | 0,000 | 0,003 | 0,073 | 0,004 | 0,004 | 0,006 | 0,007 | 0,008 | 0,014 | 0,008 | 0,067 |
| 16 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,005 | 0,008 | 0,005 | 0,006 | 0,009 | 0,014 | 0,010 | 0,065 | 0,003 | 0,000 | 0,004 | 0,141 | 0,026 | 0,058 | 0,026 | 0,025 | 0,013 | 0,017 | 0,003 |
| 17 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,004 | 0,007 | 0,015 | 0,008 | 0,007 | 0,007 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,002 | 0,003 | 0,073 | 0,004 | 0,000 | 0,006 | 0,007 | 0,009 | 0,012 | 0,015 | 0,030 | 0,014 | 0,169 |
| 18 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,006 | 0,004 | 0,005 | 0,008 | 0,011 | 0,008 | 0,043 | 0,004 | 0,141 | 0,006 | 0,000 | 0,090 | 0,392 | 0,090 | 0,084 | 0,031 | 0,044 | 0,005 |
| 19 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,013 | 0,004 | 0,026 | 0,007 | 0,090 | 0,000 | 0,174 | 0,070 | 0,066 | 0,037 | 0,076 | 0,005 |
| 20 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,005 | 0,003 | 0,004 | 0,006 | 0,008 | 0,006 | 0,024 | 0,006 | 0,058 | 0,009 | 0,392 | 0,174 | 0,000 | 0,405 | 0,357 | 0,073 | 0,124 | 0,007 |
| 21 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,013 | 0,007 | 0,026 | 0,012 | 0,090 | 0,070 | 0,405 | 0,000 | 0,849 | 0,144 | 0,089 | 0,009 |
| 22 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,013 | 0,008 | 0,025 | 0,015 | 0,084 | 0,066 | 0,357 | 0,849 | 0,000 | 0,257 | 0,236 | 0,011 |
| 23 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,008 | 0,014 | 0,013 | 0,030 | 0,031 | 0,037 | 0,073 | 0,144 | 0,257 | 0,000 | 0,109 | 0,021 |
| 24 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,009 | 0,008 | 0,017 | 0,014 | 0,044 | 0,076 | 0,124 | 0,089 | 0,236 | 0,109 | 0,000 | 0,010 |
| 25 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,004 | 0,007 | 0,014 | 0,008 | 0,007 | 0,007 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,067 | 0,003 | 0,169 | 0,005 | 0,005 | 0,007 | 0,009 | 0,011 | 0,021 | 0,010 | 0,000 |

Рисунок 2.7 — Матриця значень функції тяжіння між транспортними районами (фрагмент)

Розрахунок матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій

Значення функції труднощі сполучення та ємність транспортних районів за прибуттям та відправленням

|       | B(1)  | B(2)  | B(3)  | B(4)  | B(5)  | B(6)  | B(7)  | B(8)  | B(9)  | B(10) | B(11) | B(12) |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A(1)  | 0.000 | 0.092 | 0.009 | 0.015 | 0.007 | 0.004 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.002 | 0.002 | 0.002 |
| A(2)  | 0.092 | 0.000 | 0.018 | 0.041 | 0.014 | 0.007 | 0.004 | 0.006 | 0.006 | 0.003 | 0.003 | 0.003 |
| A(3)  | 0.009 | 0.018 | 0.000 | 0.212 | 0.060 | 0.021 | 0.009 | 0.014 | 0.015 | 0.005 | 0.005 | 0.007 |
| A(4)  | 0.015 | 0.041 | 0.212 | 0.000 | 0.098 | 0.029 | 0.012 | 0.018 | 0.019 | 0.006 | 0.006 | 0.009 |
| A(5)  | 0.007 | 0.014 | 0.060 | 0.098 | 0.000 | 0.088 | 0.031 | 0.065 | 0.069 | 0.014 | 0.013 | 0.020 |
| A(6)  | 0.004 | 0.007 | 0.021 | 0.029 | 0.088 | 0.000 | 0.098 | 0.094 | 0.102 | 0.016 | 0.015 | 0.025 |
| A(7)  | 0.003 | 0.004 | 0.009 | 0.012 | 0.031 | 0.098 | 0.000 | 0.049 | 0.034 | 0.012 | 0.025 | 0.047 |
| A(8)  | 0.003 | 0.006 | 0.014 | 0.018 | 0.065 | 0.094 | 0.049 | 0.000 | 0.157 | 0.023 | 0.061 | 0.164 |
| A(9)  | 0.003 | 0.006 | 0.015 | 0.019 | 0.069 | 0.102 | 0.034 | 0.157 | 0.000 | 0.048 | 0.025 | 0.039 |
| A(10) | 0.002 | 0.003 | 0.005 | 0.006 | 0.014 | 0.016 | 0.012 | 0.023 | 0.048 | 0.000 | 0.187 | 0.078 |
| A(11) | 0.002 | 0.003 | 0.005 | 0.006 | 0.013 | 0.015 | 0.025 | 0.061 | 0.025 | 0.187 | 0.000 | 0.481 |

Кількість транспортних районів  Точність розрахунків  Максимальна кількість ітерацій

Спосіб розрахунку

Рисунок 2.8 — Зовнішній вигляд головного вікна програми KORR  
з введеними вихідними даними

В результаті розрахунків отримуємо елементи матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій (рисунок 2.9).

Розрахунок матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій

Значення функції труднощі сполучення та ємність транспортних районів за прибуттям та відправленням

|       | B(1) | B(2) | B(3) | B(4) | B(5) | B(6) | B(7) | B(8) | B(9) | B(10) | B(11) | B(12) |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| A(1)  | 0    | 3    | 22   | 15   | 8    | 3    | 3    | 2    | 0    | 7     | 1     | 2     |
| A(2)  | 14   | 0    | 23   | 21   | 9    | 3    | 2    | 2    | 1    | 5     | 1     | 2     |
| A(3)  | 7    | 2    | 0    | 556  | 190  | 40   | 25   | 21   | 7    | 44    | 5     | 20    |
| A(4)  | 11   | 3    | 1260 | 0    | 283  | 51   | 30   | 25   | 8    | 49    | 5     | 24    |
| A(5)  | 15   | 3    | 1095 | 723  | 0    | 472  | 238  | 278  | 84   | 349   | 35    | 161   |
| A(6)  | 5    | 1    | 206  | 115  | 420  | 0    | 405  | 216  | 67   | 214   | 22    | 108   |
| A(7)  | 1    | 0    | 26   | 14   | 43   | 83   | 0    | 33   | 7    | 47    | 11    | 60    |
| A(8)  | 1    | 0    | 57   | 30   | 129  | 113  | 84   | 0    | 43   | 129   | 37    | 296   |
| A(9)  | 1    | 0    | 28   | 14   | 63   | 56   | 27   | 69   | 0    | 123   | 7     | 32    |
| A(10) | 2    | 0    | 52   | 25   | 71   | 49   | 53   | 56   | 34   | 0     | 287   | 361   |
| A(11) | 0    | 0    | 3    | 2    | 4    | 3    | 7    | 9    | 1    | 167   | 0     | 139   |

Кількість транспортних районів  Точність розрахунків  Максимальна кількість ітерацій

Спосіб розрахунку

Рисунок 2.9 — Результати розрахунку елементів ММПК

4. Розрахунок середньої відстані поїздки пасажирів у місті виконуємо за формулою

$$l_{cp} = \frac{A}{Q} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Q_{ij} \cdot l_{ij}}{\sum_{i=1}^N Q_{ij}}, \quad (2.4)$$

де  $A$  — транспортна робота, реалізована на мережі за розрахунковий період часу, пас-км;

$Q$  — обсяг перевезень пасажирів (сумарна кількість реалізованих кореспонденцій) за розрахунковий період часу, пас.;

$N$  — кількість транспортних районів,  $N = 92$ .

За результатами розрахунків перемноживши відповідні елементи матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій на найкоротші відстані між транспортними районами отримаємо  $A = 580199$  пас-км. Враховуючи, що обсяг перевезень за три години розрахункового періоду ранкових годин «пік» дорівнює  $Q = 148591$  пас., отримаємо середню відстань поїздки пасажирів

$$l_{cp} = \frac{580199}{148591} = 3,9 \text{ км.}$$

Надалі виконуємо аналогічні розрахунки для значень параметра функції тяжіння  $p = 1,75$  та  $p = 1,5$ . Результати розрахунків наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 — Результати розрахунку ММПК

| Значення параметра $p$ | Транспортна робота $A$ , пас.-км | Обсяг перевезень пасажирів $Q$ , пас. | Середня відстань поїздки пасажирів $l_{сер}$ , км |
|------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 2,50                   | 580 199                          | 148 591                               | 3,90                                              |
| 1,75                   | 817 747                          | 148 591                               | 5,50                                              |
| 1,50                   | 911 047                          | 148 591                               | 6,13                                              |

Таким чином, найбільш близькою до фактично отриманої за результатами обстежень пасажирських потоків у місті Запоріжжя є матриця міжрайонних пасажирських кореспонденцій зі значенням параметра  $p = 1,75$ , яку і приймаємо у якості остаточної.

## 2.4 Визначення пасажирських потоків на ділянках маршрутної мережі

Найбільш складним питанням транспортного проектування, що вносить основну частку невизначеності у транспортний розрахунок і визначає основну частку помилки розрахунку кореспонденцій, є розподіл пасажиропотоків транспортною мережею. При загальній похибці розрахунку сумарного обсягу перевезень близько 15–20 % похибка розподілу пасажиропотоків ділянками мережі може досягати 100 % і більше [1, 4]. При моделюванні пасажиропотоків на маршрутній мережі міст слід враховувати факт погіршення характеристик шляху пересування для пасажирів при зростанні величини пасажиропотоку на його складниках.

На розподіл пасажирських потоків на маршрутній мережі, суттєво впливають як властивості транспортної системи (наявність та привабливість альтернативних шляхів), так і поведінка окремого взятого пасажирів при виборі варіанту поїздки з декількох альтернативних.

Найпростішим варіантом розподілу накладення пасажирських кореспонденцій на маршрутній мережі є спрямування їх за найкоротшими за часом шляхами. Такий підхід не дасть точного прогнозу розподілу пасажиропотоків, але дасть можливість виявити «вузькі» місця маршрутної мережі. З іншого боку, територія міста Запоріжжя природним чином поділена на відносно ізольовані райони, з'єднані шляхопроводами у місцях перетину автомобільних та залізничних доріг або перетину автомобільними дорогами річок. Розподіл па-

сажирських кореспонденцій на маршрутній мережі міста Запоріжжя, отриманий шляхом накладення пасажирських кореспонденцій за найкоротшими шляхами прямування пасажирів на підставі розрахованої матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій, наведена на рисунках 2.10 та 2.11.

При зображенні пасажиропотоків викреслюємо їх праворуч по ходу прямування, дотримуючись поперечного масштабу. Поруч зазначаємо потужність пасажиропотоку за розрахунковий період часу. Креслення виконуємо у середовищі QuantumGIS.

Підставою для вибору переважного типу рухомого складу за пасажиромісткістю у місті є плановий обсяг транспортної роботи, що виконується міським громадським транспортом протягом розрахункового періоду (ранкових годин «пік»). Середня пасажиромісткість рухомого складу на маршрутах може бути визначена за формулою [5]

$$q = \frac{W \cdot I}{2 \cdot k_m \cdot L_m \cdot \gamma}, \quad (2.5)$$

де  $W$  — транспортна робота з перевезення пасажирів, що реалізується на маршрутній мережі за одну годину розрахункового періоду часу, пас-км;

$I$  — мережевий інтервал руху маршрутних транспортних засобів, хв.;

$k_m$  — маршрутний коефіцієнт мережі;

$L_m$  — довжина маршрутної мережі, км;

$\gamma$  — коефіцієнт використання пасажиромісткості маршрутних транспортних засобів протягом розрахункового періоду часу.

Приймаючи за фактичними даними та результатами обстеження пасажиропотоків у ранкові години «пік» значення  $W = 1025129$  пас-км,  $I = 5$  хв.,  $\gamma = 0,65$ , отримуємо середню пасажиромісткість транспортного засобу, що забезпечує задоволення попиту на перевезення у найбільш напружену годину доби

$$q = \frac{1025129 \cdot 5}{2 \cdot 4,95 \cdot 296,9 \cdot 0,65} = 44,7 \approx 45 \text{ пас.}$$

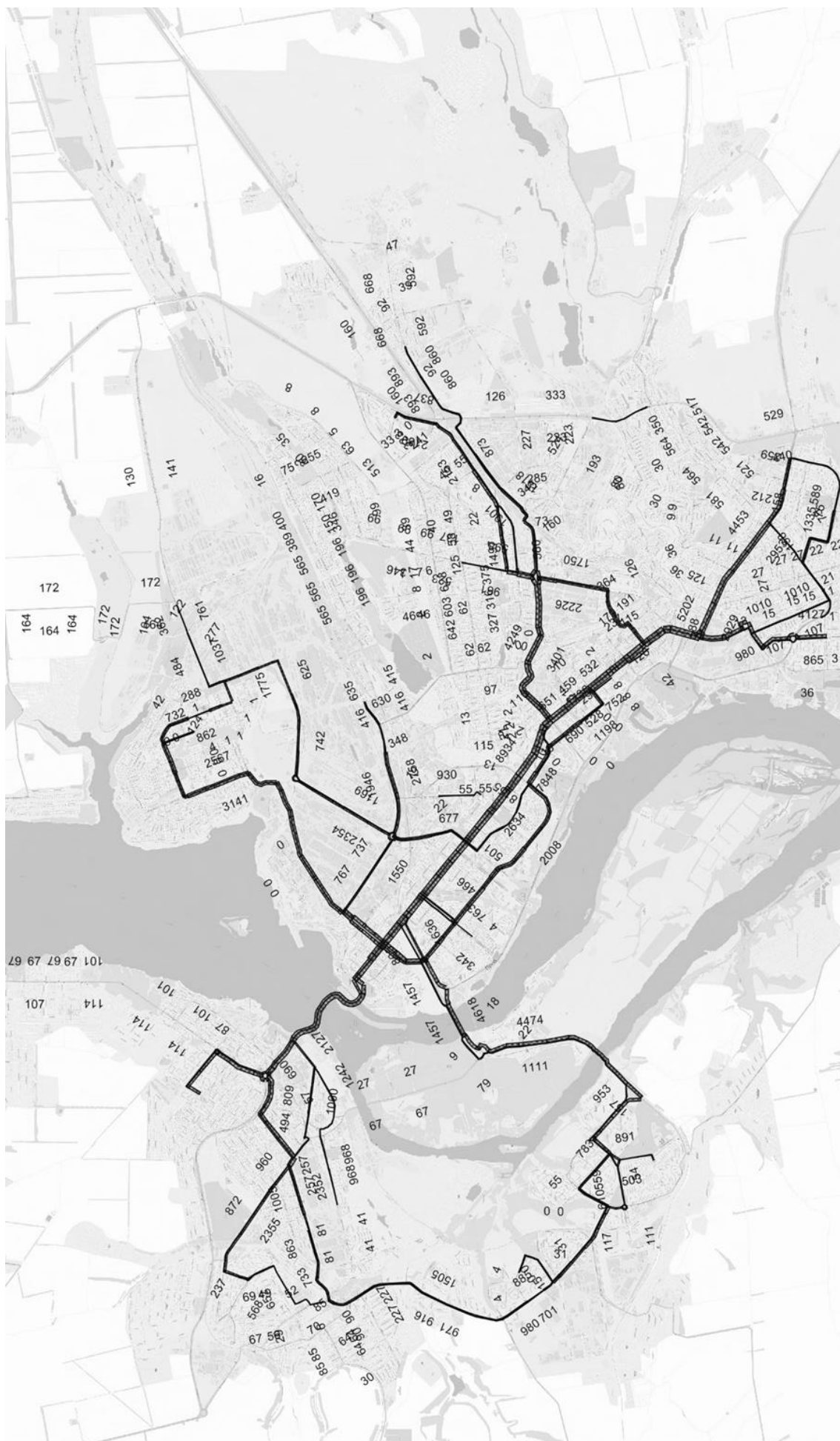


Рисунок 2.10 — Модель розподілу пасажирських кореспонденцій на маршрутній мережі (значення)

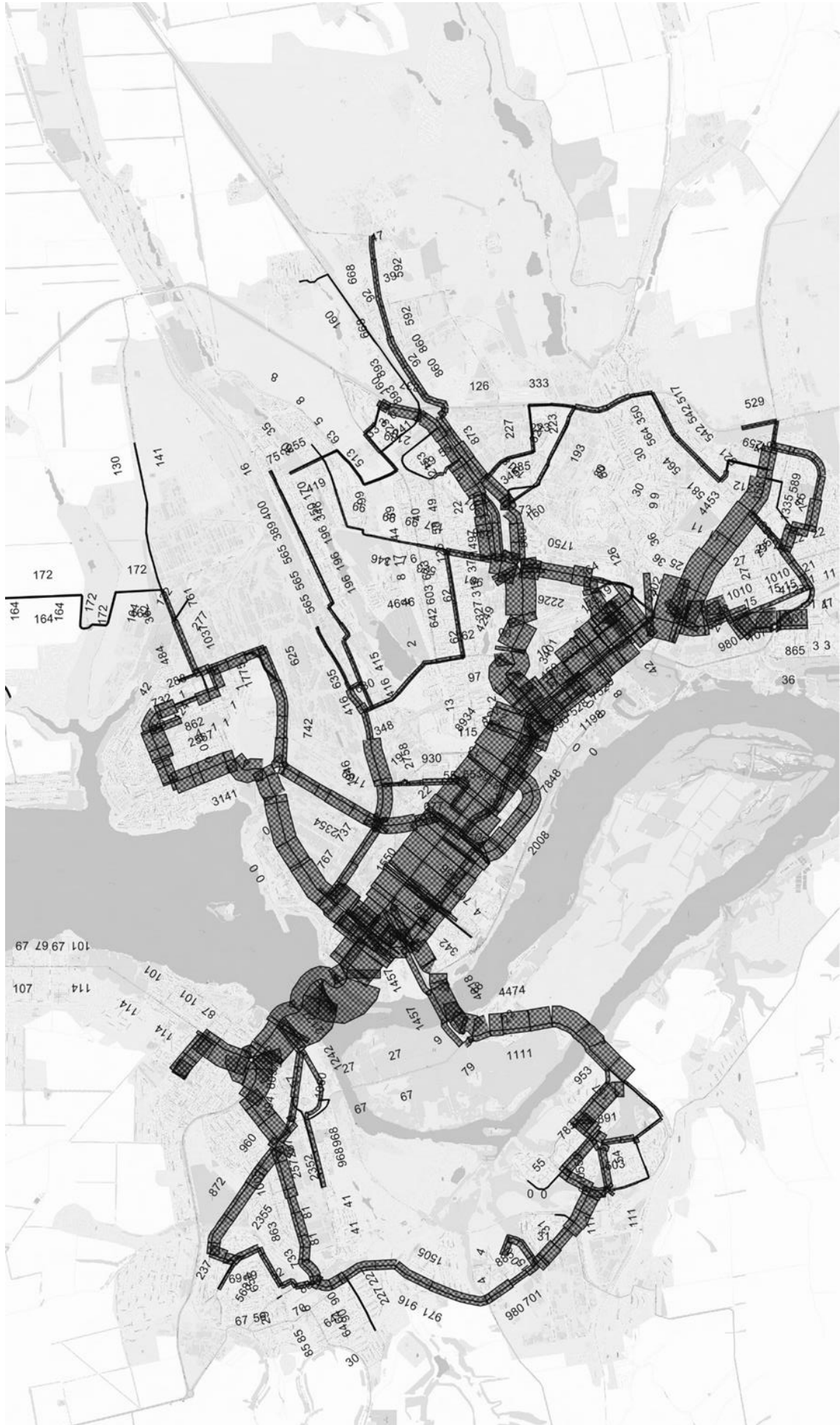


Рисунок 2.11 — Модель розподілу пасажирських кореспонденцій на маршрутній мережі (потужності)

Таким чином, на маршрутах міського транспорту Запоріжжя найбільш доцільним є використання автобусів пасажиромісткістю 45 пасажирів (наприклад. Богдан А092).

Необхідна кількість рухомого складу у русі при заданій пасажиромісткості визначається за формулою [6]

$$N_{\text{рух}} = \frac{W}{q \cdot \gamma \cdot v_e}, \quad (2.6)$$

де  $v_e$  — експлуатаційна швидкість руху, км/год. Приймаємо за даними обстеження пасажирських потоків  $v_e = 20$  км/год.

Щільність руху на маршрутній мережі (у кожному з напрямків руху) обчислюємо за формулою [7]

$$\psi = \frac{N_{\text{рух}}}{2 \cdot L_m}. \quad (2.7)$$

Розрахуємо оцінку необхідної кількості рухомого складу різної пасажиромісткості для забезпечення перевезень пасажирів та щільність руху на маршрутній мережі:

а) для автобусів пасажиромісткістю  $q = 22$  пасажирів (типовий представник — Mercedes Benz Sprinter)

$$N_{\text{рух}}^{22} = \frac{1025129}{22 \cdot 0,65 \cdot 20} = 3584 \text{ од.};$$

$$\psi = \frac{3584}{2 \cdot 296,9} = 6,03 \text{ од./км.};$$

б) для автобусів пасажиромісткістю  $q = 45$  пасажирів (типовий представник Богдан А092)

$$N_{\text{рух}}^{45} = \frac{1025129}{45 \cdot 0,65 \cdot 20} = 1752 \text{ од.};$$

$$\psi = \frac{1752}{2 \cdot 296,9} = 2,95 \text{ од./км};$$

в) для автобусів пасажиромісткістю  $q = 60$  пасажирів (типовий представник — Богдан А 221.12)

$$N_{\text{рух}}^{60} = \frac{1025129}{60 \cdot 0,65 \cdot 20} = 1314 \text{ од.};$$

$$\psi = \frac{1314}{2 \cdot 296,9} = 2,21 \text{ од./км};$$

г) для автобусів пасажиромісткістю  $q = 80$  пасажирів (типовий представник — БАЗ А08128)

$$N_{\text{рух}}^{80} = \frac{1025129}{80 \cdot 0,65 \cdot 20} = 986 \text{ од.};$$

$$\psi = \frac{986}{2 \cdot 296,9} = 1,67 \text{ од./км};$$

д) для автобусів пасажиромісткістю  $q = 100$  пасажирів (типовий представник — МАЗ-103)

$$N_{\text{рух}}^{100} = \frac{1025129}{100 \cdot 0,65 \cdot 20} = 789 \text{ од.};$$

$$\psi = \frac{789}{2 \cdot 296,9} = 1,33 \text{ од./км.}$$

Результати розрахунку необхідної кількості рухомого складу різної пасажиромісткості та щільності руху зводимо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 — Необхідна кількість рухомого складу та щільність руху

| Пасажиромісткість<br>рухомого складу,<br>пас. | Типовий<br>представник | Кількість<br>транспортних<br>засобів у русі, од. | Щільність<br>руху, од./км. |
|-----------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------|
| 22                                            | Mercedes Sprinter      | 3584                                             | 6,03                       |
| 45                                            | Богдан А092            | 1752                                             | 2,95                       |
| 60                                            | Богдан А221.12         | 1314                                             | 2,21                       |
| 80                                            | БАЗ А08128             | 986                                              | 1,67                       |
| 100                                           | МАЗ-103                | 789                                              | 1,33                       |

Таким чином, необхідний парк рухомого складу різних видів міського транспорту Запоріжжя повинен налічувати від 789 до 3584 одиниць транспортних засобів в залежності від пасажиромісткості, для задоволення потреб населення міста у перевезеннях.

### 3 ОЦІНКА ВАРТОСТІ ПОЇЗДКИ ПАСАЖИРА У ТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ МІСТА

Виконаємо економічні розрахунки для оцінки вартості поїздки пасажирів у місті Запоріжжя в залежності від пасажиромісткості використовуваного на перевезеннях рухомого складу. Перелік типових представників рухомого складу різної пасажиромісткості та їх основні технічні характеристики наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 — Технічні характеристики рухомого складу

| Тип автобуса      | Довжина, м | Пасажиромісткість, пас. | Тип двигуна | Лінійна норма витрат палива, л/100 км | Тип і розмір шин | Вартість за одиницю, тис. грн. |
|-------------------|------------|-------------------------|-------------|---------------------------------------|------------------|--------------------------------|
| Mercedes Sprinter | 6,59       | 22                      | дизель      | 11,0                                  | 225/70/15C       | 2 327                          |
| Богдан А092       | 7,73       | 45                      | дизель      | 15,5                                  | 215/75 R17,5     | 1 621                          |
| Богдан А221.12    | 8,21       | 64                      | дизель      | 24,0                                  | 235/75 R17,5     | 1 705                          |
| БАЗ А08128        | 9,44       | 79                      | дизель      | 28,0                                  | 245/70 R17,5     | 2 240                          |
| МАЗ-103           | 11,99      | 100                     | дизель      | 36,0                                  | 275/70 R22,5     | 3 850                          |

Розрахунок собівартості перевезень виконуємо на 1 км пробігу відповідно до Методичних рекомендацій визначення рівня тарифів на послуги пасажирського автомобільного транспорту загального користування, затвердженими наказом Міністерства транспорту №461 від 25.06.2009 р.

Собівартість кілометру пробігу автобуса визначимо за формулою

$$c_{\text{км}} = Z_{\text{в}} + Z_{\text{р}} + C_{\text{т}} + C_{\text{см}} + C_{\text{то}} + C_{\text{ш}} + A + C_{\text{а}} + C_{\text{пр}}, \quad (3.1)$$

де  $Z_{\text{в}}$  — заробітна плата водіїв основна та додаткова з відрахуваннями на соціальне страхування, грн.;

$Z_{\text{р}}$  — заробітна плата ремонтних робітників основна та додаткова, з відрахуваннями на соціальне страхування, грн.;

$C_{\text{т}}$  — витрати на паливо, грн.;

$C_{\text{см}}$  — витрати на мастильні матеріали, грн.;

$C_{\text{то}}$  — витрати на технічне обслуговування та ремонт автобусів, грн.;

$C_{\text{ш}}$  — витрати на ремонт та відновлення автомобільних шин, грн.;

$A$  — амортизаційні відрахування, грн.;

$C_{\text{а}}$  — витрати на акумуляторні батареї, грн.;

$C_{\text{пр}}$  — інші витрати, грн.

Розрахунок заробітної плати водіїв наведений у таблиці 3.2, розрахунок заробітної плати ремонтних працівників, зайнятих на виконанні технічного обслуговування і поточного ремонту автобусів наведений у таблиці 3.3.

Витрати на паливо автобусами визначимо за формулою

$$C_{\text{т}} = 0,01(1 + k_{\Sigma}) \cdot H_{\text{с}} \cdot \Pi_{\text{т}}, \quad (3.2)$$

де  $H_{\text{с}}$  — базова лінійна норма витрати палива на пробіг автобуса, л/100 км.

$k_{\Sigma}$  — сумарний коригуючий коефіцієнт до базової лінійної норми витрат палива, %.

$\Pi_{\text{т}}$  — вартість 1 л палива, грн./л.

Розрахунок витрат на паливо автобусами наведений у таблиці 3.4.

Таблиця 3.2 — Розрахунок заробітної плати водіїв

| Стаття                                                                                                             | Тип автобуса              |                |                |             |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|----------------|-------------|------------|
|                                                                                                                    | Mer-<br>cedes<br>Sprinter | Богдан<br>A092 | Богдан<br>A221 | БАЗ<br>A081 | МАЗ<br>103 |
| 1. Основна заробітна плата (годинна тарифна ставка), коп./год.                                                     | 2321                      | 2512           | 2707           | 2901        | 3112       |
| 2. Додаткова заробітна плата, коп./год., у тому числі                                                              |                           |                |                |             |            |
| доплата за класність (25 %)                                                                                        | 580,25                    | 628,00         | 676,75         | 725,25      | 778,00     |
| сплата відпусток (9,5 %)                                                                                           | 220,49                    | 238,64         | 257,17         | 275,60      | 295,64     |
| 3. Заробітна плата основна та додаткова, грн/год.                                                                  | 31,22                     | 33,79          | 36,41          | 39,02       | 41,86      |
| 4. Експлуатаційна швидкість, км/год.                                                                               | 18,1                      | 18,1           | 18,1           | 18,1        | 18,1       |
| 5. Заробітна плата, коп./км.                                                                                       | 172,48                    | 186,69         | 201,16         | 215,58      | 231,27     |
| 6. Заробітна плата інженерно-технічних робітників та службовців (10 % від фонду заробітної плати водіїв), коп./км. | 17,25                     | 18,67          | 20,12          | 21,56       | 23,13      |
| 7. Загальний фонд заробітної плати, коп./км                                                                        | 189,73                    | 205,36         | 221,28         | 237,14      | 254,40     |
| 8. Єдиний внесок до фондів соціального страхування та пенсійного фонду (22 %), коп./км.                            | 41,74                     | 45,18          | 48,68          | 52,17       | 55,97      |
| Всього заробітна плата, коп./км                                                                                    | 231,47                    | 250,54         | 269,96         | 289,31      | 310,37     |

Таблиця 3.3 — Розрахунок заробітної плати ремонтних працівників

| Стаття                                                   | Тип автобуса              |                |                |             |            |
|----------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|----------------|-------------|------------|
|                                                          | Mer-<br>cedes<br>Sprinter | Богдан<br>А092 | Богдан<br>А221 | БАЗ<br>А081 | МАЗ<br>103 |
| 1. Річний пробіг автобуса, км                            | 90 000                    | 80 000         | 75 000         | 70 000      | 60 000     |
| 2. Періодичність видів технічного обслуговування, км.    |                           |                |                |             |            |
| ТО-1                                                     | 5 000                     | 5 000          | 5 000          | 5 000       | 5 000      |
| ТО-2                                                     | 20 000                    | 20 000         | 20 000         | 20 000      | 20 000     |
| 3. Нормативи трудомісткості:                             |                           |                |                |             |            |
| ЩО, чол-год/обслуговування                               | 0,7                       | 0,8            | 0,8            | 0,8         | 1,0        |
| ТО-1, чол-год/обслуговування                             | 5,5                       | 5,8            | 5,8            | 5,8         | 7,5        |
| ТО-2, чол-год/обслуговування                             | 18,0                      | 24,0           | 24,0           | 24,0        | 31,5       |
| ПР, чол-год/1000 км                                      | 5,5                       | 6,2            | 6,2            | 6,2         | 6,8        |
| 4. Кількість обслуговувань на річний пробіг, од.         |                           |                |                |             |            |
| ЩО                                                       | 320                       | 320            | 320            | 320         | 320        |
| ТО-1                                                     | 18                        | 16             | 15             | 14          | 12         |
| ТО-2                                                     | 5                         | 4              | 4              | 4           | 3          |
| 5. Трудомісткість робіт ТО та ПР, чол.-год:              |                           |                |                |             |            |
| ЩО                                                       | 224                       | 256            | 256            | 256         | 320        |
| ТО-1                                                     | 99,0                      | 92,8           | 87,0           | 81,2        | 90,0       |
| ТО-2                                                     | 90,0                      | 96,0           | 96,0           | 96,0        | 94,5       |
| ПР                                                       | 495                       | 496            | 465            | 434         | 408        |
| Всього                                                   | 908,0                     | 940,8          | 904,0          | 867,2       | 912,5      |
| 6. Трудомісткість ТО та ПР на 1000 км пробігу, чол.-год. | 10,09                     | 11,76          | 12,05          | 12,39       | 15,21      |

Продовження таблиці 3.3.

| Стаття                                                                                                                   | Тип автобуса              |                |                |             |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|----------------|-------------|------------|
|                                                                                                                          | Mer-<br>cedes<br>Sprinter | Богдан<br>А092 | Богдан<br>А221 | БАЗ<br>А081 | МАЗ<br>103 |
| 7. Годинна тарифна ставка ре-<br>монтних робітників (ІІІ розряд),<br>коп./год.                                           | 2224,1                    |                |                |             |            |
| 8. Доплати і надбавки за інтен-<br>сивну працю 12%, за високу<br>професійну майстерність 12 %<br>(разом 24 %), коп./год. | 533,8                     |                |                |             |            |
| 9. Годинна тарифна ставка з<br>врахуванням доплат і надбавок,<br>коп./год                                                | 2757,9                    |                |                |             |            |
| 10. Сплата відпусток (9,5 %),<br>коп./год                                                                                | 211,29                    |                |                |             |            |
| 11. Всього годинна тарифна ста-<br>вка з врахуванням доплат і<br>сплати відпусток, коп./год.                             | 2969,2                    |                |                |             |            |
| 12. Єдиний внесок до фондів<br>соціального страхування та пен-<br>сійного фонду (22 %), коп./км.                         | 653,2                     |                |                |             |            |
| 13. Всього годинний фонд заробітної плати з відрахуваннями<br>на соціальне страхування,<br>коп./год.                     | 3622,4                    |                |                |             |            |
| 14. Заробітна плата ремонтних<br>робітників на 1 км пробігу,<br>коп./км                                                  | 36,55                     | 42,60          | 43,65          | 44,88       | 55,10      |

Таблиця 3.4 — Розрахунок витрат на паливо автобусами

| Стаття                                                                            | Тип автобуса              |                |                |             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|----------------|-------------|------------|
|                                                                                   | Mer-<br>cedes<br>Sprinter | Богдан<br>A092 | Богдан<br>A221 | БАЗ<br>A081 | МАЗ<br>103 |
| 1. Лінійна норма витрат палива, л/100 км.                                         | 11,0                      | 15,0           | 24,0           | 28,0        | 36,0       |
| 2. Додаткові витрати палива, % за роботу у місті з населенням 0,5 – 1,0 млн. чол. | 10                        | 10             | 10             | 10          | 10         |
| за виконання роботи, пов’язаної з частими технологічними зупинками                | 10                        | 10             | 10             | 10          | 10         |
| 3. Вартість 1 л палива, грн/л                                                     | 24,5                      | 24,5           | 24,5           | 24,5        | 24,5       |
| 4. Витрати палива на 1 км пробігу, л                                              | 0,132                     | 0,180          | 0,288          | 0,336       | 0,432      |
| 5. Витрати на палива на 1 км пробігу, грн./км                                     | 3,23                      | 4,41           | 7,05           | 8,23        | 10,58      |

Витрати на мастильні матеріали приймаємо у розмірі 15 % від витрат на паливо. Для автобусів Mercedes Sprinter  $C_{cm} = 48,5$  коп./км, для автобусів Богдан A092  $C_{cm} = 66,2$  коп./км., для автобусів Богдан A221  $C_{cm} = 105,8$  коп./км, для автобусів БАЗ A081  $C_{cm} = 123,5$  коп./км, для автобусів МАЗ 103  $C_{cm} = 158,7$  коп./км.

Витрати на матеріали та запасні частини для виконання поточного і позапланових обслуговувань і ремонтів визначаємо у відповідності до Нормативів витрат на технічне обслуговування та поточний ремонт по базових марках автомобілів, затвердженими Наказом Міністерства транспорту від 14.11.1995 р. Результати розрахунку наведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 — Розрахунок витрат на запасні частини і матеріали

| Стаття                                                     | Тип автобуса              |                |                |             |            |
|------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|----------------|-------------|------------|
|                                                            | Mer-<br>cedes<br>Sprinter | Богдан<br>A092 | Богдан<br>A221 | БАЗ<br>A081 | МАЗ<br>103 |
| 1. Витрати на запчастини,<br>грн/1000 км пробігу           | 57,12                     | 89,92          | 95,16          | 100,80      | 112,10     |
| 2. Витрати на матеріали,<br>грн/1000 км пробігу            | 99,68                     | 117,76         | 131,12         | 145,18      | 169,24     |
| 3. Витрати на ремонт і матері-<br>али, грн/1000 км пробігу | 156,8                     | 207,68         | 226,28         | 245,98      | 281,34     |
| 4. Витрати на ремонт і матері-<br>али, коп/км.             | 15,68                     | 20,77          | 22,63          | 24,60       | 28,13      |

Витрати на автомобільні шини визначимо за формулою

$$C_{\text{ш}} = \frac{Ц_{\text{ш}}}{L_{\text{ш}}}, \quad (3.3)$$

де  $Ц_{\text{ш}}$  — ціна комплекту шин, грн.;

$L_{\text{ш}}$  — нормативний пробіг шин до заміни, км.

Розрахунок витрат на автомобільні шини наведений у таблиці 3.6.

Амортизаційні відрахування на рухомий склад визначаємо виходячи з річної норми амортизаційних відрахувань 20 % (прямолінійний метод нарахування амортизації. Результати розрахунку амортизаційних відрахувань наведені у таблиці 3.7.

Витрати на заміну відновлення акумуляторних батарей автобусів визначимо за формулою

$$C_a = \frac{100 \cdot Ц_{\text{аб}} \cdot n_{\text{аб}}}{H_{\text{аб}} \cdot I}, \quad (3.4)$$

Таблиця 3.6 — Розрахунок витрат на заміну автомобільних шин

| Стаття                                              | Тип автобуса              |                 |                 |                 |                 |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                     | Mer-<br>cedes<br>Sprinter | Богдан<br>A092  | Богдан<br>A221  | БАЗ<br>A081     | МАЗ<br>103      |
| 1. Кількість шин, одиниць                           | 6+1                       | 6+1             | 6+1             | 6+1             | 6+1             |
| 2. Тип та розмір шин                                | 225/70<br>/15C            | 215/75<br>R17,5 | 235/75<br>R17,5 | 245/70<br>R17,5 | 275/70<br>R22,5 |
| 3. Норма експлуатаційного пробігу автошин, тис. км. | 75                        | 80              | 80              | 85              | 85              |
| 4. Вартість шини, грн.                              | 1 773                     | 2 604           | 2 935           | 3 615           | 4 710           |
| 5. Витрати на автошини на 1 км пробігу, коп/км.     | 16,54                     | 22,79           | 25,68           | 29,77           | 38,79           |

Таблиця 3.7 — Розрахунок амортизаційних відрахувань

| Стаття                                          | Тип автобуса              |                |                |             |            |
|-------------------------------------------------|---------------------------|----------------|----------------|-------------|------------|
|                                                 | Mer-<br>cedes<br>Sprinter | Богдан<br>A092 | Богдан<br>A221 | БАЗ<br>A081 | МАЗ<br>103 |
| 1. Вартість автобуса, тис. грн.                 | 2 327                     | 1 621          | 1 705          | 2 240       | 3 850      |
| 2 Річна норма амортизації, %                    | 20                        | 20             | 20             | 20          | 20         |
| 3. Річний пробіг автобуса, тис. км.             | 90                        | 80             | 75             | 70          | 60         |
| 4. Амортизаційні відрахування на рік, тис. грн. | 465,4                     | 324,2          | 341,0          | 448,0       | 770,0      |
| 5. Амортизаційні відрахування, коп/км           | 517,1                     | 405,3          | 454,6          | 640,0       | 1283,3     |

де  $C_{аб}$  — вартість акумуляторної батареї, грн.;

$n_{аб}$  — кількість акумуляторних батарей, встановлених на автобусі;

$N_{аб}$  — експлуатаційна норма середнього ресурсу акумуляторної батареї, встановлена «Експлуатаційними нормами середнього ресурсу акумуляторних свинцевих батарей колісних транспортних засобів і спеціальних машин, виконаних на колісних шасі», затверджених наказом Міністерства транспорту і зв'язку України №489 від 20.05.2006 року;

$I$  — фактична інтенсивність експлуатації автомобільного транспортного засобу, км/місяць.

Розрахунок витрат на акумуляторні батареї для автобусів наведений у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 — Розрахунок витрат на акумуляторні батареї стартерні

| Стаття                                                  | Тип автобуса      |             |             |          |         |
|---------------------------------------------------------|-------------------|-------------|-------------|----------|---------|
|                                                         | Mercedes Sprinter | Богдан A092 | Богдан A221 | БАЗ A081 | МАЗ 103 |
| 1. Тип акумуляторної батареї                            | 55DL2 3L          | 6СТ-90      | 6СТ-90      | 6СТ-90   | 6СТ-90  |
| 2. Кількість акумуляторних батарей                      | 1                 | 2           | 2           | 2        | 2       |
| 3. Місячний пробіг автобуса, км                         | 7 500             | 6 667       | 6 250       | 5 833    | 5 000   |
| 4. Норма середнього ресурсу акумуляторної батареї, міс. | 18                | 18          | 18          | 18       | 18      |
| 5. Вартість акумулятора, грн.                           | 2 350             | 3 529       | 3 529       | 3 529    | 3 529   |
| 6. Витрати на акумулятори на 1 км пробігу, коп./км      | 1,74              | 5,88        | 6,27        | 6,72     | 7,84    |

Загальновиробничі витрати приймаємо у розмірі 60 % від фонду заробітної плати водіїв:

– для автобусів Mercedes Sprinter

$$C_{пр} = 0,6 \cdot 172,48 = 103,49 \text{ коп./км;}$$

– для автобусів Богдан А092

$$C_{\text{пр}} = 0,6 \cdot 186,69 = 112,0 \text{ коп./км.};$$

– для автобусів Богдан А221

$$C_{\text{пр}} = 0,6 \cdot 201,16 = 120,7 \text{ коп./км.};$$

– для автобусів БАЗ А081

$$C_{\text{пр}} = 0,6 \cdot 215,58 = 129,4 \text{ коп./км.};$$

– для автобусів МАЗ 103

$$C_{\text{пр}} = 0,6 \cdot 231,27 = 138,8 \text{ коп./км.};$$

Результати розрахунку собівартості перевезень наведені у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 — Результати розрахунку собівартості пробігу автобусів

| Стаття                                               | Тип автобуса              |                |                |             |            |
|------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|----------------|-------------|------------|
|                                                      | Mer-<br>cedes<br>Sprinter | Богдан<br>А092 | Богдан<br>А221 | БАЗ<br>А081 | МАЗ<br>103 |
| 1. Заробітна плата водіїв,<br>коп./км                | 231,47                    | 250,54         | 269,96         | 289,31      | 310,37     |
| 2. Заробітна плата ремонтних<br>робітників, коп./км. | 36,55                     | 42,60          | 43,65          | 44,88       | 55,10      |
| 3. Витрати на паливо, коп./км.                       | 323                       | 441            | 705            | 823         | 1058       |
| 4. Мастильні матеріали, коп./км.                     | 48,5                      | 66,2           | 105,8          | 123,5       | 158,7      |
| 5. Автомобільні шини, коп./км.                       | 16,54                     | 22,79          | 25,68          | 29,77       | 38,79      |

Продовження таблиці 3.9.

| Стаття                                      | Тип автобуса      |             |             |          |         |
|---------------------------------------------|-------------------|-------------|-------------|----------|---------|
|                                             | Mercedes Sprinter | Богдан A092 | Богдан A221 | БАЗ A081 | МАЗ 103 |
| 6. Запасні частини і матеріали, коп/км.     | 15,68             | 20,77       | 22,63       | 24,60    | 28,13   |
| 7. Амортизація рухомого складу, коп/км.     | 517,1             | 405,3       | 454,6       | 640,0    | 1283,3  |
| 8. Витрати на акумуляторні батареї, коп./км | 1,74              | 5,88        | 6,27        | 6,72     | 7,84    |
| 9. Загальновиробничі витрати, коп/км.       | 103,49            | 112,0       | 120,7       | 129,4    | 138,8   |
| Собівартість виконання 1 км пробігу, коп.   | 1294,1            | 1367,1      | 1754,3      | 2111,2   | 3079,0  |

Тариф на перевезення одного пасажир на маршруті визначимо за формулою [8, 9]

$$T = \frac{k_p \cdot c_{\text{км}} \cdot \bar{l}}{q_p \cdot \gamma_d}, \quad (3.5)$$

$k_p$  — коефіцієнт, що враховує рентабельність перевезень. Приймаємо  $k_p = 1,15$ ;

$\bar{l}$  — середня дальність поїздки пасажир, км.;

$q_p$  — номінальна пасажиромісткість автобуса, пас.;

$\gamma_d$  — динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості.

Тариф на поїздку пасажир складе:

– для автобуса Mercedes Sprinter

$$T_{22} = \frac{1,15 \cdot 1294,1 \cdot 5,75}{22 \cdot 0,65} = 598,4 \text{ коп};$$

– для автобуса Богдан А092

$$T_{45} = \frac{1,15 \cdot 1367,1 \cdot 5,75}{45 \cdot 0,50} = 401,8 \text{ коп.};$$

– для автобуса Богдан А211

$$T_{60} = \frac{1,15 \cdot 1754,3 \cdot 5,75}{60 \cdot 0,45} = 429,6 \text{ коп.};$$

– для автобуса БАЗ А081

$$T_{80} = \frac{1,15 \cdot 2111,2 \cdot 5,75}{80 \cdot 0,40} = 436,3 \text{ коп.};$$

– для автобуса МАЗ 103

$$T_{100} = \frac{1,15 \cdot 3079,0 \cdot 5,75}{100 \cdot 0,40} = 581,7 \text{ коп.}$$

Таким чином, економічно обґрунтований тариф на одну маршрутну поїздки у місті Запоріжжя на даний час в залежності від типу використовуваного рухомого складу складає 4,25 ... 6,0 грн.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Тема магістерської роботи: «Математичне моделювання матриці міграційних пасажирських кореспонденцій та пасажирських потоків міста Запоріжжя», тому основну увагу приділимо аналізу потенційних небезпек і заходам щодо забезпечення безпеки при збиранні даних безпосередньо на маршрутній мережі та в процесі обробки отриманої інформації з використанням засобів обчислювальної техніки.

### 4.1 Аналіз потенційних небезпек

При роботі обліковців під час збирання вихідної інформації про пасажирські потоки у салонах транспортних засобів та на зупинках громадського транспорту:

а) наїзди проїжджаючих транспортних засобів на обліковців при порушенні останніми правил дорожнього руху;

б) наїзди на обліковців, що знаходяться на зупинках, при самовільному русі транспортних засобів в випадку не вмикання стоянкового гальма;

в) підвищений рівень шуму при знаходженні обліковців у салоні транспортних засобів або на зупинках, що призводить до постійного напруження слухового апарату і, в результаті, до більшої втомлюваності. Основними джерелами шуму є двигуни автомобілів та автобусів з вихлопною системою, ходова частина і кузов. Істотний внесок у загальний рівень шуму здійснює шумовий клімат середовища руху. При дії шуму 60 дБА та вище розвиваються гальмівні або збуджувальні процеси в корі головного мозку в залежності від індивідуальних особливостей водія, ознаки невротизації на фоні виснаження функціональних резервів сенсомоторної зони кори;

г) підвищений рівень вібрації у салоні транспортних засобів, що передається через конструкцію кузова транспортного засобу і виникає від двигуна і трансмісії. Рівень загальної вібрації залежить переважно від швидкості руху і конструктивних особливостей сидіння і ходової частини автомобіля;

д) підвищена температура та швидкість руху повітря в теплий період року у салоні транспортних засобів;

е) підвищена загазованість повітря в транспорті (підвищений вміст двоокису вуглецю, окису вуглецю, оксидів азоту, парів бензину тощо);

ж) можливість виникнення пожежі у салоні автобуса через коротке замкнення електропроводки, витік та займання паливно-мастильних матеріалів.

При роботі обліковців під час опрацювання отриманих вихідних даних з використанням ЕОМ:

а) небезпека ураження електричним струмом внаслідок недотримання правил електричної безпеки, експлуатації електричного обладнання, несправності електричного та електронного обладнання (торкання відкритими частинами тіла оголених дротів живлення, електричної арматури);

б) погіршення здоров'я, насамперед, через навантаження кісткового апарату внаслідок довготривалого утримання статичних положень тіла, неправильне обладнання робочого місця меблями (висота столів, стільців, кути нахилу спинки стільця тощо), недотримання встановлених відстаней між поверхнею монітору та очима, кутів нахилу екрану монітора, його роздільних характеристик та якості зображення;

в) погіршення гостроти зору внаслідок недостатнього рівня освітлення робочої зони оператора ЕОМ;

г) негативний вплив мікроклімату робочої зони оператора ПЕОМ у приміщенні лабораторії — неналежна температура та швидкість повітря внаслідок виділення надлишкового тепла комп'ютерною та організаційною технікою;

д) негативний вплив підвищеної вібрації та шуму на робочому місці операторів внаслідок використання периферійного обладнання ЕОМ з підвище-

ним рівнем шуму та вібрації (копіювальні апарати, сканери, принтери), використання застарілих або несправних засобів кондиціонування і вентиляції повітря (кондиціонерів);

е) небезпека займання та пожежі через несправність електричного обладнання ЕОМ та його периферійних пристроїв.

#### 4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Головним нормативним актом, що регулює правила безпеки та охорони праці на пасажирському автомобільному транспорті є НПАОП 0.00–1.62–12 «Правила охорони праці на автомобільному транспорті».

Для усунення небезпек, що можуть мати місце при збиранні обліковцями первинних даних про пасажиропотоки на маршрутній мережі, потрібне впровадження наступних заходів:

а) чітке дотримання Правил дорожнього руху України (що вступили в дію 10 жовтня 2001 року зі змінами, внесеними постановою Кабінету Міністрів України від 15 листопада 2017 року № 860) обліковцями у частині прав та обов'язків пішоходів;

б) перед виходом з транспортного засобу обліковець повинен бути уважним і виконувати посадку та висадку тільки після повної зупинки транспортного засобу.

Для усунення небезпек, що можуть мати місце при опрацюванні отриманих первинних даних з використання засобів обчислювальної техніки, необхідно передбачити:

а) надійне заземлення провідних корпусів обладнання для запобігання появи на них електричного струму, яке при випадковому або цілеспрямованому дотику може призвести до ураження електричним струмом, облаштування ізоляції та захисних оболонок струмоведучих частин обладнання;

б) експлуатацію електричного обладнання з дотриманням вимог Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів;

#### 4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

а) для зменшення рівня шуму у салоні транспортних засобів використовуються звукопоглинаючі, звукоізолюючі матеріали згідно ДСН 3.3.6.037–99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Покриття мастикою днища кузова транспортних засобів;

б) вібрація зменшується при використанні вібропоглинаючих та звукоізолюючих матеріалів (наприклад, гумовий килимок). Вимоги до обмеження часу дії вібрації наведені у ДСН 3.3.6.039–99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації». Проведення якісного і своєчасного технічного огляду транспортних засобів, дотримання потрібного тиску в шинах і добре балансовані колеса;

в) для зниження температури в салоні автобуса використовувати кондиціонування або вентиляцію робочого місця згідно з ДБН В.2.5–67:2013 «Опалення, вентиляція і кондиціонування»;

г) для місць з підвищеною концентрацією шкідливих речовин (вихлопних газів) в транспорті використовувати вентиляцію, що може знизити до допустимих норм концентрацію цих речовин у повітрі робочої зони згідно ГОСТ 12.1.007–76 «Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки», а також своєчасно слідкувати за справністю системи відведення відпрацьованих вихлопних газів;

д) для запобігання втомлюваності у роботі оператора ЕОМ у графіку їх роботи передбачаються перерви тривалістю не менше 10 хв. протягом години;

е) для запобігання розладам кісткового апарату оператора внаслідок тривалої статичної позиції слід дотримуватись таких параметрів організації робо-

чого місця: висота розташування клавіатури від підлоги — 65 ... 75 см; можливість регулювання кута нахилу клавіатури до поверхні столу у межах  $2^{\circ}$  ...  $15^{\circ}$ ; бажаний ергономічний килимок та маніпулятор «миша»; відстань розташування робочого місця не менш ніж 1 м від вікон; висота робочого стола 725 мм, ширина робочого стола 600 ... 1400 мм, глибина робочого стола 800 ... 1000 мм згідно ДСТУ ISO 9241-1:2003 «Ергономічні вимоги при роботі з відеотерміналами у офісі. Загальні положення»;

ж) для запобігання розладам зору внаслідок недостатнього освітлення робочого місця передбачається загальне рівномірне освітлення приміщення оператора люмінесцентними лампами типу ЛБ, що забезпечують рівень освітленості у зоні розташування рук 300 ... 500 лк згідно ДБН В.2.5–28:2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне та штучне освітлення». Освітлення забезпечується світильниками, що розташовані на стелі приміщення;

з) дотримання показників мікроклімату у приміщенні операторів ЕОМ, що відповідають вимогам ДСН 3.3.6–042–99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» та ДБН В.2.5–67:2013 «Опалення, вентиляція і кондиціонування». Забезпечення у холодну пору року за допомогою системи централізованого опалення та кондиціонерів типу «спліт-система» температури повітря  $21 \dots 23^{\circ}\text{C}$  при відносній вологості 40 ... 60 % та швидкість переміщення до 0,1 м/с; у теплу пору року температури повітря  $22 \dots 24^{\circ}\text{C}$  при відносній вологості 40 ... 60 % та швидкість переміщення до 0,2 м/с.

#### 4.4 Заходи з пожежної безпеки

Технічний стан дорожніх транспортних засобів відповідає вимогам стандартів, Правил пожежної безпеки України, Правил дорожнього руху, Правил охорони праці на автотранспорті, Правил технічної експлуатації, нормативних

актів з охорони навколишнього середовища, інструкцій підприємств-виробників, реєстраційних документів та іншої нормативної документації. Дорожні транспортні засоби оснащені вогнегасниками відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 08.10.97 № 1128 «Про забезпечення транспортних засобів первинними засобами пожежогасіння».

В салоні для пасажирів в автобусі передбачено наявність одного повітряно-пінного вогнегасника ВПП-9 та вуглекислотного вогнегасника ВВК-7.

Автобуси для перевезення пасажирів у кількості:

- до 8 чоловік — оснащені вогнегасником порошковим ВП-2;
- до 30 чоловік — оснащені вогнегасниками порошковими ВП-2 (або ВП-5) та вуглекислотним ВВК-5;
- понад 30 чоловік — одним порошковим ВП-5 та ВП-2 (або ВП-5 та вуглекислотним ВВК-5).

В усіх автобусах вогнегасники розміщено в кабіні безпосередньо біля водія в легкодоступному для нього місці. Вогнегасники, які розміщують поза кабіною, захищено під впливу атмосферних опадів, сонячних променів і бруду.

У пасажирських салонах автобусів вогнегасники розміщуються приблизно на рівні центра вікон або вище в передньому куті салону для забезпечення їх цілості, для можливого контролю з боку водія та доступу до них через передні двері. Найбільш зручними місцями для ВП-5 та ВВК-5 в автобусах великого класу є стінка кабіни з боку водія або місце під правим переднім кріслом для пасажирів.

Приміщення для операторів ЕОМ обладнане речами, що горять (офісні меблі, комп'ютерна техніка, папір та картон тощо). У такому приміщенні може виникати пожежа класу А (горіння переважно твердих речовин, що тліють) згідно ДБН В.1.1.7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Згідно ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будівель та зовнішніх устаткувань за вибухопожежною та пожежною безпекою» приміщення для роботи операторів відноситься до категорії Д (помірно пожежонебезпечна). З ураху-

ванням того, що площа приміщення складає 20 м<sup>2</sup>, для захисту від пожежі необхідно застосовувати два порошкових вогнегасники типу ВП-5 (один — за наявності системи автоматичного пожежогасіння). Крім того, приміщення операторів ЕОМ обладнується автоматичними пожежними сповіщувачами, що реагують на підвищення температури, дим, відкрите полум'я. Наприклад, сповіщувачі моделей СПТ-Тірас.

#### 4.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

У відповідності з Кодексом цивільного захисту України (від 2013 р.), надзвичайна ситуація (НС) — порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, великою пожежею, застосування засобів ураження, що призвели або можуть призвести до людських і матеріальних витрат.

Надзвичайні ситуації в громадському транспорті мають свої особливості, пов'язані зі скупченням великої кількості людей в замкненому просторі салону, високою швидкістю руху транспортного засобу, виникненням несподіваних ситуацій на дорогах, різким гальмуванням, дорожньо-транспортними пригодами (ДТП).

У разі виникнення надзвичайної ситуації (ДТП) потрібно дотримуватися наступних правил:

- потрібно дотримуватися спокою, не панікувати, діяти злагоджено, чітко і організовано;
- по можливості якомога швидше покинути аварійний транспортний засіб через двері, люки, віконні прорізи, проломи. Відійти на безпечну відстань, при необхідності надати допомогу постраждалим;
- при виявленні безхазяйних речей на зупинках або в салоні транспортного засобу повідомити про це водієві;

- в разі пожежі негайно повідомити водія, спробувати загасити вогонь за допомогою вогнегасника, який завжди знаходиться в транспортному засобі, і підручними матеріалами;

З метою зменшення ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з громадським транспортом, пасажирам необхідно дотримуватися наступних основних вимог безпеки:

- чекати громадський транспорт тільки на спеціалізованих зупинках, при їх відсутності — на тротуарі чи узбіччі дороги поруч з покажчиком зупинки;
- посадку в транспортний засіб здійснювати тільки після його повної зупинки, відкривання дверей і виходу пасажирів;
- в процесі посадки в транспорт не скупчуватися біля дверей, не штовхатися і не заважати один одному;
- не намагатися покинути транспортний засіб під час його руху .

4.6 Висновки по розділу охорони праці і безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Для усунення потенційних небезпек потрібне впровадження наступних заходів:

а) перевірка стану автобусу перед виходом на лінію, особливо обережно поводитися на перехрестях, при обгоні інших транспортних засобів, перед виходом з автобусу водій повинен бути уважним і завжди перевіряти в якому положенні знаходиться стоянкове гальмо, дотримуватися Правил дорожнього руху України (що вступили в дію 10 жовтня 2001 року зі змінами, внесеними постановою Кабінету Міністрів України від 15 листопада 2017 року № 860);

б) для зменшення рівня шуму використовувати звукопоглинаючі, звукоізолюючі матеріали згідно ДСН 3.3.6.037–99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»;

г) вібрація зменшується при використанні вібропоглинаючих та звукоізолюючих матеріалів (наприклад, гумовий килимок). Вимоги до обмеження часу дії вібрації наведені у ДСН 3.3.6.039–99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації»;

д) для зниження температури в салоні автобуса використовувати кондиціювання або вентиляцію робочого місця згідно з ДБН В.2.5–67:2013 «Опалення, вентиляція і кондиціонування»;

е) для місць з підвищеною концентрацією шкідливих речовин в транспорті використовувати вентиляцію, що може знизити до допустимих норм концентрацію цих речовин. Для токсичних речовин використовувати місцеву вентиляцію, що перешкоджає потраплянню цих речовин в робоче середовище працівників згідно ГОСТ 12.1.007–76 «Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки»;

ж) захист від ураження електричним струмом шляхом облаштування ізоляції та захисних оболонок струмоведучих частин комп'ютерної техніки та периферійного обладнання, їх заземлення та експлуатацію з дотриманням вимог Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів»;

з) забезпечення ергономіки робочого місця оператора ЕОМ у відповідності до положень ДСТУ ISO 9241-1:2003 «Ергономічні вимоги при роботі з відеотерміналами у офісі. Загальні положення»;

і) забезпечення освітленості у зоні розташування рук оператора 300 ... 500 лк згідно ДБН В.2.5–28:2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне та штучне освітлення»;

к) забезпечення у холодну пору року температури повітря 21 ... 23 °С при відносній вологості 40 ... 60 % та швидкість переміщення до 0,1 м/с; у теплу пору року температури повітря 22 ... 24 °С при відносній вологості 40 ... 60 % та швидкість переміщення до 0,2 м/с згідно вимог ДСН 3.3.6–042–99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» та ДБН В.2.5–67:2013 «Опалення, вентиляція і кондиціонування»;

л) забезпечення рухомого складу автомобільного пасажирського транспорту первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками ВП-2 та ВВК-5 (при пасажиромісткості автобуса до 30 пасажирів); вогнегасниками ВП-5 та ВП-2 (при пасажиромісткості автобуса понад 30 пасажирів) у відповідності до Постанови Кабінету Міністрів України від 08.10.97 № 1128 «Про забезпечення транспортних засобів первинними засобами пожежогасіння»;

м) забезпечення приміщення для роботи операторів ЕОМ площею 20 м<sup>2</sup> двома порошковими вогнегасниками типу ВП-5 згідно вимог ДБН В.1.1.7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».

## ВИСНОВКИ

В магістерській роботі були вирішені задачі математичного моделювання матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій на міському маршрутному транспорті загального користування міста Запоріжжя.

В якості вихідних даних до виконання роботи були використані результати комплексного обстеження пасажирських потоків у місті Запоріжжя, проведеного Запорізьким національним технічним університетом протягом лютого–квітня 2017 р.

В роботі виконано аналіз розвитку системи міського громадського транспорту міста та визначення її основних показників, реалізовано транспортне районування міста з визначенням ємностей транспортних районів за прибуттям та відправленням. За допомогою методу гравітаційного моделювання з балансуванням матриці міжрайонних кореспонденцій встановлено, що показник степеню функції тяжіння дорівнює 1,5, що дає середню дальність маршрутної поїздки пасажира у місті приблизно 5,75 км.

На підставі розрахунків матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій встановлено їх розподіл на маршрутній мережі міста та визначено найбільш раціональну пасажиромісткість транспортних засобів для задоволення попиту на перевезення пасажирів.

Для типових представників рухомого складу автомобільного транспорту різної пасажиромісткості проведено техніко-економічні розрахунки та визначена необхідна кількість одиниць транспорту та середню вартість проїзду пасажира на міських маршрутах (4,25 ... 6,00 грн.).

Розроблено заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. — М. : Высшая школа, 1980. — 535 с.
2. Брайловский, Н. О. Моделирование транспортных систем / Н. О. Брайловский, Б. И. Грановский. — М. : Транспорт, 1978. — 125 с.
3. Артынов, А. П. Автоматизация процессов планирования и управления транспортными системами / А. П. Артынов, В. В. Скалецкий. — М. : Наука, 1981. — 278 с.
4. Фалецька, Г. І. Алгоритм моделі розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування / Г. І. Фалецька // Вісник НТУ «КПІ». — 2015. — № 11 (1120). — С. 185–191.
5. Варелопуло, Г. А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте / Г. А. Варелопуло. — М. : Транспорт, 1990. — 208 с.
6. Блинкин, М. Я. Автоматизированные системы транспортного планирования [Текст] : Итоги науки и техники. Сер. «Автомобильный и городской транспорт» ; т. 13 / М. Я. Блинкин, Г. А. Гуревич, А. В. Сарычев. — М. : ВИНТИ, 1988. — 128 с.
7. ДБН 360-92\*\* Планування та забудова міських та селищних поселень. Державні будівельні норми України [Текст]. — К. : НДПІ містобудування, 2002.
8. Спирин, И.В. Перевозки пассажиров городским транспортом : справочное пособие / И. В. Спирин. — М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. — 413 с.
9. Максимкин, В. М. Управление качеством перевозок пассажиров городскими автобусами [Текст] / В. М. Максимкин, И. В. Спирин. — М. : Академкнига, 1998. — 37 с.