

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В.Лазаряна
Міністерство освіти і науки України

Державний університет інфраструктури та технологій
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ОЗЕРОВА ОЛЬГА ОЛЕКСІЇВНА

УДК 656.34.078:006.015.2(043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ
УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ
СИСТЕМ ВЕЛИКИХ МІСТ

05.22.01 – транспортні системи

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
Дисертація містить результати власних досліджень, використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



О.О. Озерова

Науковий керівник

Яновський Петро Олександрович,
к.т.н., доцент

Дніпро – 2021

АНОТАЦІЯ

Озерова О.О. Удосконалення транспортних пасажирських систем великих міст. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, 2021.

Актуальність теми дисертаційної роботи визначається необхідністю створення умов для високоефективного використання засобів транспорту. Для забезпечення такого режиму й отримання максимальної економічної ефективності необхідно здійснити розрахунки раціонального технічного оснащення і технологічних режимів кожного виду транспорту в загальній їх системі взаємодії на основі сучасних принципів, які враховують специфічні особливості функціонування кожного виду транспорту й забезпечують їх технічну і технологічну взаємоузгодженість.

Дисертаційна робота виконана у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку залізничної галузі та Концепції розвитку транспортно-дорожнього комплексу України до 2020 року та Транспортної стратегії України на період до 2030 року. Робота пов'язана з НДР, що виконувалися у Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

У дисертаційній роботі досліджено вирішено наукове завдання, яке полягає в удосконаленні організації транспортного обслуговування при забезпечення взаємодії міського пасажирського транспорту та міської електрички у вузлах транспортної мережі у великих містах на основі формалізації методів та засобів раціоналізації їх взаємодії.

Для забезпечення взаємодії, визначення кількості та населеності електропоїздів міської електрички, а також кількості та місткості транспортних засобів різних видів транспорту було реалізовано системний підхід визначення раціональних параметрів взаємодії системи «міський пасажирський транспорт – пасажирський пересадочний пункт – міська

електричка» у великих транспортних вузлах. Складовими цього підходу визначено програмну реалізацію моделі взаємодії видів транспорту у вузлі шляхом перевірки виконання необхідних умов взаємодії, а також здійснення підготовчих розрахунків для визначення параметрів міського пасажирського транспорту та міської електрички. При виборі варіанта обслуговування станцій пересадки та вибору типу міського пасажирського транспорту забезпечено непогіршення якості обслуговування пасажирів і необхідної умови взаємодії різних видів міського пасажирського транспорту, а також оптимізацію частоти обороту і составності електропоїздів міської електрички та надано рекомендації розвитку технологічної взаємодії складових міського пасажирського транспорту у великих містах

З метою врахування сумарних пасажиро-годин очікування було розроблено модель визначення тривалості очікування пасажирами електропоїздів міської електрички на станціях залізничного «кільця» в різних умовах обслуговування. Для одержання економії часу на основних етапах транспортного процесу прямування пасажирів до пунктів призначення та зниження витрат удосконалено методи ефективного використання засобів транспорту шляхом застосування моделі раціональної організації обслуговування пасажирів в пунктах їх пересадки та розвитку пасажирського пересадочного пункту на основі теорії нечітких множин. Витрати часу на переміщення пасажирів по роботі, навчання було визначено як суму витрат часу на перевезення, очікування транспортних засобів з врахуванням кількості пасажирів, які знаходяться на зупинці міського пасажирського транспорту, тривалості посадки та висадки, місткості транспортних засобів і коефіцієнтів їх заповнення та тривалості піших переходів, і посадок (висадок) у транспортний засіб.

Відзначено, що проблема скорочення часу на поїздку міським та приміським населенням на пересування зачіплює широкий діапазон не лише транспортних, а і соціальних, містобудівних і організаційних питань. Пересування людей по трудовим цілям між містом і приміськими районами

та в середині великого міста складають основну частину регулярних переміщень. Масовість цих переміщень, концентрація в часи («часи пік»), роблять їх визначальними при розвитку транспортної мережі міста в поєднанні з приміськими зонами питома вага переміщень з робочою метою в структурі добового бюджету часу громадян впливає на продуктивність праці.

Розроблені методи ефективного використання засобів транспорту шляхом застосування моделі раціональної організації обслуговування пасажирів в пунктах їх пересадки та розвитку пасажирського пересадочного пункту на основі теорії нечітких множин дозволили отримати економію часу на основних етапах транспортного процесу прямування пасажирів до пунктів призначення та знизити витрати, чим досягається ефективність управління транспортним обслуговуванням системи. Визначено, що через велику складність в забезпеченні узгодженості дій різних видів транспорту пересадочні вузли (їх складові – види транспорту та їх елементи) повинні мати значні резервні можливості для наступного: згладжування виникаючої нерівномірності пасажиропотоків по величині і часу; попередження великих черг біля білетних кас; дефіциту площ в залах очікування та інше. Види транспорту при взаємодії повинні мати рівну надійність в освоєнні пасажиропотоків.

Обґрунтовано, що завантаження транспортної мережі визначається кількістю транспортних засобів або пасажирів, які задіяні для руху по кожному елементу мережі (дуга, поворот, перегін на мережі громадського транспорту). Моделювання завантаження складається в розподілі міжрайонних кореспонденцій по конкретних шляхах, які з'єднують групи районів. Входом до моделі завантаження є матриця кореспонденцій або в загальному випадку набір матриць, які відносяться до пересувань або різних класів користувачів. Ціль моделювання являє собою визначення для кожної пари районів прибуття-відправлення: набір маршрутів, які використовуються для пересувань між цими районами; визначення коефіцієнтів розподілення кореспонденцій між цими маршрутами.

Встановлено, що розвиток станцій стикування залізниці та міського пасажирського транспорту можливо при: відкритті нових маршрутів, що прилягають або перетинають лінію залізниці; будівництві нового зупинкового пункту на залізничній лінії поблизу перетину декількох видів міського громадського транспорту, що будується або вже збудована; організації руху приміських потягів та будівництво нових зупинкових пунктів поблизу існуючих перетинів декількох видів міського громадського транспорту на тих залізничних лініях, на яких в даний час він відсутній.

Для визначення найменших витрат часу на поїздку пасажирями із найвіддаленіших районів міста до пасажирських пересадочних пунктів було запропоновано метод розподілення потоків для визначення завантаження мережі транспортного вузла, який враховує тісний зв'язок та інтеграцію пасажиропотоків в міському, приміському і міжміському сполученнях.

Створення умов для забезпечення прискорення переміщення пасажирів визначило потребу у формуванні методів та визначені закономірностей факторного впливу на динаміку транспортних потоків пасажирів у вузлах транспортної мережі, із використанням відповідної математичної моделі. Серед основних проблем при взаємодії логістичної ланки «міський пасажирський транспорт – міська електричка» в обслуговуванні пасажирів виділено: труднощі при переході пасажирів з одного виду транспорту на інший; некоректність передачі інформації для користувачів; схеми розміщення залізничних та міських пасажирських засобів та їх просторове поєднання; проблеми при оформленні документів.

Розроблені практичні рекомендації розвитку технологічної взаємодії складових міського пасажирського транспорту у великих містах дозволяють забезпечити скорочення витрат на функціонування міського пасажирського транспорту при досягненні високого рівня якості перевезень. Наукові результати, отримані у дисертаційній роботі, висновки та рекомендації, а також розроблені моделі та процедури можуть бути використані для оптимізації взаємодії видів транспорту у вузлі, скорочення часу на

пересування пасажирів у мегаполісі. Результати роботи використані у навчальному процесі, а практичне впровадження результатів роботи підтверджується актом про використання результатів дисертації та довідкою про впровадження.

Ключові слова: міський пасажирський транспорт, міська електричка, транспортні системи, транспортний вузол, пасажирський пересадочний пункт, великі міста, взаємодія, поїзди.

Ozerova O.O. Improvement of transport passenger systems of large cities. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The thesis for the degree of candidate of technical sciences on a specialty 05.22.01 - transport systems. - State University of Infrastructure and Technology, Kyiv, 2021.

The relevance of the topic of the thesis is determined by the need to create conditions for highly efficient use of vehicles. To ensure such a regime and obtain maximum economic efficiency, it is necessary to calculate the rational technical equipment and technological regimes of each means of transport in their overall system of interaction based on modern principles that take into account the specific features of each means of transport and ensure their technical and technological consistency.

The thesis was performed in accordance with the priority areas of development of the railway industry and the Concept of development of the transport and road complex of Ukraine until 2020 and the Transport Strategy of Ukraine for the period up to 2030. The work is related to the research carried out at the Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan.

The thesis investigates the solved scientific task, which is to improve the organization of transport services while ensuring the interaction of urban passenger transport and urban trains at the hubs of the transport network in large cities based on the formalization of methods and means of rationalizing their interaction.

To ensure interaction, determine the number and population of the city electric train, as well as the number and capacity of vehicles of different means of transport, a systematic approach was implemented to determine the rational parameters of interaction of the system "urban passenger transport - passenger transfer point - urban electric train" in large transport hubs. The components of this approach are the software implementation of the interaction model of transport means in the hub by checking the fulfillment of the necessary interaction conditions, as well as the implementation of preparatory calculations to determine the parameters of urban passenger transport and urban trains. When choosing the service option of transfer stations and choosing the type of urban passenger transport, the quality of passenger service and the necessary conditions for interaction of different types of urban passenger transport are provided, as well as optimization of frequency and composition of electric trains and recommendations for development of technological interaction of components of urban passenger transport in large cities are given.

In order to take into account the total passenger hours of waiting, a model was developed to determine the duration of waiting for passengers of the city electric train at railway "ring" stations in different service conditions. To save time at the main stages of the transport process of passengers to destinations and to reduce costs, the methods of efficient use of vehicles have been improved by applying the model of rational organization of passenger service at their transfer points and the development of passenger transfer points based on fuzzy set theory. Time spent on moving passengers to work, study was defined as the sum of time spent on transportation, waiting for vehicles, taking into account the number of passengers at the stop of urban passenger transport, duration of boarding and disembarking, capacity of vehicles and their filling factors and duration of pedestrian crossings, and boardings (disembarkings) in the vehicle.

It is noted that the problem of reducing the travel time of urban and suburban population to travel affects a wide range of not only transport but also social, urban and organizational issues. The movement of people for work purposes between the

city and suburbs and in the middle of a large city is a major part of regular movement. The mass of these movements, concentration in time ("peak times"), make them decisive in the development of the transport network of the city in combination with suburban areas, the share of work movements in the structure of the daily time budget of citizens affects productivity.

Developed methods of efficient use of means of transport by applying the model of rational organization of passenger service at their transfer points and development of passenger transfer point based on fuzzy set theory allowed to save time at the main stages of the transport process of passengers to destinations and reduce costs, which the efficiency of management of transport service of system is reached. It is determined that due to the great difficulty in ensuring the coherence of different means of transport interchanges (their components - means of transport and their elements) should have significant backup capabilities for the following: smoothing the emerging unevenness of passenger flows in size and time; prevention of long queues at ticket offices; shortage of space in waiting rooms and more. Types of transport in the interaction must have equal reliability in the development of passenger flows.

It is substantiated that the load of the transport network is determined by the number of vehicles or passengers involved in the movement of each element of the network (arc, turn, span on the public transport network). Download simulation consists of the distribution of inter-district correspondence along specific paths that connect groups of districts. The input to the download model is a correspondence matrix or, in the general case, a set of matrices that belong to movements or different classes of users. The purpose of the simulation is to define for each pair of arrival-departure areas: a set of routes used to move between these areas; determining the coefficients of distribution of correspondence between these routes.

It is established that the development of railway and urban passenger transport stations is possible when: opening new routes adjacent to or crossing the railway line; construction of a new stopping point on a railway line near the

intersection of several types of urban public transport under construction or already under construction; organization of suburban trains movement and construction of new stopping points near existing intersections of several types of urban public transport on those railway lines where it is currently absent.

To determine the lowest travel time for passengers from the most remote areas of the city to passenger transfer points, a flow distribution method was proposed to determine the load of the transport network, which takes into account the close connection and integration of passenger flows in urban, suburban and interurban connections.

Creating conditions to accelerate the movement of passengers has determined the need for methods and patterns of factor influence on the dynamics of passenger traffic in the hubs of the transport network, using the appropriate mathematical model. Among the main problems in the interaction of the logistics link "urban passenger transport - urban electric train" in passenger service are: difficulties in the transition of passengers from one type of transport to another; incorrect transmission of information to users; schemes of placement of railway and city passenger means and their spatial combination; problems with paperwork.

The developed practical recommendations for the development of technological interaction of the components of urban passenger transport in large cities allow to reduce the cost of functioning of urban passenger transport when reaching a high level of transportation quality. The scientific results obtained in the thesis, conclusions and recommendations, as well as developed models and procedures can be used to optimize the interaction of means of transport in the hub, reducing the time for passengers in the metropolis. The results of the work are used in the educational process, and the practical implementation of the results of the work is confirmed by the act about the use of the results of the thesis and the certificate of implementation.

Key words: city passenger transport, city electric train, transport systems, transport hub, passenger transfer point, big cities, interaction, trains.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ АВТОРА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації у фахових виданнях України:

1. Озерова О. О. Сучасні особливості організації приміських перевезень європейських країн / П. О. Яновський, Г. І. Нестеренко, О. О. Озерова // Залізничний транспорт України. 2012. №5. С.45–47. *Особистий внесок: визначено особливості організації приміських перевезень європейських країн.*

2. Озерова О. О. Прогнозування пасажирських потоків у великих транспортних вузлах // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту 2013. №6 (48) С. 72–80 (журнал індексується в базах УІНЦ, Ulrich's Periodicals Directory, Index Copernicus, Google Scholar, eLibrary.ru та ін.)

3. Озерова О. О. Проблеми стану сучасної транспортної інфраструктури м. Дніпропетровськ // Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна. Дніпропетровськ, 2013. Вип. 7. С.51–53 (журнал індексується в базах УІНЦ, РІНЦ).

4. Озерова О. О. Проблеми функціонування транспорту при обслуговуванні пасажирів у великих транспортних вузлах // Залізничний транспорт України. 2013. №5/6. С.75–79.

5. Озерова О. О. Оптимізація технології перевезень пасажирів у великих містах з використанням математичного моделювання / Г. І. Нестеренко, П. О. Яновський, О. О. Озерова // Вісник Університету митної справи та фінансів. Збірник наукових праць. Серія: Технічні науки. 2014. №1(51) С.41–47 (журнал індексується в базах УІНЦ, РІНЦ). *Особистий внесок: розрахунок розвитку пасажирського пересадочного пункту на основі теорії нечітких множин.*

Публікації у наукових періодичних виданнях інших держав:

6. Ozerova O., Yanovsky P., Yanovska V., Lytvynenko S., Lytvynenko L., Martseniuk S. Estimation of the interaction level between urban passenger

transport and city train // MATEC Web of Conferences 294, 04008 (2019) (журнал індексується в базі **Web of Science**). *Особистий внесок: запропоновано систему ефективного використання засобів міського транспорту, здійснено моделювання часових витрат міських пасажирів.*

Праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

6. Озерова О. О. Організація приміських перевезень Європейських країн / Г.І. Нестеренко, О.О. Озерова // Маркетинг і логістика в системі менеджменту пасажирських перевезень на залізничному транспорті: Матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. (Харків, 18–20 вересня 2020 р.) Київ: ДАЗТУ, 2012. С. 69–70. *Особистий внесок: охарактеризовано організацію приміських перевезень європейських країн.*

7. Озерова О. О. Підвищення ефективності транспортних пасажирських систем великих міст / О. О. Озерова, Г. І. Нестеренко // тези допов. 72-ї міжнар. наук.-практ. конф. «Проблемы и перспективы развития ж/д транспорта» (Дніпропетровськ, 19–20.04.2012 р.). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2012. С.135–136. *Особистий внесок: визначено шляхи підвищення ефективності транспортних пасажирських систем великих міст.*

8. Озерова О. А. Использование эффективных моделей прогнозирования пассажирских потоков в крупных узлах / П. А. Яновский, О. А. Озерова // Труды XIV науч.-практ. конф. «Безопасность движения поездов» (Москва, 24–25.04.2013 г.). М.: МИИТ, 2013. Вып.140. С.65–66. *Особистий внесок: запропоновано моделі прогнозування пасажирських потоків у великих вузлах.*

9. Ozerova O. O. The issue of transport systems of Ukraine // тези допов. XII Міжнар. студ. наук. конф. «Engineer of the 3-rd Millennium» (Дніпропетровськ, 16–17.05.2013 р.). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2013. С.59–60.

10. Озерова О. О. Удосконалення транспортних пасажирських систем великих міст / П. О. Яновський, О. О. Озерова // тези допов. 73-ї міжнар. науково-практ. конф. «Проблемы и перспективы развития ж/д транспорта» (Дніпропетровськ, 23–24.05.2013 р.). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2013. С. 175–

176. *Особистий внесок: визначено передумови удосконалення транспортних пасажирських систем великих міст.*

11. Озерова О. О. Проблеми взаємодії видів транспорту при обслуговуванні пасажирів у великих транспортних вузлах / П.О. Яновський, О.О. Озерова // тези допов. III Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (Дніпропетровськ, 27–28.02.2014 р.). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. С.74–75. *Особистий внесок: охарактеризовано проблеми взаємодії видів транспорту при обслуговуванні пасажирів у великих транспортних вузлах.*

12. Озерова О. О. Удосконалення транспортних пасажирських систем великих міст / О. О. Озерова, П. О. Яновський // тези допов. наук.-техн. конф. молодих вчених, магістрантів та студентів «Удосконалення технології та технічного оснащення транспортних систем» (Дніпропетровськ, 03–04.04.2014 р.). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. С. 42–43. *Особистий внесок: запропоновано шляхи удосконалення транспортних пасажирських систем великих міст.*

13. Озерова О. А. Функционирование различных видов транспорта в крупных городах / О. А. Озерова, Г. И. Нестеренко, П. А. Яновский // тезисы докл. Междунар. науч.-практ. конференции «Современные проблемы развития интеллектуальных систем транспорта» (Дніпропетровськ, 27–31.01.2014 р.). Дніпропетровськ: ДНУЖТ, 2014. С.100–101. *Особистий внесок: визначено умови функціонування різних видів транспорту у великих містах.*

14. Озерова О. О. Доцільність розвитку пункту стикування залізниці та метрополітену / Г. І. Нестеренко, С. І. Музикіна, М. І. Музикін, О. О. Озерова // тези допов. Міжнар. науково-практичної конференції «Макетинг і логістика в системі менеджменту на залізничному транспорті» (Кам'янець-Подільський, 29.09–2.10.2015 р.). Київ, 2015. С.63–65. *Особистий внесок: розрахунок доцільності розвитку пункту стикування залізниці та метрополітену.*

Додаткові праці:

15. Озерова О. О. Технологічні засади функціонування логістичного центру залізничного транспорту / Г. І. Нестеренко, Г. І. Кириченко, О. О. Озерова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Луганськ, 2012. №6(177) ч.1 С. 169–173. (журнал індексується в базах УІНЦ, РІНЦ). *Особистий внесок: огляд наукових джерел.*

16. Ozerova O. O. Integration into European and world transport systems // тези допов. XI Міжн. студ. наук. конф. «Engineer of the 3-rd Millenniums» (Дніпропетровськ, 16–17.05.2013 р.). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2012. С. 64–65.

17. Свідотство про реєстрацію авторського права на твір науково-практичного характеру № 63345 «Оптимізація технології перевезень пасажирів у великих містах із використанням математичного моделювання» від 30.12.15 / Г. І. Нестеренко, П. О. Яновський, О. О. Озерова. *Особистий внесок: розрахунок розвитку пасажирського пересадочного пункту на основі теорії нечітких множин.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	17
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ТА ЯКОСТІ НАДАННЯ ПОСЛУГ ПАСАЖИРАМ У ВЕЛИКИХ ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛАХ УКРАЇНИ ТА КРАЇН СВІТУ.....	23
1.1 Аналіз проблем обслуговування пасажирів в містах України.....	23
1.2 Аналіз закордонного досвіду надання послуг пасажирам.....	31
1.3 Аналіз теоретичних досліджень з раціоналізації взаємодії пасажирських видів транспорту у вузлах транспортної мережі.....	39
1.4 Висновки за розділом 1.....	46
РОЗДІЛ 2. ВИЯВЛЕННЯ ФОРМУВАННЯ ПОПИТУ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ У ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛАХ.....	48
2.1 Постановка завдань дисертаційного дослідження.....	48
2.2 Проблеми взаємодії пасажирських видів транспорту у великих транспортних вузлах.....	58
2.3 Особливості формування попиту на пасажирські перевезення під впливом різноманітних факторів.....	69
2.4 Висновки за розділом 2.....	73
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ.....	75
3.1 Характеристики складових пасажирських транспортних систем великих вузлів України.....	75
3.2 Створення умов для ефективного використання засобів транспорту та якісного перевезення пасажирів з використанням теорії нечітких множин.....	81
3.3. Визначення мінімальної тривалості поїздки пасажирів до головного пасажирського вокзалу міста та проектів його розвитку.....	89
3.4 Моделювання часових витрат міських пасажирів в системі МПТ – МЕ з урахуванням очікувань транспортних засобів.....	99

3.5 Висновки до розділу 3.....	111
РОЗДІЛ 4. РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМНОГО ПІДХІДУ ДО ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ВЗАЄМОДІЇ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ.....	113
4.1 Раціоналізація частоти обороту і складовості електропоїздів міської електрички.....	113
4.2. Взаємодія в місті залізничного «кільця» і видів внутрішньоміського пасажирського транспорту.....	130
4.3. Програмна реалізація моделі взаємодії видів транспорту у вузлі.....	143
4.4. Практичні рекомендації розвитку технологічної взаємодії засобів міського пасажирського транспорту у великих містах.....	151
4.5 Висновки до розділу 4.....	162
ВИСНОВКИ.....	163
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	166
ДОДАТКИ.....	185

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

МПТ – міський пасажирський транспорт;

МЕ – міська електричка;

ПЗТ – приміський залізничний транспорт;

ВВП – валовий внутрішній продукт;

ТЗ – транспортний засіб;

С/Г – сільське господарство;

ПВ – промислове виробництво;

Б – будівництво;

ДНЗ – динаміка зміни населення;

ППП – пасажирський пересадочний пункт;

ПВК – приймально-відправна колія.

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах постає проблема комплексного розвитку і взаємодії всіх видів транспорту, які повинні працювати в оптимальному режимі. Створенню умов для високоефективного використання засобів транспорту має бути приділена особлива увага в наукових дослідженнях. Для забезпечення такого режиму й отримання максимальної економічної ефективності необхідно здійснити розрахунки раціонального технічного оснащення і технологічних режимів кожного виду транспорту в загальній їх системі взаємодії. Такі розрахунки слід проводити для різних видів транспорту на основі сучасних принципів, які враховують специфічні особливості функціонування кожного виду транспорту й забезпечують їх технічну і технологічну взаємоузгодженість та взаємодію.

Необхідно визначити комплекс задач, вирішення яких дозволить підвищити ефективність функціонування видів міського транспорту, завдяки поєднанню залізниці та міських видів пасажирського транспорту; зменшити транспортне навантаження міських маршрутів, збільшити конкурентоспроможність залізничного транспорту, надати пасажирам великих міст та приміським пасажирам додаткових послуг, підвищивши безпеку використання засобів транспорту з дотриманням вимог охорони праці та навколишнього природного середовища. У транспортних вузлах, де відбувається перехід пасажиропотоку із залізничного транспорту на міські види транспорту у місцях їх стикування ставиться завдання системної взаємодії цих видів транспорту. Виникнення потужних кореспондуючих потоків пасажирів, які здійснюють пересадку з одного виду транспорту на інший в місцях стикування міського пасажирського транспорту та залізниці вимагає опрацювання питань щодо потужності пристроїв станцій стикування.

Актуальність обраної теми визначається необхідністю розробки теоретичних положень при удосконаленні транспортних пасажирських систем великих міст при раціоналізації взаємодії пасажирських видів транспорту.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з пріоритетними напрямками

розвитку залізничної галузі та Концепції розвитку транспортно-дорожнього комплексу України до 2020 року та Транспортної стратегії України на період до 2030 року. Робота пов'язана з НДР, що виконані Дніпровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Дослідження взаємодії залізничної станції та метрополітену у великих транспортних вузлах» (№ ДР 0117U005458) та «Аналіз методів удосконалення транспортної пасажирської системи великих міст» (№ДР0117U005457), у яких автор брала участь у якості виконавця та співавтора звітів.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є визначення закономірностей, умов, методів, моделей раціональної організації транспортного обслуговування при забезпеченні взаємодії міського пасажирського транспорту та міської електрички (МПП-МЕ) у вузлах транспортної мережі у великих містах.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати практичний вітчизняний та зарубіжний досвід в обслуговуванні пасажирів, теоретичні дослідження та розробки щодо взаємодії пасажирських видів транспорту у вузлах транспортної мережі;
- здійснити дослідження факторів формування попиту на перевезення пасажирів у транспортних вузлах з метою вдосконалення її взаємодії;
- обґрунтувати розвиток технологічних процесів перевезень у пасажирських пересадочних пунктах на основі теорії нечітких множин;
- обґрунтувати мінімальну тривалість поїздки пасажирів до головного пасажирського вокзалу міста та проектів його розвитку;
- здійснити моделювання часових витрат міських пасажирів в системі МПП – МЕ з урахуванням взаємодії різних транспортних засобів;
- реалізувати системний підхід взаємодії видів міського пасажирського транспорту та міської електрички у великих містах.

Об'єкт дослідження – транспортні процеси у системах взаємодії пасажирських видів транспорту та міської електрички великих транспортних вузлів.

Предмет дослідження – методи та моделі раціоналізації взаємодії міського пасажирського транспорту та міської електрички у вузлах транспортної мережі.

Методи дослідження. При постановці задач дослідження, аналізі практичного вітчизняного та зарубіжного досвіду в обслуговуванні пасажирів, дослідженні факторів формування попиту на перевезення пасажирів використовуються методи статистичного аналізу, формалізації та математичного моделювання. При визначенні засад розвитку пасажирських пересадочних пунктів (ППП) на основі теорії нечітких множин – методи формалізації, математичного моделювання, теорія ймовірностей та математична статистика, теорія нечітких множин. При визначенні мінімальної тривалості поїздки пасажирів до головного пасажирського вокзалу міста та проектів його розвитку – методи побудови, калібрування та оцінки математичних моделей транспортних мереж. При встановленні тривалості очікування пасажирами електропоїздів міської електрички на станціях залізничного «кільця» – непрямі методи дослідження випадкових величин. При реалізації системного підходу визначення параметрів взаємодії видів міського пасажирського транспорту у великих містах – методи динамічного програмування, математичного моделювання та техніко-економічний аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів. У дисертаційному дослідженні вирішено наукове завдання удосконалення організації транспортного обслуговування при забезпечення взаємодії міського пасажирського транспорту та міської електрички у вузлах транспортної мережі у великих містах на основі формалізації методів та засобів раціоналізації їх взаємодії.

Вперше:

– реалізовано системний підхід визначення раціональних параметрів взаємодії системи МПТ-ППП-МЕ у великих транспортних вузлах, який включає програмну реалізацію моделі взаємодії видів транспорту у вузлі шляхом перевірки виконання необхідних умов взаємодії, здійснення підготовчих розрахунків для визначення параметрів МПТ та МЕ, що

забезпечують взаємодію, а також визначення кількості та населеності електропоїздів МЕ, кількості та місткості транспортних засобів різних видів транспорту;

удосконалено:

– модель визначення тривалості очікування пасажирями електропоїздів міської електрички на станціях залізничного «кільця» в різних умовах обслуговування, яка на відміну від існуючих, дозволила врахувати сумарні пасажиро-години очікування на основі застосування математичного очікування випадкової величини;

– методи ефективного використання засобів транспорту шляхом застосування моделі раціональної організації обслуговування пасажирів в пунктах їх пересадки та розвитку пасажирського пересадочного пункту на основі теорії нечітких множин, що, на відміну від існуючих, дозволило отримати економію часу на основних етапах транспортного процесу прямування пасажирів до пунктів призначення та знизити витрати, чим досягається ефективність управління транспортним обслуговуванням системи;

набули подальшого розвитку:

– метод розподілення потоків для визначення завантаження мережі транспортного вузла, який враховує тісний зв'язок та інтеграцію пасажиропотоків в міському, приміському і міжміському сполученнях, що дозволило визначити найменші витрати часу на поїздку пасажирями із найвіддаленіших районів міста до пасажирських пересадочних пунктів;

– методи та закономірності факторного впливу на динаміку транспортних потоків пасажирів у вузлах транспортної мережі, що дозволило створити умови для забезпечення прискорення переміщення пасажирів, за допомогою математичної моделі побудованої на принципах теорії масового обслуговування.

Практичне значення результатів дослідження. Наукові результати, отримані у дисертаційній роботі, висновки та рекомендації, а також розроблені моделі та процедури можуть бути використані для оптимізації взаємодії видів транспорту у вузлі, скорочення часу на пересування пасажирів у мегаполісі.

Результати роботи використані у навчальному процесі спеціальності 275 «Транспортні технології (залізничний транспорт)» ОПІ «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» (акт № 37/21 від 05.04.2018 р.).

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується: актом про використання результатів дисертації Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазяряна (№ 76/208 від 09.04.2020 р.); довідкою про впровадження ВП «Херсонська дирекція залізничних перевезень» РФ «Одеська залізниця» АТ «Українська залізниця» (№ 17-в/36 від 12.05.2020 р.).

Особистий внесок автора. Всі наукові положення, розробки та результати теоретичних й експериментальних досліджень, що вносяться на захист, отримані автором особисто. В основних статтях, які опубліковані у співавторстві, особистий внесок автора наступний. В [156] автором визначено особливості організації приміських перевезень європейських країн, у [158] – визначено розвиток пасажирського пересадочного пункту на основі теорії нечітких множин, у [155] – запропоновано систему ефективного використання засобів міського транспорту, здійснено моделювання часових витрат міських пасажирів.

Апробація результатів дисертації. Матеріали та результати дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та були схвалені на: 72-й 73-й науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2012-2013 рр.); XIV науково-практичній конференції «Безопасность движения поездов» (Москва, МПТ, 2013 р.); XII Міжнародній студентській науковій конференції «Engineer of the 3-rd Millenniums» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2013 р.); науково-технічних конференціях молодих вчених, магістрантів та студентів «Удосконалення технології та технічного оснащення транспортних систем» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2013, 2014 рр.); 6-й та 7-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні інформаційні технології на транспорті , в промисловості і освіті» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2012, 2013 рр.); 3-й

Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики» (Євпаторія, СНУ ім. В. Даля, 2012 р.); 3-й Міжнародній науково-практичній конференції «Маркетинг і логістика в системі менеджменту пасажирських перевезень на залізничному транспорті» (Харків, ДАЗТУ, 2012 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (Дніпропетровськ, 2014 р.); 3-й Міжнародній науково-практичній конференції «Современные проблемы развития интеллектуальных систем транспорта» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Маркетинг і логістика в системі менеджменту на залізничному транспорті» (Кам'янець-Подільський, 2015 р.); Міжнародній науковій конференції «Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects» (Дрезден-Париж, СНУ ім. В. Даля, 2017 р.); Всеукраїнській науково-практичній інтернет конференції «Сталий розвиток в умовах глобальних викликів» (Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017 р.).

У повному обсязі дисертація доповідалась та була схвалена на міжкафедральному науковому семінарі у Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна.

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 17 наукових праць: 5 статей у фахових виданнях, затверджених МОН України; 1 стаття у науковому періодичному виданні Франції включеному до наукометричної бази даних Web of Science, 9 публікацій апробаційного характеру і 3 додаткові праці.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків і додатків. Повний обсяг роботи – 200 сторінок, з яких основний текст знаходиться на 147 сторінках, які містять 38 рисунків, 22 таблиці, 65 формул (13 ілюстрацій займають повну сторінку); список використаних джерел із 188 найменувань викладено на 20 сторінках, додатки викладені на 16 сторінках.

РОЗДІЛ І

АНАЛІЗ СТАНУ ТА ЯКОСТІ НАДАННЯ ПОСЛУГ ПАСАЖИРАМ У ВЕЛИКИХ ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛАХ УКРАЇНИ ТА СВІТУ

1.1 Аналіз проблем обслуговування пасажирів у містах України

Приміські та внутрішньоміські перевезення посідають перші місця за кількістю перевезених пасажирів в найбільших містах України, основна частка з яких припадає на залізничний, автобусний транспорт, та власні автомобілі. Основним, впливовим фактором при виборі конкретного виду транспорту для пересування є надійність. Для населення, котре щоденно користується приміським транспортом (поїздки на роботу, навчання), переважно користується залізничним транспортом, через високу провізну спроможність, надійність, регулярність та безпеку руху. Найбільші транспортні приміські потоки здійснюються на примиканнях до великих транспортних вузлів, поблизу дачних товариств та місць масового відпочинку.

На сьогоднішній день на залізницях припинила дію «Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки» [146]. За період з 2009 по 2020 роки було передбачено придбати: 211 електропоїздів, 124 дизель-поїзда, 48 рейкових автобусів, 40 міжрегіональних електропоїздів. Слід констатувати, що програму виконано не у повному обсязі, проте значно збільшені обсяги закупівель у останні роки. На впровадження в Україні європейських стандартів залізничних перевезень націлена Національна транспортна стратегія до 2030 року [38].

Через нестачу коштів залізниці змушені скорочувати інтенсивність руху приміських поїздів або встановлювати їх на рівні, який не в повній мірі забезпечує потреби населення у перевезеннях. Крім того, конкуренція з іншими видами транспорту призводить до постійного переходу пасажирів на міський транспорт. Аналіз пасажирських перевезень являє собою важливий процес стратегічного управління. На основі даних такого аналізу визначаються перспективні напрямки розвитку (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Відправлення пасажирів за видами транспорту загального користування (млн. чол.)

Вид транспорту	Роки									
	2005	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Транспорт	8200	6845	6813	6623	5902	5160	4852	4648	4486	4262
Наземний	8183	6831	6798	6607	5895	5153	4844	4637	4472	4247
Залізничний	445	427	429	425	389	390	389	165	158	155
Автомобільний	3837	3726	3450	3344	2913	2244	2024	2019	1906	1805
Трамвайний	1111	714	799	757	770	738	694	676	666	627
Тролейбусний	1903	1204	1345	1306	1097	1081	1039	1058	1016	945
Метрополітен	887	760	774	775	726	700	698	719	726	715
Водний	13	8	7	7	0,5	1	0,4	1	0,67	1
Морський	11	7	6	6,5	0,03	0,03	0,03	0,03	0,07	0
Річковий	2	1	0,7	0,5	0,5	0,5	0,4	1	0,6	1
Авіаційний	4	6	8	8	6	6	8	10	13	14

Обсяги перевезень, станом на 2019 рік, по багатьох видах транспорту значно нижчі, ніж у 2005 р. (рис.1.1) [45].

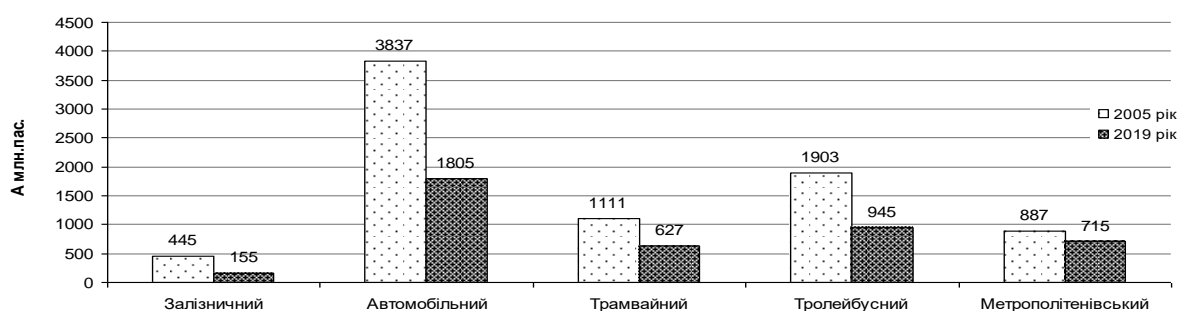


Рисунок 1.1 – Робота різних видів транспорту по перевезенню пасажирів (млн. пас.)

На основі аналізу табл. 1.1 можна зробити висновки, що перевезення пасажирів транспортом знизилося на 48 %, наземним теж на 48,1 %, водним видом на 92,3 %. Авіаційні перевезення збільшились у 3,5 рази. Та найбільш перспективними видами транспорту залишаються автомобільний та тролейбусний, їх питома вага складає 42,4% та 22,2% відповідно, до перевезень транспортом загалом за 2019 рік (табл. 1.2).

Найбільша частка перевезень припадає на наземний транспорт, саме на автомобільний, що складає в середньому 49% від обсягу відправлення пасажирів за видами транспорту загального користування. Великий відсоток складає і міський транспорт (тролейбус, трамвай, метро).

З 2000 року кількість перевезених пасажирів залізничним транспортом зменшилась на 344 млн осіб, лише за рік з 2016 по 2017 р. послугами залізниці скористувалося ще на 224 млн. чол. менше, хоча в останні роки різниця не така велика і складає 3 млн. На думку спеціалістів АТ «Укразниця» в майбутньому очікується збереження тенденції зниження пасажиропотоку, що користуються послугами залізниці, за рахунок росту конкуренції з боку інших видів транспорту, та стрімкого зменшення чисельності населення країни. Зниження частки залізничного транспорту в загальному пасажиропотоці пов'язано з відтоком пасажирів, з яких стягується плата за перевезення. Зниження пасажиропотоку проходило не дивлячись на стабільну цінову перевагу залізничного транспорту, тому ціна не є ключовим фактором, оскільки більшість пасажирів залізниці відносяться до пільгових категорій та не сплачують за проїзд.

Найбільшої зміни питомої ваги зазнали автомобільні перевезення, через значне подорожчання палива, внаслідок кризи, зросла й вартість перевезення, а незадовільне покриття автошляхів підвищило кошторис амортизаційних витрат, тому значна кількість приватних перевізників припинила свою діяльність через низьку рентабельність.

Якщо в більшості випадків питома вага зменшувалася, то на залізничному транспорті та метрополітені вона змінювалася в різні періоди, з 1990 р. по 2005 р. відбувалося зменшення кількості перевезених пасажирів на залізничному транспорті. Попит на послуги, які надає метрополітен зростає кожного року та на сьогодні збільшилася питома вага на 10% у порівнянні з 1990 роком. За даними табл. 1.1 розраховано у скільки разів змінилися показники відправлення пасажирів різних видів транспорту загального користування відносно 2005 року, обсяги приведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Відношення кількості відправлених пасажирів за роками до даних 2005 року

Вид транспорту	Роки							
	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Транспорт	0,83	0,83	0,81	0,72	0,63	0,59	0,57	0,55
Наземний	0,83	0,83	0,81	0,72	0,63	0,59	0,57	0,55
Залізничний	0,96	0,96	0,96	0,87	0,88	0,87	0,37	0,36
Автомобільний	0,97	0,90	0,87	0,76	0,58	0,53	0,53	0,50
Трамвайний	0,64	0,72	0,68	0,69	0,66	0,62	0,61	0,60
Тролейбусний	0,63	0,71	0,69	0,58	0,57	0,55	0,56	0,53
Метрополітен	0,86	0,87	0,87	0,82	0,79	0,79	0,81	0,82
Водний	0,62	0,54	0,54	0,04	0,08	0,03	0,08	0,05
Морський	0,64	0,55	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Річковий	0,50	0,35	0,25	0,25	0,25	0,20	0,50	0,30
Авіаційний	1,50	2,00	2,00	1,50	1,50	2,00	2,50	3,25

Згідно табл.1.2, обсяги перевезень відносно 2005 р. значно зменшилися: перевезення транспортом загального користування в цілому зменшилось більше, ніж у двічі, практично не має перевезень морським транспортом з 2014 р., у зв'язку з анексією Автономної республіки Крим. Лише перевезення авіаційного транспорту зросли більш ніж втричі, а роботу метрополітену можна рахувати задовільною, де перевезення залишилися майже стабільними. Це зумовлено, насамперед, збільшенням транспортної рухливості населення великих міст, таких як Харків, Київ, Дніпро, де користування послугами метрополітену з'явилося рішенням існуючої проблеми дорожніх заторів. Також у великих містах є більш активна економічна діяльність.

Велика провізна спроможність залізниць, стабільність їх роботи та порівняна дешевизна, сприяли тому, що залізничний транспорт залишався основним перевізником пасажирів у країні протягом 1995 – 2005 років, з 2006 року поступився за цим показником автомобільному транспорту (автобусним перевезенням).

У зв'язку із світовою кризою, під час зменшення вартості національної валюти відносно міжнародних вільноконвертованих валют, спостерігалось різке збільшення тарифів на пасажирські перевезення, що вплинуло на обсяг

перевезень, зменшивши обсяги перевезених пасажирів на автомобільному транспорті на 21%, трамваями 51%, тролейбусами на 59%, найбільше втрату зазнав із наземного транспорту залізничний, ця цифра зменшилась на 67% . Залізниці забезпечують потреби населення у перевезеннях, але не повністю відповідають сучасним вимогам до транспорту, а саме, за швидкістю руху пасажирських поїздів та рівнем комфорту, поступаються розвиненим європейським країнам.

Значний вплив на розвиток послуг пасажирського транспорту впливають такі фактори, як зміни в способі життя населення (мобільний спосіб життя), рівень освіченості населення (збільшення відсотка населення з вищою освітою) і як наслідок цього – зміна смаків й уподобань (надання переваг транспортним послугам більш високої якості).

Державною програмою розвитку пасажирських перевезень на залізничному транспорті України до 2020 року [147] розроблено комплекс заходів щодо підвищення якості та ефективності пасажирських перевезень на залізничному транспорті України, підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень.

Необхідними умовами є підвищення загального рівня (швидкість, комфорт, безпека тощо) та обсягів пасажирських перевезень шляхом створення в Україні мережі основних залізничних напрямків переважно для пасажирського сполучення великих обласних та промислових центрів країни зі столицею, між обласними центрами, збільшення обсягів пасажирських перевезень, скорочення їх собівартості та підвищення конкурентоспроможності залізниць.

Для визначення ситуації зі стану перевезень пасажирів у великих містах потрібні результати даних державної статистики відносно відправлення пасажирів за видами сполучень окремими видами транспорту, які наведено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Відправлення пасажирів за видами сполучення окремими видами транспорту (млн. пас.)

Вид транспорту	Роки										
	2000	2005	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Міжміське сполучення	154	226	227	230	225	175	170	175	182	181	184
Залізничний	45	60	62	59	56	39	40	43	46	47	46
Морський	4	11	7	6	7	0	0	0	0	0	0
Авіаційний	1	4	6	8	8	6	6	8	10	12	14
Автомобільний	97	144	148	151	148	130	124	120	126	122	124
Тролейбусний	7	7	4	6	6	0	...	...	...
Внутрішньоміське сполучення	6452	6860	5597	5577	5407	4837	4179	3925	3954	3845	3655
Автомобільний	1727	2966	2923	2664	2575	2244	1660	1494	1501	1436	1368
Тролейбусний	2575	1896	1200	1339	1300	1097	1081	1039	1058	1016	945
Трамвайний	1381	1111	714	800	757	770	738	694	676	666	627
Метрополітен	754	887	760	774	775	726	700	698	719	727	715
Приміське сполучення	1174	1114	1021	1006	990	890	811	754	512	461	423
Залізничний	454	385	365	370	369	350	350	346	119	111	109
Річковий	2	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Автомобільний	718	727	655	635	621	539	460	407	392	349	313

Графічно відправлення пасажирів за видами сполучень представлено на рис. 1.2.

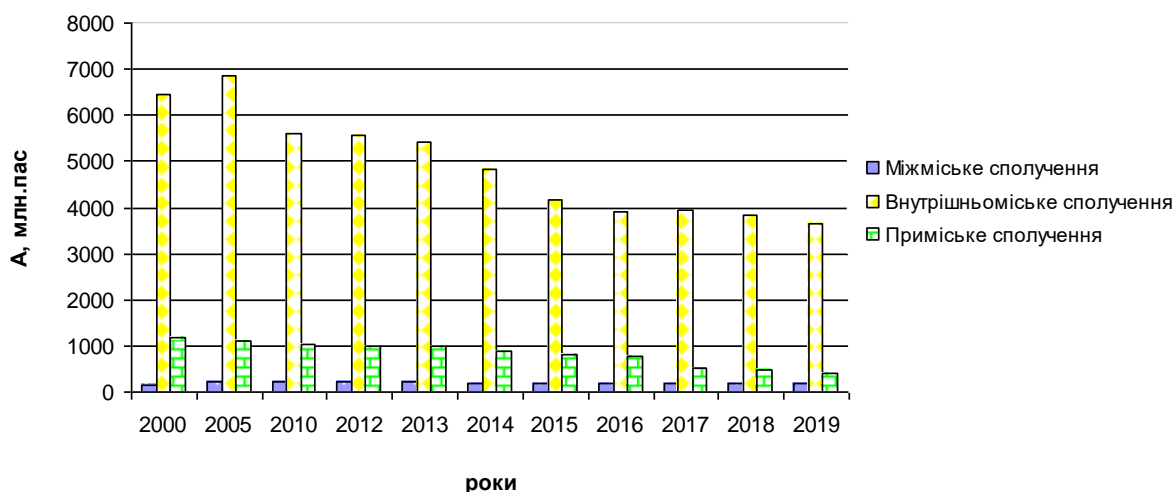


Рисунок 1.2 – Відправлення пасажирів за видами сполучень млн. пас/рік

У внутрішньоміських перевезеннях основну частину (за кількістю перевезених пасажирів) займає автомобільний транспорт (рис. 1.3), через

який в великих містах виявляються проблеми нерациональності транспортної мережі, ускладнюються пересування по міських вулицях.

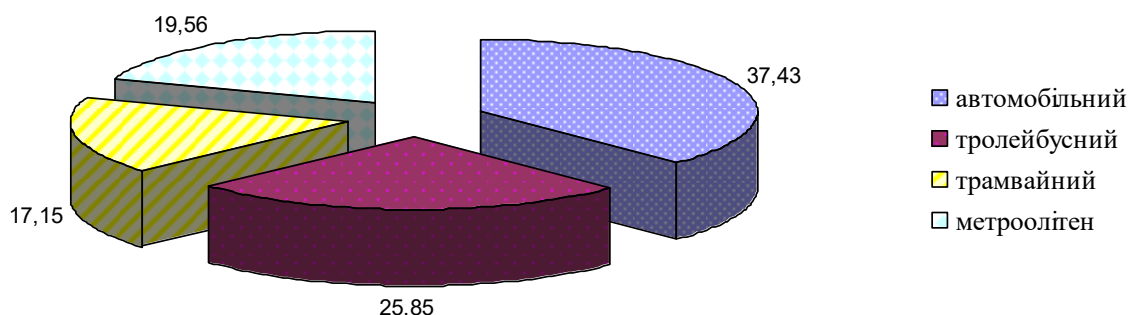


Рисунок 1.3. – Питома вага видів транспорту у внутрішньоміському сполученні у 2019 р.

Найбільша частка перевезень припадає на внутрішньоміське сполучення, складає 85 %. У 2005 р. кількість відправлених пасажирів була найбільша, 6860 млн. пас. і найменша у 2019 р., 3655 млн. пас., тобто за 14 років даний вид сполучення втратив 53,3 % пасажирів відносно 2005 р. Подальші розрахунки наведені у табл.1.4 (згідно даних табл. 1.3).

З табл.1.4 видно, що у міжміському сполученні скорочення обсягів перевезень відносно 2005 року суттєво не відбулося. Стрімке зменшення обсягів перевезень присутнє у внутрішньоміському сполученні з 2014 року, а приміське сполучення втратило 62% своїх пасажирів відносно 2005 року.

Проблема якості обслуговування пасажирів виходить на перший план в концепції розвитку міського транспорту у кожному місті. Для того, щоб підвищити перевагу громадського транспорту, він повинен не втратити свої головні переваги: швидкість, комфорт, доступність. У цьому полягає суть проблеми якості обслуговування пасажирів міським транспортом.

Таблиця 1.4 – Кількість відправлених пасажирів за видами сполучення по рокам відносно 2005 р., у %

Вид транспорту	Роки								
	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Міжміське сполучення	100,44	101,77	99,56	77,43	75,22	74,78	80,53	80,09	81,42
Залізничний	103,33	98,33	93,33	65,00	66,67	68,33	76,67	78,33	76,67
Морський	63,64	54,55	63,64	...	...	...	...	...	...
Авіаційний	150	200	200	150	150	200	250	300	350
Автомобільний	102,78	104,86	102,78	90,28	86,11	83,33	87,50	84,72	86,11
Тролейбусний	57,14	85,71	85,71	...	...	...	...	...	...
Внутрішньоміське сполучення	81,59	81,30	78,82	70,51	60,92	57,08	57,64	56,05	53,28
Автомобільний	98,55	89,82	86,82	75,66	55,97	50,07	50,61	48,42	46,12
Тролейбусний	63,29	70,62	68,57	57,86	57,01	54,80	55,80	53,59	49,84
Трамвайний	64,27	72,01	68,14	69,31	66,43	62,47	60,85	59,95	56,44
Метрополітен	85,68	87,26	87,37	81,85	78,92	78,69	81,06	81,96	80,61
Приміське сполучення	91,65	90,31	88,87	79,89	72,80	68,85	45,96	41,38	37,97
Залізничний	94,81	96,10	95,84	90,91	90,91	90,39	30,91	28,83	28,31
Річковий	50,00	50,00	0,00	50,00	50,00	20,00	50,00	50,00	50,00
Автомобільний	90,10	87,35	85,42	74,14	63,27	57,63	53,92	48,01	43,05

Для задоволення попиту громадський транспорт повинен відповідати якістю обслуговування пасажирів за вартістю їх проїзду. Проте, не завжди підвищення вартості проїзду відповідає якості обслуговування, на яке сподівається пасажир. Щоб стати дійсно конкурентоспроможним з індивідуальним легковим автомобілем, громадський транспорт треба ретельно вдосконалювати.

А це можливо лише на основі використання новітніх досягнень науки і техніки. Тому світовий досвід свідчить: громадський транспорт стає тією галуззю економіки, де найбільш швидко впроваджуються найсучасніші технології.

Такий фактор, як містобудування має значний вплив на вибір виду міського транспорту. Розвиток міста та міський транспорт повинні розглядатися в комплексі. Важливо врахувати інтенсивність індивідуального

транспорту, рух якого не повинен перешкоджати рухові транспорту загального користування.

Однак слід враховувати історичні особливості забудови, домагатися узгодження інтересів суспільства, управління і політики. Все це дозволить визначити найбільш ефективні напрямки розвитку міста та управління транспортом з метою забезпечити населення якісним транспортним обслуговуванням при мінімальних витратах.

1.2 Аналіз закордонного досвіду з надання послуг пасажиром

Залізничний транспорт не в усіх сферах своєї господарської діяльності є прибутковою і далеко не завжди виходить на покриття отриманих збитків. Подібна особливість функціонування і розвитку вже довгі роки безпосередньо стосується залізничного пасажирського сектора [5; 3; 9].

Задача зацікавити пасажирів до послуг залізничного транспорту набуває все більшої актуальності у зв'язку з необхідністю підвищення конкурентоспроможності пасажирських перевезень. Тут, безумовно, стане у нагоді зарубіжний досвід організації пасажирських перевезень. Перевезення пасажирів у приміському та регіональному сполученні в окремих країнах за 2019 рік наведено у табл. 1.5 [5; 3; 9].

В Чехії, введений єдиний проїзний документ для будь-якого міського транспорту. В залежності від потрібного часу на пересування змінюється і вартість квитка, найменша тривалість 90 хв коштує приблизно 40 грн. За цей час пасажир може пересісти в різні види транспорту, наприклад з електропоїзда на метро чи трамвай. Це збільшує привабливість в користуванні залізничними послугами, тим більше, що клієнту не потрібно стояти в довгих чергах в касу, а є можливість самостійно обслуговуватись в спеціальних терміналах. Такими терміналами користуються і пасажирів в Німеччині та в багатьох країнах Європи [5; 9; 15].

Таблиця 1.5 – Перевезення пасажирів у приміському та регіональному сполученні в окремих країнах за 2019 рік

Країна	Обсяги перевезень, млн. чол.	Пасажирообіг, млн. пас-км	Середня дальність поїздки, км	Кількість поїздок на 1 чол.
Австрія	209	-	-	25
Бельгія	132	-	-	13
Великобританія	713	21585	30,3	12
Угорщина	223	-	-	22
Німеччина	1741	39265	22,6	21
Іспанія	557	11654	20,1	13
Італія	546	22402	41	11
Польща	228	14810	64,9	-
Франція	1246	23140	18,6	21
Чехія	139	5227	37,6	14
Швейцарія	362	5271	14,6	49
Швеція	91	1867	20,5	10

Лідером з використання залізниць в Європі у сфері пасажирських перевезень залишається Швейцарія: кожен громадянин країни проїжджає по залізницях в середньому 1901 км на рік, що майже на 50 % більше, ніж у Франції, яка займає друге місце (1287 км/чол. на рік). Такий результат на залізницях Швейцарії (SBB) став наслідком інвестиційної програми Bahn 2000, завдяки якій радикально реструктуризовано сполучення на SBB на основі введеного в грудні 2004 р. розкладу з тактовими інтервалами відправлення потягів. Стабільне зростання в секторі пасажирських перевезень сприяло збільшенню прибутку в 2007 р. до 90,9 млн. франків, що на 139 % вище порівняно з аналогічним періодом попереднього року [149].

Сучасні прогнози на залізницях SBB оцінюють збільшення пасажирообороту на 40 % до 2030 р. Ступінь використання інфраструктури (одна з найвищих в світі) і відсутність резервів пропускної спроможності створюють серйозну проблему для SBB. Тому заміна діючих систем сигналізації і управління рухом потягів європейською системою ETCS

(інвестиції досягли 400 млн. євро) направлена на підвищення провізної спроможності мережі [149].

Німеччина – країна з високорозвиненою системою міського громадського транспорту. Основними видами міського громадського транспорту є електрички (S-Bahn), метро (U-Bahn), автобуси (Bus) і трамваї (Tram). Переплітаючись і частково дублюючи одне одного, маршрути вище названих видів транспорту є частиною добре налагодженої, що функціонує з точністю до хвилини, системи міського пасажирського транспорту Німеччини. Ціни на квитки варіюються від часу дії квитка та дальності планованої поїздки. Основною відмінністю від нашої системи є те, що проїзний квиток діє у всіх видах міського громадського транспорту. Таким чином, придбавши добовий квиток, ви можете користуватися всіма видами міського транспорту незалежно від дальності, напрямку руху і кількості пересадок [5; 9; 15; 149].

Мешканці Німеччини, а саме Берліну, підтримують ідеї розвитку громадського транспорту. Більша частина бюджетних коштів в цій країні виділяється на розвиток рейкового громадського транспорту, а саме 75 %, решта на автодороги 25% .

Розвиток приміського залізничного транспорту в Німеччині обумовлений високою населеністю віддалених великих промислових районів. Пасажирооборот німецької залізниці у приміському сполученні складає майже 18 млрд. пас-км, велика увага приділяється безквитковому проїзду в поїздах [5; 9; 15].

За кордоном використання залізничного транспорту для внутрішньоміських перевезень є ефективним методом вирішення транспортних проблем. Міські залізниці надійно ввійшли в загальну транспортну систему мегаполісів і стали одним з основних видів міського транспорту. Їх пропускна спроможність близька, а нерідко і перевищує пропускну спроможність метрополітенів. У більшості великих західнонімецьких міст отримали розвиток нові елементи транспортної

інфраструктури, які зв'язали в єдину мережу наземне міське та приміське залізничне сполучення, метрополітен, трамвайні і автобусні лінії [5; 9; 15].

На початку ХХ століття у США залізниці нерідко користувалися також міжміськими трамваями, але пізніше ця практика припинилася. Причина була подвійною: з одного боку, були прийняті нові стандарти безпеки, які обмежували або забороняли використання трамваїв на магістральних залізницях; з іншого боку, самі міжміські трамваї поступово зникли вже в двадцятих-тридцятих роках. Ідея використання трамваями інфраструктури залізниць відродилася наприкінці ХХ століття в Німеччині у місті Карлсрує. У 1992 році після укладення домовленості між міським транспортним підприємством і Deutsche Bahn AG почався рух трамваїв за маршрутом Карлсрує — Bretten. Більша частина цієї траси лінії (21 км) припадає на залізницю, по якій відбувався рух звичайних вантажних і пасажирських поїздів. Курсуючи в Bretten трамваї можуть працювати як від трамвайної контактної мережі (750 В, постійний струм), так і від залізничної (15 кВ, змінний струм з частотою $16 \frac{2}{3}$ Гц). Експеримент виявився вдалим — пізніше рух трамваїв було відкрито і по інших залізницях в районі Карлсрує. Пізніше системи типу трамвай-поїзд відкрилися і в інших містах Німеччини (Саарбрюккен, Нордхаузен, Кассель) і в Парижі у Франції [151].

Досвід залізниць SBB показує, що ефективність пасажирських перевезень на напрямку залежить від рівня розвитку управління перевезеннями і впровадження сучасних досягнень науково-технічного прогресу. При цьому головні зусилля діяльності компанії направлені на: створення швидкісного рухомого складу, відповідного сучасним вимогам пасажирів; введення розкладу з тактовими інтервалами відправлення потягів для скорочення часу поїздок; створення механізмів фінансування залізниць державою і його суб'єктами; впровадження технологій, які сприяють підвищенню провізної спроможності мережі і підвищенню безпеки руху.

Тому в нашій країні без належного фінансування не може бути досягнуто технічного прогресу на світовому рівні, що б могло значно покращити технічний та фінансовий стан залізниць України [3].

Відомо, що точність і надійність практично завжди є основними факторами, що впливають на вибір зручного виду транспортного засобу (рис. 1.4). Британська компанія National Express Group провела дослідження, щоб виявити інтерес пасажирів до користування приміським сполученням, в якому було доведено, що саме зазначеним факторам приділяють найбільшу увагу компанії оператори, що намагаються залучити нових пасажирів. Це підтверджується результатами урядових досліджень проведених на підставі аналізу анкет виборців, які вважають, що точність залізничного транспорту входить в число небагатьох показників, які за останні два десятиліття (роки правління лейбористів), не стали кращими. При цьому претензії до установ медицини, освіти і соціального забезпечення стало менше. З цим можна погоджуватися чи ні, але відомо одне, щодо негативної оцінки точності прямування поїздів додається асоціативний зв'язок з вандалізмом, антисоціальною поведінкою, і все це ускладнює не зовсім позитивне відношення до залізничного транспорту в цілому [5; 9; 15].

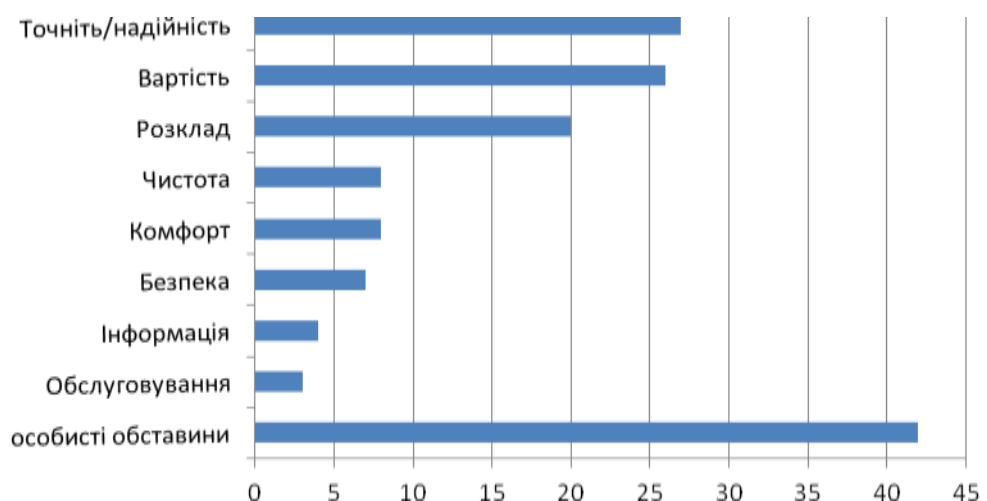


Рисунок 1.4 – Частка факторів, які впливають на вибір виду транспортного засобу Великої Британії, %

Аналогічні результати досягли на лініях зі змішаним вантажопасажирським рухом. Так, корпорація Kowloon Canton Railway виконую на лінії East Rail інтенсивні приміські, дальні пасажирські та вантажні перевезення в сполученні Гонконга з континентальною частиною Китаю і, наприклад, у грудні 2004 року 99,81 % поїзди прибули з запізненням, не більше ніж 3 хв [1–4; 7; 15].

За даними за 9 міс 2004 р., в Нью-Йорку на лініях залізниць Long Island (LIRR) 93,1 % приміські поїзди прибували з відхиленнями від розкладу не менше, ніж на 6 хв., на лініях залізниці Metro-North-96,1%. При цьому на початку 1980-х рр. на LIRR цей показник не перевищував 85 %, а на Metro-North, яка крім приміських, обслуговує дальні пасажирські та вантажні сполучення – 80 % [1–4; 7; 15].

Аналогічні підходи були залучені і для приміських сполучень в районах Лондона, що обслуговуються в рамках згідно з франшиз компаній-операторів C2C, Great Northern і Silverlink. Робочі групи з учасниками представників нинішніх компаній інфраструктури Network Rail вирішували аналогічні задачі, приділяючи особливу увагу запізненням з вини операторів.

У ліквідацію проблем на маршруті компанії C2C від лондонської станції Фенчерч-стріт до графства Ессекс компанія Network Rail зробила внесок у вигляді ремонту контактної мережі та впровадження стратегії її утримання, зменшуючи кількість часу обмеженої швидкості. Після приватизації Британських залізниць компанія National Express Group інвестувала заміну старих поїздів новими, серії 357. Новий рухомий склад вважається менш надійним, ніж старий, але не в випадку франшизи [1–4; 7].

Велика увага приділяється деталям, які впливають на виконання розкладу. Так, якщо в поїзді є пасажир на інвалідній колясці, телефонний дзвінок на станцію призначення гарантує подачу рампи до відповідного вагона. Увага до таких, здавалось би дрібниць, дозволяє зберігати тривалість зупинки. Ці умови дали позитивні результати. Наприклад, по суботам тепер

часто вдається довести рівень точності (тобто кількість поїздів, що прибули на станцію призначення вчасно чи з запізненням до 5 хв) до 100% [1–4; 7; 15].

Компанія-оператор Great Northern у напрямку від лондонської станції Кінг-Крос зіткнулася з іншими проблемами. По лініях в південній частині графства Ессекс, окрім приміських, проходять вантажні поїзди й велика кількість дальніх пасажирських. При участі Network Rail було виконано аналіз практики, що склалася по поточному утриманню колії з ціллю пошуку резервів.

На залізницях Великобританії приміські залізничні перевезення мають значний обсяг, особливо в районі Лондона, який складає 40% від загального обсягу перевезень у приміському сполученні по країні [1–4; 7; 9].

Значна кількість європейських міст зберегла привабливість своїх центрів завдяки зведенню до мінімуму вуличного паркування, організації дорожнього руху, що забороняє наскрізний проїзд, що ми поки не можемо побачити в наших містах, де узбіччя вулиць, а особливо в центрах, слугують місцями паркування для власних автомобілів, створюючи тим самим затори. Так центральна міська зона звільняється від автомобільних пробок і паркувань, стає доступною для прогулянок й відпочинку.

Громадський транспорт у розвинених країнах відіграє значну роль у задоволенні транспортних потреб населення, здійснюючи до чверті обсягу перевезень пасажирів (табл. 1.6).

Особливе значення він набуває у великих містах. Так, в Чикаго на 100 тис. жителів припадає майже в три рази більше автобусів, ніж в деяких містах, більш орієнтованих на громадський транспорт, наприклад, в Стокгольмі або Гельсінкі. У Вашингтоні 15% жителів добираються на роботу громадським транспортом.

В країнах, де населення має можливість впливати на вирішення транспортних проблем, постійно і цілеспрямовано інвестується діяльність громадського транспорту і обмежується користування приватними автомобілями в міських зонах.

Таблиця 1.6 – Розподіл міських поїздок населення за видами транспорту в країнах Заходу, %

Країна	Види транспорту					
	автомобільний, приватний	громадський	велосипеди	пішки	моторизовані та мопеди	інші
США	82,3	3,4	0,7	10,7	0,5	2,4
Канада	74,0	15,0	-	11,0	11,0	-
Німеччина	47,6	11,4	9,6	30,3	0,9	1,0
Швейцарія	38,2	19,8	9,8	29,0	1,3	1,9
Франція	47,0	11,0	5,0	30,0	6,0	1,0
Швеція	36,0	11,0	10,0	39,0	2,0	2,0
Нідерланди	45,2	4,3	29,4	18,4	1,3	1,0
Італія	30,6	26,0	-	43,0	-	-
Австрія	38,5	12,8	8,5	31,2	3,7	5,3
Великобританія	45,0	19,0	4,0	29,0	2,0	1,0
Данія	42,0	14,0	20,0	21,0	3,0	-

У цих країнах використання залізничного транспорту для міських перевезень вважається природним, і воно стає все більш ефективним у вирішенні міських транспортних проблем. Залізничні перевезення міцно влилися в загальну транспортну систему великих міст і стали одним з домінуючих видів транспорту. Перевізна спроможність залізниць значно перевищує провізну спроможність інших видів транспорту, особливо метрополітену, а собівартість і тривалість спорудження залізниць значно менші.

Міські електропоїзди можуть обслуговувати мешканців великих міст, які в даний час є найбільш платоспроможною частиною населення. Проекти «міських електричок» цікаві як для представників бізнесу, так і для місцевих адміністрацій. За кордоном використання залізничного транспорту для внутрішніх міських перевезень і організації міських залізничних шляхів є ефективним методом вирішення транспортних проблем, також залізничні колії звільняють від руху пасажирських і вантажних поїздів далекого прямування і використовуються тільки для внутрішньоміських та приміських пасажирських перевезень [1–4; 7; 15].

Подібні лінії експлуатуються в Берліні, Дрездені, Гамбурзі, Брюсселі, Відні та інших містах Європи. «Міські електрички» використовуються для пасажирських перевезень у великих містах світу і найбільших містах країн. Великі міста Європи, Азії, Америки мають ізольовану або сумісну із загальною залізничною мережею міську залізничну мережу. В Берліні, Мюнхені, Лейпцигу, Парижі, Осло, Токіо, Бостоні, Чикаго та інших великих містах світу протяжність міських залізничних шляхів коливається від 2 (в Брюсселі) до 970 км (в Парижі), і вона постійно збільшується.

1.3 Аналіз теоретичних досліджень з раціоналізації взаємодії пасажирських видів транспорту у вузлах транспортної мережі

Досвід удосконалення транспортних пасажирських систем великих міст в сучасних умовах свідчить про планування руху транспорту загального користування на основі узагальнених маркетингових спостережень та експертного досвіду наближеним способом, визначаючи розміри руху транспорту, кількість, схеми обертання, виходячи із фактичних обсягів перевезень відповідного минулого року. Проте на сьогоднішній день, при даному пасажиропотоці потрібно проведення нових, корегуючих заходів, які повинні забезпечити відповідність обсягів пасажирського руху у великих вузлах структури, параметрам та факторам, що впливають на пасажиропотік.

Системні властивості залізничного транспорту в умовах експлуатації досліджувалися активно вітчизняними та зарубіжними науковцями. Значна кількість досліджень стосується удосконалення пасажирських перевезень у приміському та внутрішньоміському сполученні. До них відносяться праці А. А. Зайцева [1], Ф. П. Кочнева [2], М. В. Макаренка та Ю. М. Цвєтова [3]. В працях Б.Е. Марчука [4] досліджено досвід закордонних залізниць у приміському сполученні. Науковцями Є. В. Овечніковим та М. С. Фішельсоном у [6] викладені методи проектування міських транспортних систем, досліджувались транспортні проблеми міста. Основні принципи проектування транспортних мереж та маршрутів перевезень на основі

оптимального розподілення транспортних потоків викладено у вже класичних працях таких вчених, як З. Рюгер [7], В. А. Юдіна та Д. С. Самойлова [10]. Науковець П. О. Яновський у [21] виклав основи сучасної технології і організації роботи пасажирського транспорту в умовах міських і приміських перевезень, досліджував пасажиропотоки, принципи організації і управління пасажирськими перевезеннями та особливості взаємодії різних видів транспорту в транспортних вузлах.

У працях В. А. Черепанова [8] досліджено взаємодію транспорту та планування міст, вплив транспортних вимог на розбудову системи вулиць міста. Нові методи прогнозування транспортного попиту населення та обґрунтування рівня розвитку транспортних систем викладаються у працях Е. О. Сафронова [9]. Проблемою екологізації міського пасажирського транспорту та транспорту загального користування займалися наступні вчені П. Ньюман, Дж. Кенуорті [11].

Результати останніх досліджень щодо питань підвищення якості транспортних послуг, що надаються пасажирам в умовах експлуатаційної роботи у науковій літературі зустрічаються все частіше. Вагомий внесок в розвиток пасажирських перевезень внесли такі вчені та практики: В. М. Акулінічев [12, 13], І. М. Аксьонов [14], Ю. С. Бараш [15], А. А. Босов [16], Т. В. Бутько [17, 18], А. Е. Горєв [19; 20], П. С. Грунтов [22], В. П. Гудкова [5], М. І. Данько [23, 24], В. Л. Дикань [24], І. В. Жуковицький [25], Ю. Ф. Кулаєв, Д. В. Ломотько [26], Є. В. Нагорний [27], Д.М. Козаченко [28], В. Я. Негрей, Г. І. Нестеренко [29], Ю. О. Пазойський [30], В. К. Мироненко [31, 33, 34], В.І. Мацюк [31, 33], В.В. Габа [31, 33], Т.М. Грушевська [32], Б. І. Торопов [34], О.М. Кривопішин [35, 36], Г. Д. Ейтутіс [36], Н. В. Правдін, В. В. Скалозуб [37], А. О. Смехов, Є. А. Сотніков, Є. М. Сич [5; 36], В. Г. Шинкаренко, П. О. Яновський та інші автори.

Проведені наукові дослідження у сфері організації приміських та внутрішньоміських перевезень підтверджують ефективність систем оперативного планування і регулювання пасажирськими перевезеннями.

Відповідно до сучасних розробок [5, 29, 30] необхідно реалізовувати вище зазначені технології на основі сучасних статистичних даних, маркетингових досліджень, використовуючи новітні інтелектуальні технології.

Питання регулювання розмірів руху пасажирів було відображено у багатьох роботах Н. В. Правдіна, В. Я. Негрея, К. Ф. Семіна, Л. И. Зашихіна, Г. Я. Чантурії [46, 56, 57, 58] та ін. У всіх роботах обґрунтовується важливість прогнозування для формування системи регулювання пасажирськими перевезеннями всіх видів сполучень. При характерній нерівномірності динаміки пасажиропотоку на різних видах транспорту застосування технологій оперативного регулювання є актуальним, вони дозволяють раціонально використовувати та зменшувати кількість транспортних засобів при існуючому попиту на пасажирські перевезення. Використання на маршрутах прямування великих та малих автобусів в залежності від попиту пасажирів є одним із методів застосування технологій регулювання перевезень при здійсненні міських пасажирських перевезень [68, 69, 70].

Для оперативного регулювання на деяких залізницях європейських країн та США активно використовують системи управління доходами на основі регулювання тарифів на перевезення та аналізу доходів і збитків по кожному напрямку курсування поїзду [71, 72].

В країнах Європи велика увага приділяється питанням підвищення ефективності курсування пасажирських поїздів завдяки застосуванню технологій оперативного визначення оптимальних складів пасажирських составів в залежності від попиту [32, 68, 73] та використання системи маятникового руху.

Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року визнано незадовільний технічний стан значної кількості транспортних засобів та відсутність системи здійснення контролю за безпечністю транспортних засобів під час їх експлуатації; низький рівень контролю у сфері безпеки на транспорті, зокрема, в частині охорони навколишнього природного

середовища; відсутність стимулювання застосування альтернативних джерел енергії на об'єктах транспортної інфраструктури; низький рівень впровадження енергозберігаючих технологій [38].

Підвищення рівня безпеки залізничних перевезень має вирішуватися шляхом [38]: запровадження системи управління безпекою відповідно до законодавства ЄС; запровадження процедур державної сертифікації безпеки для підприємств залізничного транспорту; утворення органу з розслідування транспортних пригод.

Досвід сучасних технологій організації процесу експлуатації залізничного транспорту вказує на важливість застосування методів математичного моделювання, за допомогою якого можливо швидко адаптуватися до змін попиту на перевезення в умовах жорсткої конкуренції на ринку транспортних послуг. Передовими науковцями європейських країн досліджуються задачі визначення раціональних маршрутів прямування та розробки графіка руху пасажирських видів транспорту, вибір типу і періодичності курсування составів по напрямку за допомогою розробки більш гнучких технологій на основі використання сучасних математичних методів, таких як теорія нечітких множин, нейронних мереж, генетичних алгоритмів та ін. [74].

Зокрема, у роботах [98–112] запропоновані підходи щодо вирішення проблеми маршрутизації поїздів на основі генетичних алгоритмів. Авторами у [98] запропоновано генетичний алгоритм маршрутизації та планування поїздів для досягнення ефективних і надійних маршрутів поїздок і розкладу. Алгоритм може змінювати час початку поїздів, а також деякі частини траєкторії поїздів. Комп'ютерне моделювання показало, що розроблений алгоритм дозволяє зменшити затримки поїздів.

Генетичний алгоритм та гібридний генетичний алгоритм, запропоновані авторами у [112] були використані для оптимального планування громадських транспортних засобів на основі їх фактичного операційного середовища. Результати дослідження дали можливість розумного планування

громадських транспортних засобів на основі пропонованих алгоритмів, що усунуло недоліки традиційних методів планування.

Застосування нових концепцій управління пасажирським комплексом необхідне в сучасних умовах для нашої країни. Вони повинні бути гнучкими до коливань попиту, до пріоритетів споживачів послуг. В таких умовах потрібно застосовувати логістичні підходи до управління пасажиропотоками і супутнім їм фінансовим, інформаційним та іншим потокам.

Застосування логістичної концепції управління пасажирськими перевезеннями для задоволення потреб населення в перевезеннях та забезпечення конкурентоспроможності, дозволить вирішити важливі задачі організації пасажирських перевезень, вдосконалити існуючу технологію, підвищити ефективність взаємодії видів транспорту у вузлі та завдяки цьому підвищити якість перевізного процесу, знизивши експлуатаційні витрати на нього. В роботах [76, 77] представлено пропозиції щодо удосконалення існуючої технології пасажирських перевезень на основі впровадження логістичних принципів в організацію руху і реалізацію на їх основі технології оперативного регулювання складів пасажирських поїздів.

Наукове дослідження Н.В. Левадної, В.А. Черняєвої, Е.П. Дудкіна [177] присвячено уточненню методики обґрунтування видів транспорту в транспортній системі міста. При цьому авторами наголошується на необхідності комплексного підходу до вирішення цього питання, що враховує кількісні та якісні характеристики міста. Автори наголошують на тому, що аналіз міст показав, що витрати на систему МПТ в розрахунку на жителя обернено пропорційні щільності населення. Щільність населення, на думку авторів, можливо підвищити в основному за рахунок освоєння вільних міських територій. А отже, «...при оптимізації або проектуванні міських транспортних мереж необхідне уточнення методики обґрунтування видів транспорту і їх частки в загальній транспортній системі міста...».

У рекомендаціях з модернізації транспортної системи міст [178] наголошено на тому, що цей процес «... включає цілий ряд цілеспрямованих

дій на підвищення ступеня планувальної впорядкованості, структуризації мережі транспортних комунікацій, приведення технічного стану магістральних вулиць і доріг, позавуличних шляхів сполучення у відповідність з генеральною концепцією транспортного обслуговування населення та технічними можливостями сучасних транспортних засобів...». «...Транспортно-планувальна і просторова організація пересадочного вузла визначається числом взаємодіючих видів транспорту, розміщенням станцій, зупиночних пунктів, ліній, шляхів та інших транспортних споруд і пристроїв, комунікаційних елементів, а також місцем розміщення вузла на плані міста, його архітектурно-планувальної зв'язком з прилеглою забудовою ...».

Як наголошує автор у [179] міські транспортні системи в країнах, що розвиваються, стикаються з безліччю проблем, головною із яких є обмеженість вільного простору для розвитку транспортної інфраструктури. Автором запропоновані математичні моделі управління територією міста, громадським транспортом та вибором способу пересування, сконструйована теоретико-ігрова модель дозволяє знаходження рівноваги між інтересами учасників транспортної системи. Реалізація математичної моделі, спрямованої на раціональне використання міської території дозволяє стверджувати про ефективність її використання на практиці.

Основою організації перевезень населення громадським транспортом в містах та агломераціях, як наголошується у [180] є наявність і розподіл транспортного попиту за програмними цілями поїздок, за часом і в просторі (матриця кореспонденцій). Характерною особливістю функціонування МПТ є нерівномірність розподілу пасажиропотоків за годинами доби, напрямками руху на окремих ділянках маршруту, днях тижня тощо. Пульсація пасажиропотоків створює в окремі періоди часу спади та підйоми пасажиропотоку. Для коригування маршрутних розкладів і режимів руху транспортних засобів раніше авторами в рамках дослідження проводилися вибіркові або суцільні обстеження пасажиропотоків на МПТ з періодичністю 1 раз в 3 роки. Автори наголошують, що «...суцільні обстеження

пасажиropотоків трудомісткі за технологією проведення та обробки результатів, фінансово затратні...». В процесі обстеження було визначено коефіцієнт обслуговування території міста громадським транспортом, розрахований як відношення сумарної довжини частин вулиць, по яких проходить хоча б один маршрут до сумарної протяжності всіх вулиць. Математичне моделювання маршрутної мережі здійснено з використанням програмного продукту на основі матриці кореспонденцій, накладеної на транспортну мережу міста з урахуванням нормативних соціальних стандартів щодо пішохідної доступності транспортних зупинок, допустимих інтервалів руху транспортних засобів і часу переміщення пасажирів, а також зниження дублювання маршрутів і кількості пересадок, що дозволило перепроєктувати маршрутну мережу міста.

Надзвичайно цікавими є авторський доробок Г.В. Таубкіна [181–187], працівника міжнародної компанії WSP (Канада, Торонто), яка займається розробкою маршрутних мереж пасажирського транспорту – в Північній Америці, Європі. Автором вводиться поняття міжмаршрутного дублювання з однозначно негативного поля і показуються приклади його позитивного впливу на баланс «якість-витрати» пасажирських перевезень загалом. Запропоновані кількісні методи аналізу дублювання і наводяться практичні приклади їх використання для раціонального планування перевезень. Автором наголошується, що використання кушового планування «...дозволяє місту здійснювати постійне вдосконалення пасажирських перевезень, не чекаючи загальноміської оптимізації, яка є складною, дорогою і не завжди реальним завданням. Загальноміська оптимізація може проводитися раз на кілька років, базуватися на великому спектрі інформації про транспортні потреби і моделі транспортного планування, використовувати допомогу зовнішніх консультантів і фахівців, а також проводити широкі кампанії з ознайомлення населення...».

Проведений аналіз вказує, що серед багатьох досліджень, недостатньо вивчена проблема взаємодії видів міського пасажирського транспорту у

великих містах, особливо взаємодії залізничного транспорту та міських видів транспорту. Раніше розроблені методи не приділяють достатньої уваги до проблем внутрішньоміського руху та є недосконалими. А отже, повинна бути здійснена формалізація методів та засобів раціоналізації взаємодії пасажирських видів транспорту, чому і присвячено дане наукове дослідження.

1.4 Висновки за розділом 1

1. Виявлено, що якість перевезення пасажирів у великих містах залежить не лише від технічного і технологічного удосконалення окремих видів транспорту, а й від взаємодії всіх видів транспорту у вузлах транспортної мережі під час експлуатації.

2. Поєднання діяльності внутрішньоміських вузлів транспорту і приміського залізничного транспорту не лише забезпечує своєчасне переміщення пасажирів, а й виступає важливим фактором покращення екологічної ситуації в містах, зменшення заторів транспортних засобів і затримок пасажирів, економію енергетичних ресурсів, скорочення витрат місцевих бюджетів на інновації в дорожньо-транспортне будівництво.

3. Встановлено, що при існуючій системі пасажирських перевезень відсутнє ефективне функціонування та розвиток різних видів транспорту в поєднанні приміського та внутрішньоміського сполучення у вузлах транспортної мережі.

4. Дослідження закордонного досвіду з питань створення ефективної системи організації приміських та внутрішньоміських пасажирських перевезень та визначення регулювальних заходів свідчать про необхідність впровадження технологій оперативного управління із застосуванням прогнозування пасажиропотоку, технологій оперативного регулювання составів та маршрутів прямування. Отже, необхідно наукове обґрунтування можливості удосконалення існуючої організації приміського та внутрішньоміського сполучення, завдяки удосконаленню їх технічної та технологічної взаємодії.

5. У попередніх наукових роботах пропонувалися заходи з підвищення ефективності функціонування різних видів транспорту. Проте існують недоліки в організації взаємодії приміського та внутрішньоміського видів транспорту у великих містах, у вузлах транспортної мережі та не було виявлено робіт, які стосуються раціоналізації взаємодії пасажирських видів транспорту у вузлах транспортної мережі шляхом більш широкого використання залізничних перевезень у внутрішньоміських сполученнях. Не врахована можливість організації руху поїздів в межах міст, не прораховувалась доцільність улаштування на перетинах приміських і внутрішньоміських залізничних лініях зонних станцій.

6. Визначено, що якісна організація роботи міського транспорту стає не просто засобом для переміщення населення територією міста, а й здатна забезпечити зменшення кількості пасажирів, які користуються для пересування містом індивідуальними легковими автомобілями. Загальним напрямом розвитку міського транспорту є прагнення забезпечити його ефективне функціонування на основі сполучення критеріїв комфорту пасажирів, необхідності забезпечення окупності транспорту, а також рентабельності транспортних підприємств.

7. Система з обслуговування населення в пасажирських перевезеннях застаріла, та, насамперед, потребує вирішення завдання збільшення пропускної спроможності транспортної мережі великих міст, збільшення швидкостей руху транспортних одиниць, необхідність спорудження станції стикування залізниці та метрополітену, розширення асортименту послуг із підвищення якості перевезень пасажирів, узгодження в діяльності пасажирських компаній між собою і з різноманітними підприємствами сфери послуг, покращення економічних показників роботи транспорту загалом.

РОЗДІЛ II

ВИЯВЛЕННЯ ФАКТОРІВ ФОРМУВАННЯ ПОПИТУ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ У ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛАХ

2.1 Постановка завдань дисертаційного дослідження

Починаючи з 2000 р. у внутрішньоміському та приміському сполученнях в обсягах перевезених пасажирів скорочення не спостерігається, лише з 2009 р. до сьогодні має місце деяке їх зменшення. Тобто протягом тривалого періоду (останні 15 років) внутрішньоміські і приміські перевезення стабілізувалися. Крім того, співвідношення обсягів в цих сполученнях зросли майже в двічі. Всі приміські пасажиропотоки в повному обсязі переходять (по прибуттю в місто) і виходять (по відправленню із міста) із внутрішньоміських пасажиропотоків. Тобто ці види сполучення характеризуються найтіснішою взаємодією. Разом обсяги перевезень у внутрішньоміському та приміському сполученнях в загальних обсягах пасажирської роботи транспорту складають 95,7% (за 2019 р.).

Також зародження і погашення пасажиропотоків здійснюється в містах, значна частина цих процесів протікає у великих містах, що вимагає особливої уваги до поліпшення обслуговування пасажирів. Результати аналізу статистичних даних протягом трансформаційного періоду, особливостей формування і взаємодії пасажиропотоків, реальної технології та стану якості обслуговування пасажирів у великих містах свідчать, що тепер має місце недосконала організація приміських перевезень та відсутня перспективна стратегія їх розвитку у взаємодії із внутрішньоміськими видами транспорту. Тому в умовах постійного загострення конкуренції між видами транспорту пасажирів частіше обирають зручний за якісними показниками автомобільний транспорт.

Катастрофічна збитковість приміських залізничних перевезень не дає можливості забезпечити високий рівень конкурентоспроможності і часто

залізниці програють автомобільному транспорту через відміну багатьох приміських поїздів, перевантаження існуючих, низьку якість обслуговування пасажирів в поїздах. Крім того, серед багатьох причин зменшення обсягів залізничних приміських пасажирських перевезень, протягом періоду ринкових перетворень (1990–2019 рр.) більш ніж у 1,5 рази, визначено нераціональний розвиток пересадочних пунктів та низьку якість перевезення пасажирів.

Враховуючи тісну взаємодію приміських і внутрішньоприміських пасажирських перевезень, наявність їх постійного взаємовпливу, проблему їх удосконалення необхідно розглядати комплексно, не розділяючи один від одного названі сполучення.

Розробляти заходи з підвищення якості перевезень пасажирів у великих містах необхідно з обов'язковим врахуванням та забезпеченням тісної взаємодії пасажиропотоків різних видів сполучень у вузлах транспортної мережі. Існує ціла низка шляхів розвитку взаємодії різних видів транспорту у вузлах транспортної мережі:

1. Застосування автоматизованої системи оплати на основних пасажироутворюючих станціях і організація перонного контролю на зупиночних пунктах.

2. Удосконалення експлуатації залізничного транспорту у внутрішньоміському сполученні (міських електричок, рейкових автобусів, «маятниковий» рух приміських поїздів).

3. Посилення привабливості залізничного транспорту як засобу пасажирських комунікацій за рахунок оновлення рухомого складу, знаходження балансу між комфортністю поїздки і наповнюваністю електропоїздів, підвищення швидкостей руху, зменшення інтервалу руху поїздів, забезпечення санітарно-технічного стану поїздів і жорсткого контролю за проходом пасажирів через турнікети, які оплатили за проїзд.

4. Забезпечення регулярного руху громадського транспорту між житловими мікрорайонами і зупинками приміських поїздів, координація

діяльності залізничного з міським транспортом у транспортних вузлах, шляхом узгодження розкладу руху автобусів, тролейбусів, трамваїв з часом прибуття поїздів.

5. Облаштування автомобільних доріг і пішохідних тротуарів, що примикають до станцій і зупинних пунктів, пішохідних переходів.

6. Будівництво приміських вокзалів, що надають широкий комплекс як залізничних, так і супутніх послуг.

7. Використання універсальних платіжних апаратів, суміщених з оплатою рахунків супутникового зв'язку.

Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року визначено, що для її впровадження будуть виконані завдання щодо забезпечення безперешкодної мобільності та міжрегіональної інтеграції [38]. Зокрема, передбачається забезпечення «...мобільності та функціонування сучасного пасажирського транспорту; розвитку мультимодальних пасажирських перевезень та запровадження «єдиного транспортного квитка»; упорядкування організації та фінансування соціально важливих пасажирських перевезень всіма видами транспорту; запровадження стратегічного планування надання транспортних послуг в містах та прилеглих до міст територій як складової частини їх стратегічного планування розвитку, в тому числі з урахуванням забезпечення ефективного та зручного приміського сполучення між об'єктами транспорту...», а також «...впровадження механізму систем управління якістю щодо пасажирських перевезень з обов'язковим оприлюдненням результатів діяльності; запровадження механізму організації соціальних зобов'язань та надання суспільно важливих послуг з перевезення пасажирів; впровадження нових технологій та інтелектуальних транспортних систем для поліпшення якості надання транспортних послуг, систем інформування про надані послуги, впровадження електронної та інтегрованої автоматичної системи оплати проїзду...» [38].

Підвищення якості пасажирських перевезень відповідно до законодавства ЄС повинно бути реалізоване шляхом [38]:

- створення умов для заснування спільних компаній приміських пасажирських перевезень за участю місцевих органів виконавчої влади;
- створення умов для забезпечення діяльності приватних перевізників для здійснення перевезень пасажирів між регіонами країни та в міжнародному сполученні;
- створення умов для з'єднання обласних центрів мережею швидкісних та високошвидкісних залізниць, зокрема на основі державно-приватного партнерства.

Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року також визначено, що «...має бути забезпечено надання населенню високоякісних, безпечних та доступних транспортних послуг незалежно від місця проживання; надання усім користувачам доступу до транспортних послуг і забезпечення високої мобільності населення на рівні середніх показників країн ЄС...» в результаті створення мультимодальних пасажирських транспортних мереж [38].

Отже, в розрізі реалізації Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року та основі проведених досліджень встановлено, що процедура оцінки якості спрямована на поліпшення рівня перевезення пасажирів міським транспортом в містах-«мільйонниках».

При визначенні процедур системного методу виділено такі показники якості перевезення пасажирів [21]: регулярність перевезень і зручність розкладу руху транспорту; час, затрачений пасажиром на поїздку, в тому числі на очікування; умови перевезень та якість обслуговування пасажирів. Під якістю перевезення пасажирів розуміють сукупність властивостей перевізного процесу щодо збільшення частоти руху, мінімізації часу очікування, яке проявляється у забезпеченні транспортної доступності та мобільності.

Основними принципами роботи транспорту щодо підвищення загальної якості перевезення є [150]: робота з підвищення якості обслуговування пасажирів має проводитися постійно всіма працівниками транспортного комплексу; робота по здійсненню контролю за якістю перевезень повинна проходити з удосконаленням всіх елементів, від яких вона залежить; виробники рухомого складу та транспортних технічних засобів повинні розвивати партнерські відносини з транспортом по забезпеченню якості перевезень; робота з підвищення якості транспортних послуг повинна провадитися у всіх транспортних підрозділах і на всіх рівнях; за невиконання якісних перевезень повинні нести відповідальність всі причетні працівники.

Зі зростанням чисельності населення міст та їх території обсяг роботи міського транспорту збільшуються його території, тому що зростає, так звана, «рухливість» населення (середня кількість поїздок, що припадає на одного жителя в рік), а також підвищується відстань поїздки. Одночасно можна простежити і зворотний зв'язок: вдосконалення транспорту сприяє підвищенню швидкості поїздки, що, в свою чергу, дозволяє розширювати міську територію.

У межах практично кожного великого міста, розташовані залізничні колії, існує метро, які можна пов'язати один з одним і скоординувати з роботою міського транспорту. Але чим більше місто, тим сильніше стикаються його мешканці з транспортними проблемами. До роботи від місця проживання, людина повинна добиратися не більше ніж за 45 хв. Існують наступні методи вирішення даної проблеми: рейкові автобуси, швидкісні трамваї, міські електрички, наземне метро, розширення підземного метро.

Виникає потреба у забезпеченні зв'язку міського транспорту з роботою приміських залізничних перевезень у вузлах транспортної мережі, оскільки саме це сполучення є найбільш доступним і масовим видом перевезень, що забезпечує розвиток проєктів «міської електрички». Логічна схема вирішення завдання дисертаційного дослідження викладена на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Логічна схема вирішення завдання дисертаційного дослідження

Структуру завдань дослідження та використаних для їх розв'язання методів дослідження наведено на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Завдання дослідження та методи їх розв'язання

Загалом, все це дозволяє вирішити наукове завдання, яке полягає в удосконаленні методів та засобів раціоналізації взаємодії пасажирських видів транспорту, з урахуванням зручності прибуття та відправлення зі станції та знаходження раціонального місця розташування станції пересадки пасажирів на інші види транспорту.

Транспортний вузол міста (вузол транспортної мережі) – це комплекс транспортних засобів, куди сходяться різні зовнішні види транспорту та

міський транспорт, які сумісно виконують операції з передачі вантажів і пересадки пасажирів з одного виду транспорту на інший.

До складу транспортних вузлів входять пристрої різних видів транспорту. Вони призначені для виконання двох основних завдань з обслуговування пасажирів [39]: розподіл і передача транзитних пасажирських потоків з одного напрямку і видів транспорту на інші; спільне обслуговування населення у вузлі різними видами транспорту.

Усі види транспорту в транспортному вузлі діляться на дві групи: до першої групи належить магістральний (зовнішній) транспорт, який забезпечує зв'язки з іншими регіонами, містами держави; до другої групи належить внутрішній транспорт: міський та приміський.

Процес формування транспортних вузлів проходить індивідуально з дотриманням певних загальних закономірностей та залежить від плану міста і його величини, розміщення промисловості, підходу транспортних магістралей, обсягів перевезень і місцевих умов (наявність річки, моря), їх можна класифікувати (рис. 2.3) за: функціональною ознакою; топологічною ознакою; за геометричною формою (схемою вузла) транспортні вузли бувають кільцеві, радіальні, витягнуті в довжину, радіально-кільцеві, радіально-напівкільцеві і комбіновані.

Межі транспортного вузла визначаються пунктами зливання ліній, які підходять до вузла і пунктами, які здійснюють розподіл прибулих поїздів (автобусів, суден): по головному ходу, в обхід, по кільцю і внутрішньовузловим з'єднанням. Для кожного виду транспорту встановлюються свої межі: для залізничного транспорту – це передвузлові пости; для водного транспорту – це портові станції, причали, окремі канали й інші пристрої; для автотранспорту (у пасажирському русі) – умовні, які залежать від розмірів пасажиропотоків і характеру руху автобусів, і кінцеві пункти прямування приміського пасажирського транспорту; у вантажному русі – аналогічно межі залізничного вузла, а за відсутності автодорожніх кільцевих ліній, обходів і з'єднань визначаються околицею міста.

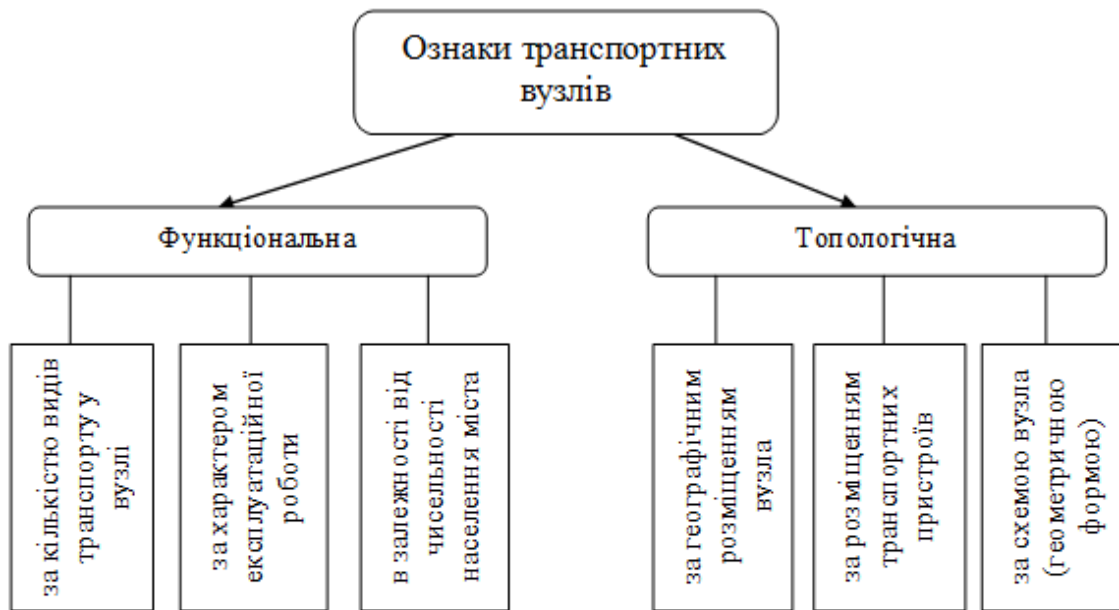


Рисунок 2.3 – Класифікація транспортних вузлів за ознаками

Всі пасажирські види транспорту у вузлі мають свою класифікацію та тісні взаємозв'язки (рис. 2.4). Велика кількість чинників впливає як на протікання процесів взаємодії цих видів транспорту у вузлі, так і на кінцевий результат, а саме на результативність перевізного процесу [21].

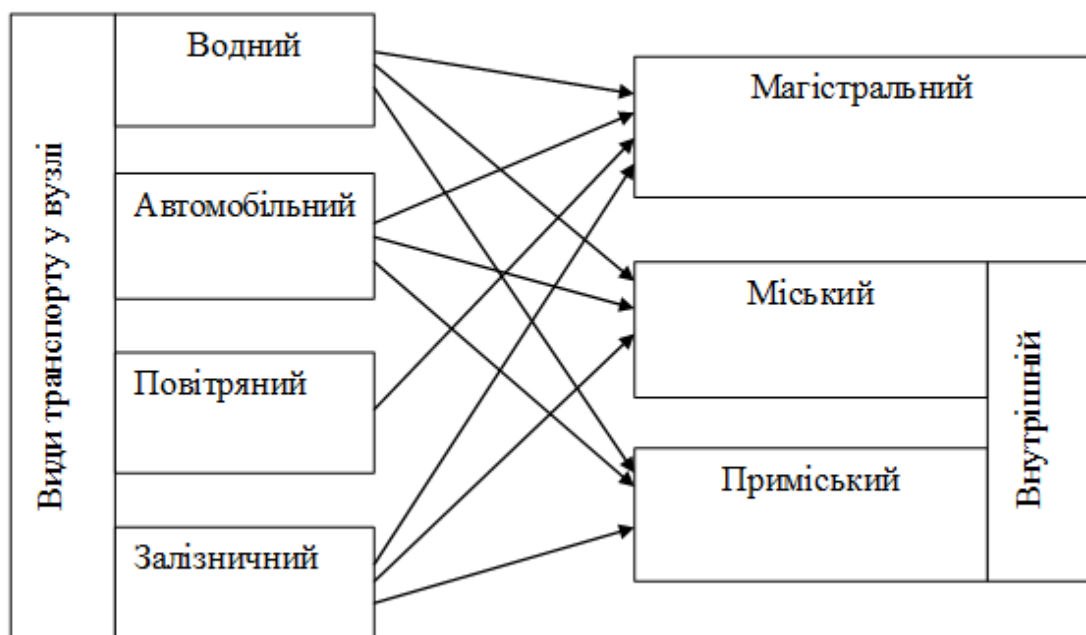


Рисунок 2.4 – Класифікація пасажирських видів транспорту у вузлі

Суттєвою проблемою в експлуатації транспортної інфраструктури великих міст є низький технічний рівень її розвитку, неефективна діяльність транспорту та невідповідність зростаючому попиту якості транспортних послуг [66]. Це проявляється в наступному:

1) стан транспортної мережі не відповідає існуючому і перспективному пасажиропотоку;

2) не відповідають сучасним вимогам реалізовані зараз транспортні технології, що не забезпечують ефективність функціонування транспорту, перешкоджають задоволенню попиту на якісні транспортні послуги, відбувається постійне збільшення собівартості перевезень;

3) громадський пасажирський транспорт в містах та приміському сполученні не в змозі забезпечити попит на якісні пасажирські перевезення;

4) темпи автомобілізації населення набагато випереджають розвиток дорожньої мережі, сьогодні деякі автомобільні дороги працюють в режимі перевантаження в великих містах і на підходах до них;

5) основні фонди всіх видів транспорту оновлюються повільно; це тягне за собою зниження рівня безпеки транспортного процесу, в першу чергу дорожного руху, зростання транспортних витрат і може стати причиною виникнення нестачі провізних і пропускних спроможностей окремих елементів транспортних систем міст;

6) виникає ряд негативних наслідків транспортної діяльності, крім підвищення аварійності має місце і забруднення навколишнього середовища;

7) виникають при цьому фінансові втрати в економіці від перевантаження транспортних комунікацій, що ускладнює подальший розвиток суспільства.

Для оптимізації взаємодії у транспортних вузлах і підвищення якості обслуговування пасажирів необхідно знати закономірності зміни пасажиропотоків у вузлі, їх зародження-погашення та перерозподіл між видами транспорту (рис. 2.5.).

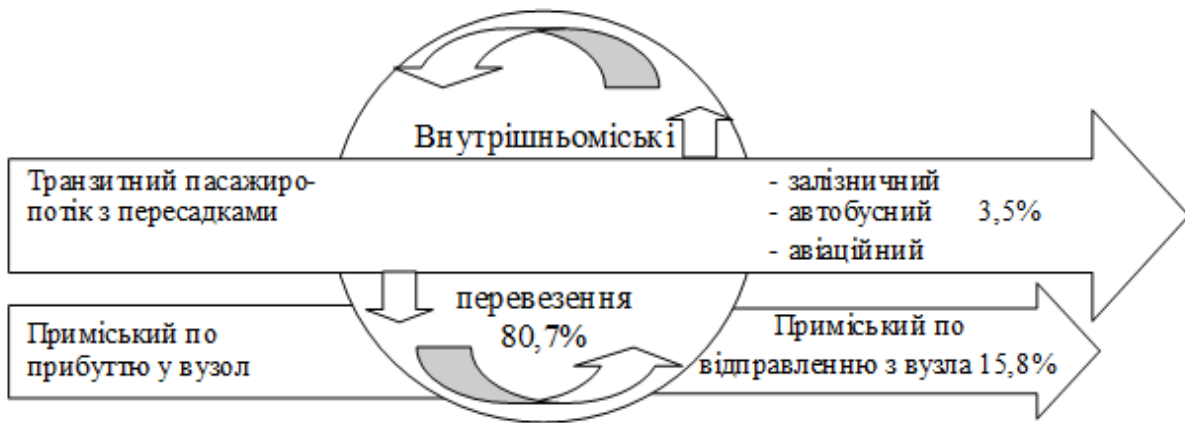


Рисунок 2.5 – Схема руху пасажиропотоку у транспортному вузлі

Проблема транспорту в цілому і окремі її аспекти створюють загрозу обмеження економічного зростання і реалізації соціальних програм розвитку нашої країни.

2.2 Проблеми взаємодії пасажирських видів транспорту у великих транспортних вузлах

Задача забезпечити високоефективне використання засобів транспорту набуває все більшої актуальності у зв'язку з необхідністю підвищення конкурентоспроможності пасажирських перевезень. Це нерозривно пов'язано із забезпеченням зацікавленості пасажирів в послугах залізничного транспорту. Тут, безумовно, стане у нагоді ефективна взаємодія видів транспорту у великих містах та прогнозування пасажирських потоків. Питання взаємодії міського та приміського сполучення мають особливе значення в сучасних умовах, через високий рівень конкуренції, та через виникнення приватних компаній перевізників.

Для реалізації адекватного прогнозу пасажиропотоку у вузлі транспортної мережі, потрібно детально розглянути проблеми взаємодії видів транспорту при обслуговуванні пасажирів у вузлах, визначити фактори, що впливають на обсяги перевезень, на ефективність функціонування логістичної системи «міський пасажирський транспорт – міська електричка»,

та фактори впливу на попит користування пасажирськими перевезеннями та транспортну рухливість населення (рис. 2.6).

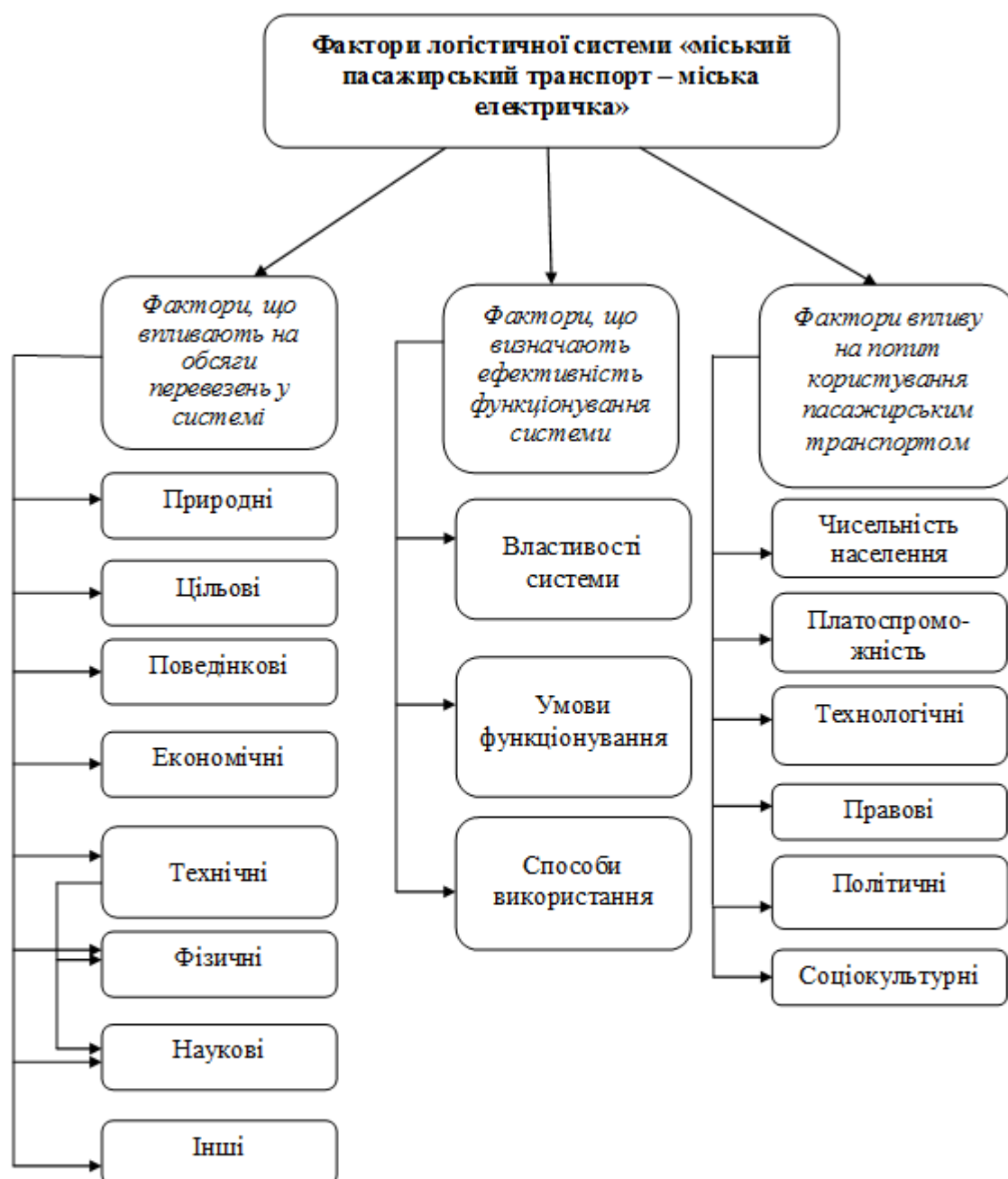


Рисунок 2.6 – Фактори логістичної ланки «міський пасажирський транспорт – міська електричка»

Інформованість про фактори, що впливають на обсяги перевезень системи, яка розглядається, поділяється на визначену та невизначену [50].

Інформованість про фактори, мають визначену та невизначену сторону та розглядаються в деяких дослідженнях [2], дані фактори впливають і на обсяги пасажирських перевезень ланки системи перевезення. Більш детальним чином фактори невизначеності представлені у вигляді табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика невизначеності факторів у ланці системи
МПТ – ME

Види факторів	Невизначеність факторів
Природні	Недостатність вивченості природних явищ (сезонні прояви): дощ, сніг, сильний вітер, хурделиці, ожеледиця та ін.
Цільові	Невизначеність у виборі виду транспорту для поїздки в умовах випадкового прибуття різних видів транспорту Нечітке формулювання вимог до рівня транспортного обслуговування
Поведінкові	Непередбачуваність дій пасажирів Недостовірність інформації, що надається Форс-мажор
Економічні	Неоднозначність соціально-економічного рівня життя населення, що пов'язане зі зміною економічного розвитку держави Невизначеність цінової політики
Технічні	Недостатнє технічне оснащення конкретного виду транспорту
Фізичні	Випадковий характер поїздки, Неточний характер поїздки, Неточний маршрут слідування (за видами обраного транспорту, за маршрутом слідування)
Наукові	Недостатнє вивчення проблем розвитку транспорту з точки зору прикладної науки
Інші	Регулярність руху конкретного виду транспорту Безпека руху Особисте відношення до даного виду транспорту

Серед основних проблем при взаємодії логістичної ланки МПТ та МЕ в обслуговуванні пасажирів, можна назвати такі: труднощі при переході пасажирів з одного виду транспорту на інший; некоректність передачі інформації для користувачів; схеми розміщення залізничних та міських пасажирських засобів та їх просторове поєднання; проблеми при оформленні документів.

Таким чином, названі фактори здійснюють комплексний вплив на функціонування логістичної ланки МПТ – МЕ, який можна описати таким чином:

$$A_{LS} = \{\alpha_{\text{пас}}, I, N, \{q_i\}, \{t_k\}, \{f_p\}, \{d_c\}\}, \quad (2.1)$$

де $\alpha_{\text{пас}} = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots \alpha_n\}$ – пасажиропотоки, у транспортних вузлах мегаполісів; $I = \{i_1, i_2, i_3 \dots i_j\}$ – стохастичний характер відправлення і прибуття пасажирського транспорту; $N = \{n_1, n_2, n_3 \dots n_m\}$ – кількість операцій, пов'язаних з посадкою та висадкою пасажирів; $\{q_i\}$ – перелік різноманітних сезонних проявів; $\{t_k\}$ – неінформованість про дії пасажирів; $\{f_p\}$ – кількість невизначених факторів, пов'язаних з нечіткістю цілей й обмежень системи доставки пасажирів; $\{d_c\}$ – додаткові умови.

Логістичну систему характеризують внутрішні та зовнішні фактори. Зовнішні фактори відображають вплив зовнішнього середовища, сприяють успішному проведенню операцій або протидіють успіху їх виконанню (економічні, природно-географічні, технологічні фактори). Внутрішні фактори відображають взаємовплив різноманітних процесів всередині системи на просування потоку (експлуатаційні – розподілення задач і ресурсів між ланками логістичної системи).

Досвід розвитку нашого суспільства вказує на необхідність системної роботи з удосконалення функціонування логістичної ланки МПТ – МЕ, тому, що у великих транспортних вузлах накопичилось дуже багато проблем з обслуговування пасажирів.

Аналізуючи фактори зовнішнього середовища, що впливають на логістичну ланку МПТ – МЕ, встановлено, що основними є наступні: політичні – державна транспортна політика, транспортне законодавство, законодавство про охорону навколишнього середовища; соціокультурні – демографічні зміни, зміна рівня життя населення, рівень освіченості, зміна смаків та переваг населення; технологічні – нові технології в виробництві транспортних засобів, зміна комунікаційних технологій та ін. Всі вище перелічені фактори мають вплив на переміщення людей територією міста та викликані необхідністю задоволення певних потреб і зумовлюються необхідністю поїздок людей на роботу і додому з роботи, до місць навчання, та назад до місць проживання [1].

Такі поїздки здійснюються частіше, проте люди їздять також до санаторіїв і баз відпочинку, відвідують культурні центри та ін. Отже, кількість поїздок (обсяги перевезень) людей прямо залежить від необхідності у задоволенні різних потреб населення з використанням пасажирського транспорту [1].

Фактори, які впливають на попит користування залізничним та міським транспортом, мають велике значення та підлягають ретельному аналізу для підвищення якості обслуговування пасажирів і реалізації конкретних пропозицій щодо його покращення [3] (табл. 2.2).

Зазначені фактори з табл. 2.5 впливають на транспортну рухливість комплексно, взаємодіючи один з одним. Наприклад, зростання добробуту людей сприяє розвитку і розширенню санаторно-курортної мережі, туризму. Збільшення населення в певних регіонах спонукає до розвитку в них транспортної мережі.

Подальший розвиток економіки, підвищення матеріального і культурного рівня людей, розвиток транспортної мережі, особливо залізничного та міського транспорту, буде спричиняти суттєве збільшення транспортної рухливості в державі у найближчі роки.

Таблиця 2.2 – Вплив факторів на попит населення
пасажирських перевезень

Характер зміни попиту	Характеристика факторів
Підвищення попиту на транспортну рухливість	<p>Збільшення чисельності та міграції населення</p> <p>Зростання добробуту і культурного рівня населення</p> <p>Розвиток курортної сфери і туризму</p> <p>Створення міст-супутників, нових житлових масивів, приміських <u>котеджних</u> селищ, дачне будівництво</p> <p>Розвиток транспортної інфраструктури</p> <p>Зміна рівня тарифів і введення додаткових пільг і послуг пасажирам</p> <p>Час перебування в русі, який задовольняє потреби</p>
Погіршення попиту на транспортну рухливість	<p>Наближеність місця проживання громадян до місця їх праці</p> <p>Повсюдне покращення організації торгівлі й обслуговування населення</p> <p>Оптимальне розміщення виробництва і місць відпочинку, зростання кількості особистих автомобілів</p>
Шляхи підвищення попиту	<p>Налагодження обліку пасажирів, які мають право на безкоштовний проїзд</p> <p>Виявлення незадовільного попиту на транспортні послуги</p> <p>Визначення густоти пасажиропотоку за напрямками на різних видах транспорту</p> <p>Підвищення якості обслуговування в касах, на вокзалах і під час слідування</p> <p>Підвищення комфорту та безпеки поїздки</p> <p>Розташування зупинок транспорту ближче до пункту відправлення або до місця прибуття</p> <p>Справні пасажирські транспортні засоби, які відповідають дорожнім умовам та обсягам перевезень,</p> <p>Висока кваліфікація і дисциплінованість водіїв та всього обслуговуючого персоналу</p> <p>Справні дороги з необхідними пристроями</p> <p>Раціональна організація руху з наданням необхідного пріоритету громадському маршрутному транспорту</p>

Ефективність функціонування логістичної системи «міський пасажирський транспорт – міська електричка» визначається факторами, різними за своєю природою та характеризують способи використання системи, якість та умови функціонування (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Фактори, що визначають ефективність функціонування логістичної ланки МПТ – МЕ

Фактори	Характеристика
Властивості системи	Стійкість роботи елементів системи доставки пасажирів, при мінливих умовах: природні умови, дії конкурентів, вимоги пасажирів. Способи адаптації до мінливих цілей функціонування системи
Умови функціонування	Наявність і характер обмежень на процес функціонування (технічні обмеження по пропускній спроможності станцій та мережі міста). Стан та можливості інфраструктури (технічна готовність об'єктів транспорту обслуговувати пасажиропотоки). Зв'язок, інформаційна система (необхідність отримання своєчасної та достовірної інформації про пасажирів). Природно-кліматичні умови (температура повітря, опади, ожеледиця, сильний вітер). Наявність факторів, що відображають дії конкурентів, умови пасажирів, що змінюються.
Способи використання	Просторово-часова послідовність виконання робіт і дій. Способи зв'язку й взаємодії елементів системи (інформаційне забезпечення на основі телефонної та супутникового зв'язку, інформаційно-автоматизованої системи)

У містах-мільйонниках та великих обласних містах вже багато років впроваджується в систему міського пасажирського транспорту швидкісний вид наземного транспорту (трамвай, кільцева електричка). У таких випадках можуть бути різні системи взаємодії звичайного міського транспорту (автобус, тролейбус) із швидкісним залежно від функціонального призначення кожного з них [40; 176]:

– завдяки використанню узгоджених графіків руху транспортних засобів звичайний міський транспорт продовжує перевезення пасажирів, прийнятих від швидкісного;

- завдяки використанню узгоджених графіків руху транспортних засобів і раціоналізації розміщення зупиночних пунктів у місті звичайний міський транспорт підвозить пасажирів до маршрутів швидкісного транспорту, який функціонує на напрямках з великими пасажиропотоками;
- звичайний міський і швидкісний транспорт функціонують на паралельних, раціональних для кожного з них маршрутах, обслуговують пасажиропотоки зі значною просторовою нерівномірністю;
- завдяки оптимізації кількості, розміщення та структури станцій пересадки, узгодженості пропускних спроможностей взаємодіючих елементів і графіків руху транспортних засобів швидкісний транспорт продовжує приміські перевезення.

Між названими характеристиками процесу перевезення існує складна залежність, спостерігається неузгодженість в розвитку залізниці і міського транспорту. У великих містах, як правило, має місце недостатній розвиток пасажирських станцій, а у дуже великих – привокзальних площ. Врахування визначених факторів та систем взаємодії видів транспорту у комплексі, на практиці, дадуть змогу більш обґрунтовано визначити шляхи удосконалення організації роботи міського пасажирського транспорту і раціональної його взаємодії з приміськими залізничними перевезеннями.

Вирішення даних проблем можна вирішити в обґрунтуваннях раціональних рішень з врахуванням реальних закономірностей змін потоків пасажирів у часі та просторі. Тому важливим є вивчення і врахування в розрахунках найважливіших, постійно діючих факторів, які впливають на обсяги пасажирських перевезень, що складно здійснити в сучасних умовах. Особливо ця робота ускладнюється через те, що інформованість про фактори крім визначеної має ще невизначену сторону.

Не врахування невизначеності будь-якого фактору може призвести до суттєвого порушення функціонування ланки МПТ – МЕ у великих транспортних вузлах. Тому розкрита сторона невизначеності факторів дасть

зможу більш точно врахувати їх вплив на систему перевезення пасажирів і суттєво підвищити її якість.

Як відзначено у [176], що нині система МПТ забезпечує щодобове перевезення 70% працездатного населення міста, а також дітей, пенсіонерів, інвалідів та ін. Приріст інтенсивності руху транспорту, надмірне насичення стихійними об'єктами торгівлі, несанкціоноване паркування автотранспорту на вулицях міста приводить до незадовільних умов обслуговування пасажирів міського транспорту, особливо в містах пересадки з міського транспорту загального користування на метрополітен і інші види позавуличного транспорту (в тому числі на МЕ). У зв'язку з цим виникає необхідність вирішення питань організації руху транспорту на пішоходів для поліпшення умов транспортного обслуговування населення міст, особливо в місцях їх пересадки з МПТ на інший.

Пасажирський пересадочний пункт (ППП) – це вузловий елемент планувальної структури міста транспортно-громадського значення, в якому відбувається пересадка пасажирів між різними видами пасажирського транспорту міста та зовнішнього транспорту чи між різноманітними лініями одного виду транспорту, а також супутнє обслуговування пасажирів об'єктами соціальної інфраструктури [176].

В залежності від кількості видів транспорту, їх завантаження, ролі та місця знаходження транспортно-пересадочних пунктів вони поділяються на класи, види, рівні. Класифікація пасажирських пересадочних пунктів наведена у табл. 2.4. ППП можуть включати дві функціональні зони: транспортну, з розташованими на ній пристроями посадки, висадки, пересадки, ув'язану із системою автозупинок пішохідними шляхами; громадську, з об'єктами обслуговування, офісами, закладами управління зв'язку, які розміщені поблизу ППП. Зупинові пункти наземного транспорту ППП необхідно розташовувати виходячи з мінімальної довжини пішохідних зв'язків й мінімальної кількості пересічень пішоходами проїжджої частини вулиці [176].

Таблиця 2.4 – Класифікація пасажирських пересадочних пунктів

№ п/п	Можливі види пересадки у вузлі	Роль пункту в системі транспортного обслуговування міста	Розташування пункту відносно магістральної ВДМ
1.	Пересадка з приміської залізниці на швидкісний транспорт та інші види МПТ	Пункти, що забезпечують міжміське та міжнародне сполучення	Пункти, що розташовані на магістральній ВДМ загальноміського значення
2.	Пересадка з приміських автобусів на швидкісний транспорт та інші види МПТ	Пункти, що забезпечують міжміське та <u>внутрішньоміське</u> сполучення	Пункти, що розташовані на магістральній та другорядній транспортній лінії ВДМ
3.	Пересадка зі швидкісного транспорту на види МПТ	Пункти, що забезпечують міжрайонне, державне і <u>внутрішньоміське</u> транспортне обслуговування	Пункти, що розташовані на магістральній мережі районного значення на місцевій ВДМ
4.	Пересадка з авіаційного транспорту на залізницю й приміські автобуси	ППП, які забезпечують міжнародне та міжрайонне сполучення в Україні	Пункти, які розміщені в місцях перетину магістральних шляхів транспортної мережі міста
5.	Пересадка з міської електрички на види МПТ	Пункти, які забезпечують міжрайонне, державне і <u>внутрішньоміське</u> транспортне обслуговування	Пункти, які розміщені на перетині залізничного «кільця», метро та маршрутів МПТ

Пасажирські пересадочні пункти повинні відповідати наступним вимогам [176]:

- передбачувати необхідний склад транспортних і інженерних споруджень;
- враховувати архітектурно-композиційний характер;
- враховувати природно-кліматичні особливості району будівництва, природний ландшафт, характер озеленення, рельєф, а також гідрогеологічні фактори;
- забезпечувати вимоги охорони оточуючого середовища та виконання нормованого рівня шуму та вібрації;

- створювати комфортні умови для інвалідів та людей похилого віку на території ППП й об'єктах обслуговування шляхом зручної і прогресивної організації пішохідних шляхів, оптимального обслуговування, впорядкованого пересування й посадки в транспортний засіб із застосуванням спеціальних передбачених для цього пристроїв і пристосувань;

- максимальне розмежування транспортних і пішохідних потоків по головним і відносно другорядним напрямкам;

- безперешкодний під'їзд до ППП й зупинок громадського спеціального (пошта, багаж) й індивідуального транспорту;

- пішохідну доступність до ППП з врахуванням вимог мало мобільної групи населення (інваліди, люди похилого віку, пасажирів з дітьми)

- економію й раціональне використання міської території.

Доцільно суміщення зупинкових пунктів однонаправлених маршрутів різних типів транспорту. В пересадочних пунктах між швидкісним транспортом і наземним розрахунковий час пересадки з одного виду транспорту на інший не повинно перевищувати 7 хв., не враховуючи час на очікування [176].

На привокзальних площах виділити місця, що призначені для посадки й висадки пасажирів, зупинки для короткочасного та довгочасного зберігання (відстою) засобів громадського, спеціального, вантажного і індивідуального транспорту, ізольованого від колії руху транзитного транспорту. В ППП необхідно передбачати використання підземного простору для розміщення транспортних споруджень, площадок для зупинок автомобілів в поєднанні з наземними спорудами відповідно до будівельних норм та правил [176].

Прикладом комплексного ППП, який задовольняє основним вимогам є пересадочний пункт Берліна та в Шарль де Голь, де чітко представлені всі комбінації пасажиропотоків, а також транспортних шляхів перетину. Виходячи з прикладів світової практики та теоретичних праць по структуризації ППП, можна зробити висновок, що структура транспортних

вузлів, основа та механізм транспортно-пасажирської взаємодії націлені на головну функцію – пересадки та пересування [176].

2.3 Особливості формування попиту на пасажирські перевезення під впливом різноманітних факторів

Аналіз і прогноз пасажирських перевезень є важливим питанням стратегічного управління перевезеннями. Проведення аналізу впливу політико-правових, економічних, соціальних, технологічних, технічних факторів необхідних для визначення перспективних параметрів пасажирського транспорту загального користування. Обсяги перевезень пасажирів постійно змінюються, тому складно достовірно прогнозувати транспортні потоки для ефективної організації пасажирських перевезень, тому в сучасних умовах прогнозування пасажиропотоку складає вагомe значення для ефективної організації роботи транспорту, використання рухомого складу, вдосконалення технології роботи і технічного оснащення транспортних систем і забезпечення високоякісного обслуговування пасажирів.

Розвиток залізничного транспорту неможливий без розробки прогнозів. Поточні і перспективні програми розвитку будь-яких транспортних систем можуть бути реалізованими на практиці тільки за умови прогнозування розвитку всіх її підсистем. Для цього в умовах конкуренції в суспільстві задача підвищення обґрунтованості прогнозів соціально – економічних процесів у державі і на їх підставі науково – технічного прогресу на транспорті набуває особливої актуальності.

Попит на пасажирські перевезення визначаються кількістю пасажирів, які бажають зробити поїздку будь – яким видом транспорту. Потреби людей в переміщенні, як правило, важко передбачувати, тому планування, а саме прогнозування пасажирських перевезень є однією із складних робіт на транспорті.

В роботі використовується метод розрахунку обсягу пасажироперевезень при впливі різних факторів та наявності тісного кореляційного зв'язку між характеристиками транспортної мережі й імовірнісною поведінкою потенційних пасажирів при виборі виду транспорту й прийнятті інших транспортних рішень [52].

Розраховані величини коефіцієнтів кореляції показують ступінь тісноти зв'язку між аналізованими показниками, що дає право прийняти ефективну модель прогнозу. Перевезення пасажирів залізничним транспортом та розташування галузей матеріального виробництва взаємопов'язані, виявляються вони в співвідношеннях обсягів перевезених пасажирів до виробництва продукції.

Валовий внутрішній продукт (ВВП) є найважливішим макроекономічним показником оцінки функціонування економіки держави, так як ВВП виражає сукупний продукт держави в ціновому виразі та оцінює її економічні результати. Динаміка кількісних показників роботи залізниць залежить від характеру економічних процесів і тенденцій змін ВВП [21; 43].

Існує світова практика: при розробці різноманітних програм розвитку і основ грошово-кредитної політики, доходів і витрат приймаються за основу темпи зміни ВВП, тому що саме вони дають повне уявлення про тенденції та напрямки економічного розвитку суспільства в цілому [44].

Залежно від наявних даних прогнози пасажироперевезень виконують по двох схемах [53]: на підставі закономірностей, встановлених у натурних обстеженнях переміщень населення; на підставі побудови логічних, відповідних до наявних умов, теоретичних моделей пасажироперевезень.

У першому випадку знаходять кореляційні співвідношення між пасажироперевезеннями й визначальними факторами, які узгоджують із прогнозами зміни цих факторів у розглянутій перспективі. У другому випадку вважають, що переміщення населення незалежно від історичного часу й підкоряються схемі, закладеній в моделі. Порівнюючи ці два напрямки, можна відзначити, що натурні обстеження переміщень населення

вимагають великих трудових витрат, проте дають найбільш достовірні відомості на момент їх обстеження.

Для розв'язку завдань поточного планування й регулювання пасажирських перевезень вони незамінні, але для прогнозування їх розвитку, тим більше довгострокового, можуть бути недостатні, оскільки дають тільки відображення існуючого стану. Разом з тим, систематичні спеціальні натурні обстеження розкривають причинно-наслідкові зв'язки перевезень пасажирів з визначальними їх чинниками і очікуваними напрямками розвитку в найближчій перспективі. При аналізі впливу економічних факторів зовнішнього середовища на функціонування транспорту загального користування, було використано метод парної лінійної кореляції.

З табл. 2.5 видно, що на залізничний транспорт найбільший вплив чинить фактор чисельності населення (тісний прямий зв'язок 0,888), тому для визначення перспектив розвитку пасажирського транспорту важливо вивчати демографічний стан нашого суспільства.

Таблиця 2.5 – Аналіз зв'язку між факторами зовнішнього середовища та обсягами перевезених пасажирів за видами транспорту в Україні

Види транспорту	Коефіцієнт кореляції						
	Рівень інфляції	Наявний доход на одну особу	Чисельність населення	С/Г	ПВ	ВВП	Б
Транспорт (загалом)	0,312	-0,272	0,528	-0,119	0,333	-0,128	0,934
Залізничний	0,159	-0,570	0,888	-0,738	-0,377	-0,804	0,107
Автомобільний	0,295	0,450	0,250	0,021	0,489	0,724	0,945
Трамвайний	0,226	-0,637	0,644	-0,387	-0,118	-0,751	0,537
Тролейбусний	0,183	-0,649	0,645	-0,474	-0,295	-0,793	0,313
Метрополітен	-0,233	-0,229	-0,765	0,903	0,582	0,419	-0,051
Водний	0,299	-0,177	0,494	-0,192	0,240	0,253	0,898
Авіаційний	-0,105	0,443	-0,240	0,811	0,555	0,973	0,944

Кількість населення суттєво впливає на визначення напрямів удосконалення сфери транспортних послуг. За період ринкових перетворень відбулися суттєві зрушення в демографічній ситуації, в цілому вона не поліпшується.

По мережі залізниць витрати на одного приміського пасажира перебільшують доходи на 21 % (рис. 2.7), а по залізницях перебільшення коливається в межах від 9,02 % (Придніпровська залізниця) до 37 % (Львівська залізниця), по Донецькій залізниці з 2014 р. точні дані відсутні.

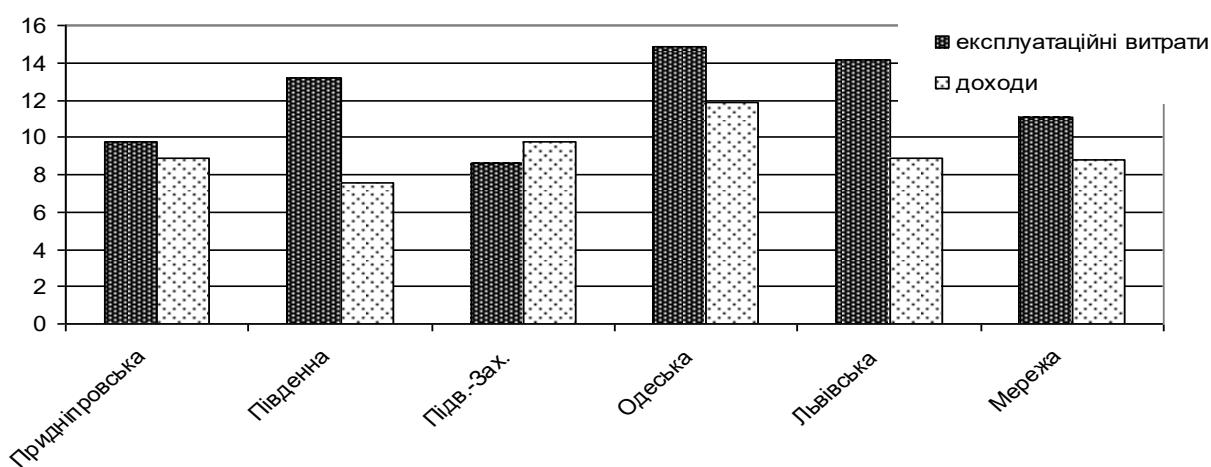


Рисунок 2.7 – Експлуатаційні витрати в приміському сполученні та доходи на 1 пасажира, грн./чол. у 2017 р.

В найвигіднішому положенні знаходиться Південно-Західна залізниця, на якій доходи, що припадають на одного приміського пасажира, перевищують витрати на 12,04 %. Найбільш збитковими перевезення у приміському сполученні на Південній, Одеській та Львівській залізницях, це можна побачити, а саме по Придніпровській залізниці збитків більше на 9%, по Південній на 43%, Одеській залізниці більше 20%, Львівській 37%, а загалом по мережі ця цифра становить 21%.

Питома вага видів транспорту у приміському сполученні у 2017 році наведена на рис. 2.8.

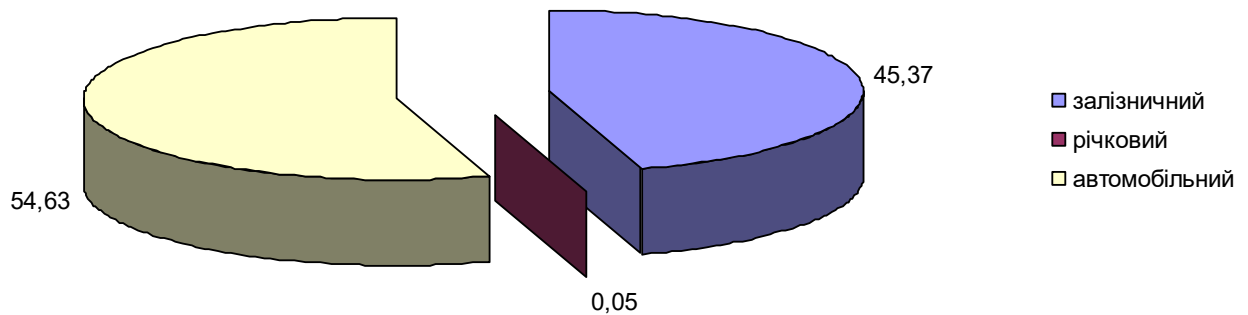


Рисунок 2.8 – Питома вага видів транспорту у приміському сполученні

У приміському сполученні відбувається запекла боротьба між залізничним та автомобільним видами транспорту за пасажирів. У 2017 році на залізничний вид транспорту припадало 45,37% перевезених пасажирів, тоді як автомобільним видом транспорту перевозилося 54,63% пасажирів.

2.4 Висновки за розділом 2

1. Для покращення взаємодії у транспортних вузлах і підвищення якості обслуговування пасажирів виникає необхідність визначити закономірності формування пасажиропотоків у вузлі, їх зародження-погашення та перерозподіл між видами транспорту, для чого розроблена схема руху пасажиропотоку у транспортному вузлі.

2. Систематизовані фактори ланки «міський пасажирський транспорт – міська електричка», які розподілені на фактори впливу та визначення ефективності функціонування системи. Встановлені проблеми взаємодії видів транспорту при обслуговуванні пасажирів у великих транспортних вузлах.

3. Визначені проблеми взаємодії видів транспорту при обслуговуванні пасажирів у великих транспортних вузлах, перш за все це стосується затримок в оформленні проїзних документів, забезпеченні переходу пасажирів з одного виду транспорту на інший, а також інформуванні пасажирів щодо руху транспортних одиниць; розміщення залізничних та міських пасажирських засобів та їх просторове поєднання.

4. Досліджено вплив факторів на попит населення пасажирських перевезень, що дозволило перейти до систематизації проблеми функціонування логістичної ланки «міський пасажирський транспорт – міська електричка» на основі властивостей системи, її умов функціонування та способів використання.

5. Удосконалено класифікацію пасажирських пересадочних пунктів за можливістю видів пересадки, роллю пункту в системі транспортного обслуговування міста, розташуванням пункту відносно магістральної вулично-дорожньої мережі, а також систематизовано вимоги, яким мають задовольняти ці пункти, що дозволило стверджувати, що ключові аспекти їх роботи опрацьовані в обсязі головної функції – пересадки та пересування.

6. Визначені особливості формування попиту на пасажирські перевезення під впливом різноманітних факторів, зокрема здійснений аналіз щільності зв'язку між факторами зовнішнього середовища та обсягами перевезених пасажирів за видами транспорту в Україні дозволив стверджувати, що на залізничні перевезення найбільший вплив чинить фактор чисельності населення.

РОЗДІЛ ІІІ

МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

3.1 Характеристики складових пасажирських транспортних систем великих вузлів України

Через велику складність ТС важко піддаються розрахункам для визначення їх перспективних параметрів. Але транспортна наука і практика накопичила протягом минулого часу певний досвід використання тих чи інших методологічних підходів і моделей для здійснення відповідних розрахунків.

Як приклад, слід зазначити, що складні транспортні вузли, де сконцентрована лєвова частина роботи ТС з перерозподілу пасажирських потоків за напрямками і маршрутами, розглядали як системи масового обслуговування (СМО). Насправді, це не досить точний розгляд транспортних вузлів (ТВ) через те, що у вузлах значну роль відіграє управління, яке практично не враховується в СМО. Тому складні структури ТВ слід досліджувати з використанням системного підходу.

Системний підхід передбачає розгляд такого складного об'єкта, як транспортний вузол, як органічно цілого. В такому випадку на вихідні параметри ТВ впливає також взаємодія його елементів і підсистем, а також їх структури і технології. Особливо слід виділити взаємодію потоків пасажирів і технологічної структури. Ці аспекти, практично, не піддаються формальному опису, тому при оцінці ефективності інвестицій в розвиток ТВ, а особливо в підвищення якості обслуговування в ТВ пасажирів, слід реалізовувати системний підхід з використанням сучасних методів розробки адекватних математичних моделей, простих у використанні.

Історично проблема розвитку транспортних вузлів тісно пов'язана з початком розбудови залізничної інфраструктури і появі в структурі мережі пунктів перетину, злиття, розгалуження декількох ліній та видів транспорту.

Виникає питання: чи не втратили транспортні вузли в суспільстві своєї ваги в результаті переходу держави від планової до ринкової економіки?

Слід підкреслити, що структурна реформа на транспорті спрямована на підвищення якості транспортного обслуговування клієнтури в самому широкому його розумінні: за обсягами і тривалості перевезення пасажирів, регулярності і вартості їх, дотримання вимог безпеки. Тому необхідно нашій транспортній системі, важливою складовою якої є транспортні вузли, забезпечувати високу швидкість доставки пасажирів з повноцінним і ефективним використанням постійних засобів і рухомого складу та безумовного задоволення зростаючого попиту наших користувачів щодо забезпечення високої якості транспортного обслуговування.

Виходячи з цього, комплексний системний підхід до удосконалення функціонування транспортних вузлів великих міст надають можливість визначити реальні і економічно обґрунтовані шляхи підвищення ефективності виконання транспортних операцій з пасажирами і досягнення залізницями високого рейтингу серед інших видів транспорту в державі і на міжнародному рівні.

Отже, характеру задач щодо удосконалення системи обслуговування пасажирів у транспортних вузлах найбільш повно відповідає системний аналіз. Тому при їх дослідженні слід опиратися на наступні принципи [169]:

- розвиток транспортних вузлів здійснюється в складі єдиної транспортної системи з врахуванням стану та перспектив національної економіки;
- розвиток транспортних вузлів встановлюють вимоги економічного, соціального, політичного та оборонного характеру;
- в транспортних вузлах технологічно взаємодіють дві основні підсистеми: потоки рухомого складу і постійні засоби;
- кількісно оцінюються можливості транспортних вузлів за допомогою показників провізної, пропускну, перероблювальної

спроможності, на які впливає стан і система експлуатації технічних засобів і рівень організації роботи;

- послідовність удосконалення організації транспортних вузлів закономірна в поетапному проведенні формування в їх складі нових структур і впровадження сучасних технологій;

- важливими рисам транспортних вузлів при їх удосконаленні є виникнення нових якостей і властивостей, відмінних від минулих.

В транспортному вузлі здійснюються перетворення вхідних потоків пасажирів у вихідні, для чого використовується його інфраструктура. Він представляє собою термінал із складною структурою різних видів транспорту для переробки і згладжування нерівномірності пасажирських потоків. З метою визначення можливостей підсистем і елементів транспортного вузла визначається їх перероблювання та пропускна спроможності.

Крім того, робота всіх складових елементів регламентується науково обґрунтованими технологічними процесами. Структура транспортного вузла передбачає не лише просторове розміщення його елементів, а і виконання ними конкретних функцій.

Отже, роль конкретних елементів визначається схемою і технологією. Тому технологію необхідно розробляти і реалізовувати на конкретну схему, забезпечуючи організоване проходження потоків по структурі вузла з дотриманням технологічних нормативів (рис. 3.1).

Ефективність транспортного вузла залежить від рівня взаємодії структури і його технології з потоками пасажирів. Для цього важливо побудувати раціональну структуру вузла і забезпечити налаштування на неї технологію.

Раціональна структура транспортного вузла забезпечує необхідну пропускну спроможність і ємність його елементів, при найменших витратах в роботі. Розбудова раціональної структури вузла передбачає розгалужену мережу його елементів для пропуску потоків, а також можливість згладжування нерівномірності вхідного і вихідного потоків. При цьому

важливо враховувати взаємодію елементів, підсистем і функції управління та відображати взаємозв'язок і вплив параметрів структури вузла.



Рисунок 3.1 – Структурна схема транспортного пасажирського вузла великого міста

Пропуск і трансформація потоків повинні здійснюватися з мінімальними втратами, а вузол мав можливість адаптуватися до змін в мінливих експлуатаційних умовах, для чого необхідні обґрунтовані резерви для забезпечення високого ступеня стійкості і технологічної гнучкості.

Отже, транспортний вузол представляє собою складну організаційну систему із складними залежностями між його підсистемами і елементами. Його технологічні параметри (пропускна, провізна і перероблювальна спроможність та ін.) визначаються не лише параметрами його окремих елементів, а й якістю його структури, технологією роботи і системою управління.

Важливу роль відіграє в його роботі якість управління, яке забезпечує гнучкість, управляємість технології, що реалізується, а в результаті управлінських дій – високий результат функціонування в цілому вузла. Управління створює факт наявності резервів, що спричиняє економію.

У транспортному вузлі великого міста важливим елементом, де здійснюється перетин транспортних маршрутів різних видів міського пасажирського транспорту і розподіл між ними пасажиропотоків (пересадки пасажирів) є пасажирські пересадочні пункти (ППП). Від рівня взаємодії видів МПТ в ППП залежить тривалість поїздки кожного пасажира. Схема взаємодії елементів великого транспортного пасажирського вузла наведена на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Схема взаємодії елементів великого транспортного пасажирського вузла

Виходячи із вивчення практики транспортного обслуговування пасажирів у великих містах та результатів проведених досліджень з раціоналізації роботи МПТ [9], складено блок-схему визначення показників функціонування видів МПТ з метою поліпшення якості обслуговування пасажирів через підвищення рівня взаємодії видів МПТ між собою, рис. 3.3.

Більш того, їхня взаємодія, перш за все, призведе до скорочення тривалості очікувань пасажирами транспортних засобів у місцях пересадки, а в результаті зросте швидкість сполучення V_c і зменшиться тривалість доставки пасажирів з місць проживання до місць призначення (роботи, навчання та ін.).

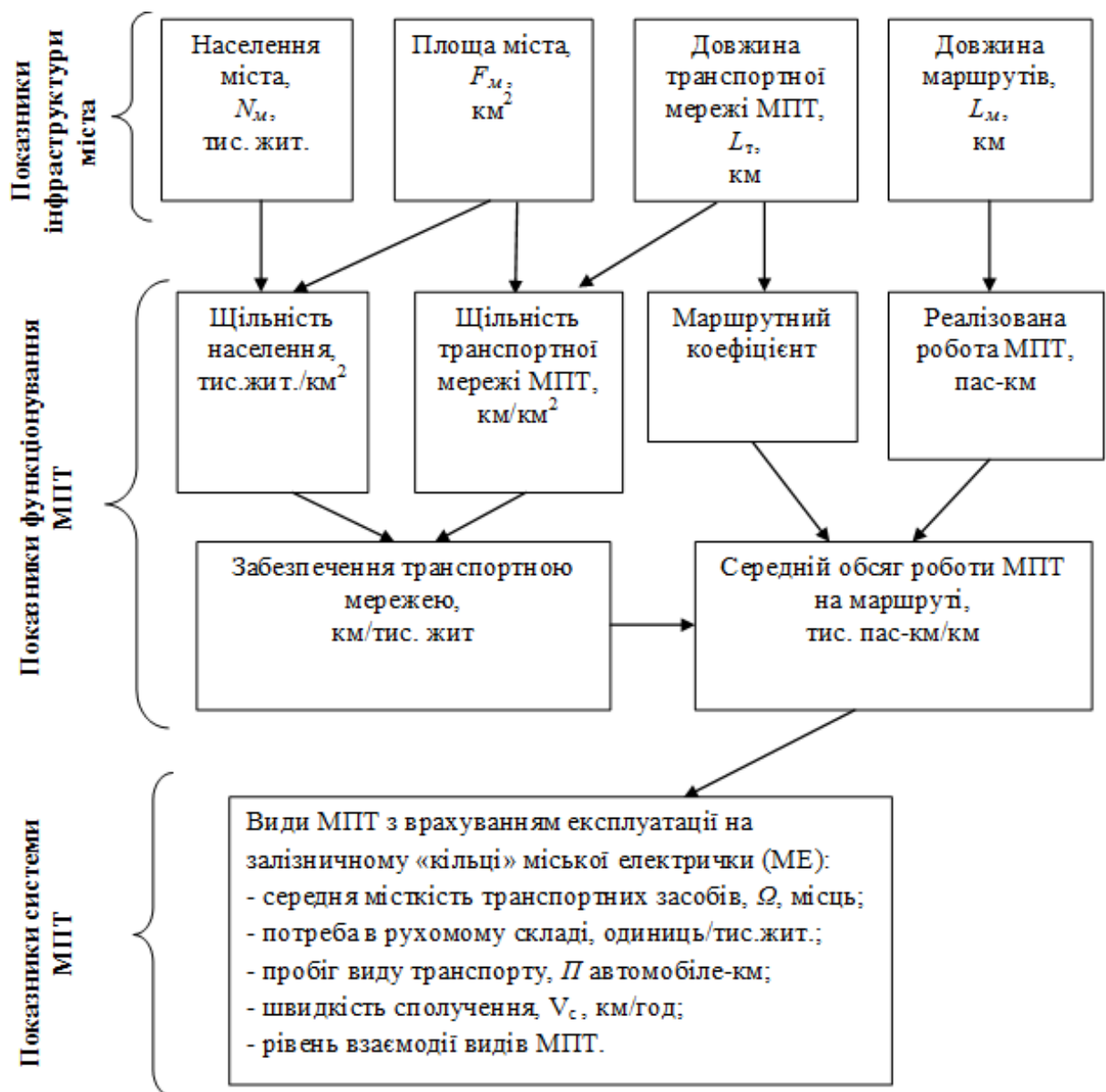


Рисунок 3.3 – Блок-схема визначення показників функціонування міських видів пасажирського транспорту у вузлі

Крім того, слід зауважити, що реалізація певних заходів по удосконаленню функціонування видів МПТ завдяки їх забезпечення їх взаємодії призведе до збільшення середньої місткості транспортних засобів, зменшення потреби в рухомому складі, зменшення пробігу транспорту, а в результаті – зменшаться приведені витрати на функціонування МПТ. Система ефективного використання засобів міського транспорту представлена на рис. 3.4 [9].

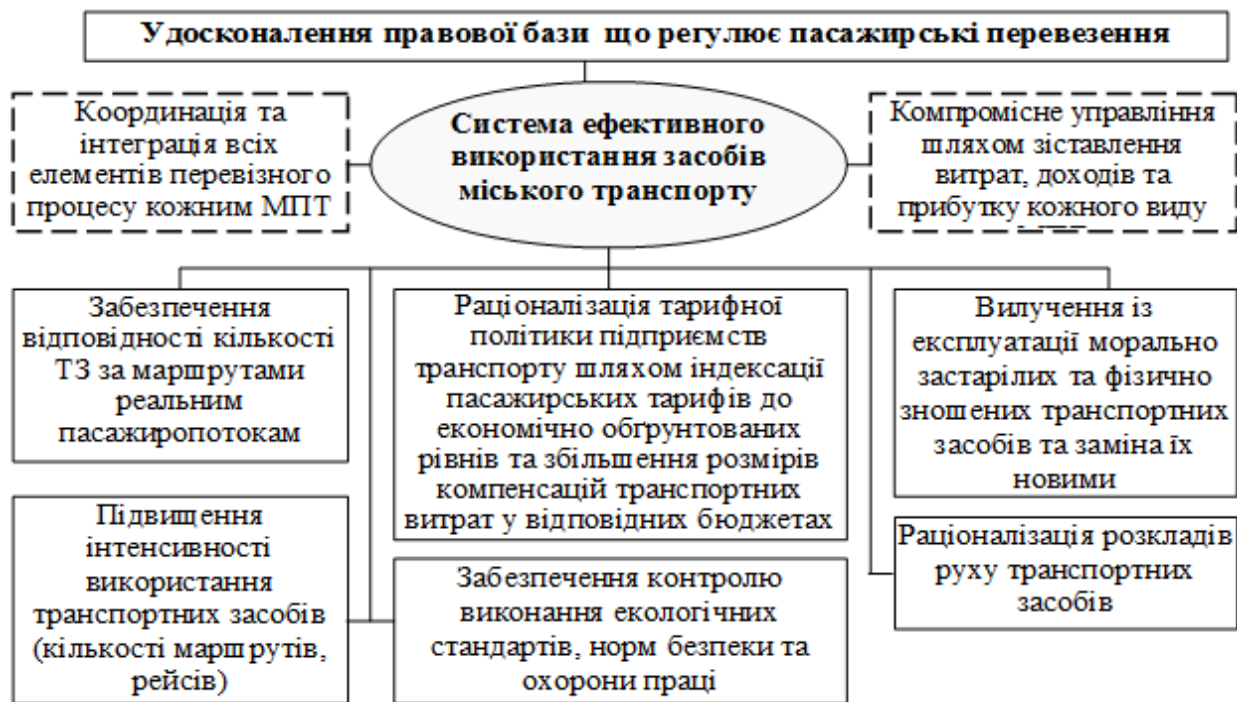


Рисунок 3.4 – Система ефективного використання засобів міського транспорту

3.2 Створення умов для ефективного використання засобів транспорту та якісного перевезення пасажирів з використанням теорії нечітких множин

Транспортна інфраструктура – одна з найважливіших складових забезпечення життєдіяльності міст та регіонів. В останнє десятиріччя у багатьох великих містах можливості екстенсивного розвитку транспортних мереж вичерпані чи близькі до цього. Тому особливу увагу набуває оптимальне планування транспортних мереж з метою покращення організації руху, ефективного використання засобів транспорту, забезпечення оптимальної системи, маршрутів громадського транспорту. Розв’язання таких задач неможливо без математичного моделювання транспортних мереж. Головна задача математичних моделей – визначення і прогноз всіх параметрів функціонування транспортної мережі, таких як інтенсивність руху на всіх елементах мережі, обсяг перевезень на мережі громадського транспорту, середньої швидкості руху транспортних одиниць, затримок та втрат часу [165].

Математичні моделі, прийняті для аналізу транспортних мереж, суттєво різноманітні по задачах, що вирішуються з урахуванням ступеня деталізації опису руху. Тому не передбачається можливим дати повну класифікацію цих моделей, покладаючись на функціональну їх роль, з метою вибору для розрахунків адекватних моделей. Для рішення таких задач моделі можна поділити на три основні класи: прогнозні, імітаційні, оптимізаційні.

Моделі прогнозу потоків та імітаційні моделі ставлять перед собою адекватне відтворення транспортних потоків. Існує значна кількість моделей, призначених для оптимізації функціонування транспортних мереж. В цьому класі моделей розв'язуються задачі оптимізації маршрутів пасажирських перевезень, створення оптимальної конфігурації транспортної мережі. Методи оптимізації транспортних мереж являють собою значну галузь досліджень, що виходить за межі даного огляду. Основи цього напрямку показані, наприклад, в роботах В. Н. Лившиця та П. А. Стенбринка [64, 65].

Дана робота спрямована на вирішення певної частини проблем щодо вдосконалення технологій процесу пасажирських перевезень. Вибір технологічних завдань суб'єктивний, і, перш за все, пов'язаний з виділенням нових наукових завдань, рішення яких може забезпечити вдосконалення управління процесом пасажирських перевезень, що підвищить ефективність роботи галузі. Одним із завдань, щодо вдосконалення технологій процесу перевезень є створення моделі (системи моделей) процесу перевезення пасажирів у великих вузлах. Найважливішими умовами сучасного етапу розвитку методів управління перевезеннями є підвищення наукоємності та комплексності завдань, що потребують вирішення. Структура системи моделей управління процесом перевезення залізничного транспорту є багаторівневою і може бути представлена в наступному вигляді:

- 1) інформаційно-аналітичне представлення процесу перевезення (моніторинг процесів функціонування пасажирського транспорту);
- 2) економічні, технолого-економічні моделі процесу перевезення;
- 3) математичне моделювання процесу перевезення пасажирів;
- 4) моделі для представлення соціально-економічних потреб населення в перевезеннях (оцінка ефективності залізничного транспорту).

Інформаційний рівень моделювання є найбільш трудомістким, він характеризує реалізацію можливості вирішення завдань на різних рівнях. В той же час моделі і методи верхніх рівнів (економічний аналіз, планування, управління та інше) формують і оцінюють задачі, що виникають в організації та реалізації процесів перевезень. Розробка і створення багаторівневої системи моделей процесу перевезення є складною і актуальною науково-технічною проблемою в області пасажирського міського транспорту, в тому числі при взаємодії залізничного транспорту та метрополітену.

Створення умов для ефективного використання засобів транспорту, а також особливості завдання вдосконалення технологій процесу перевезень пасажирів у містах, полягає в необхідності формування динамічних моделей для оцінки часу використання міського транспорту. Можливі як статистичні моделі процесів використання, так і моделі штучного інтелекту, використання на базі нейронних мереж.

Для вирішення таких поставлених задач досліджені моделі і методи кооперативного управління міським рухомим складом: теорія неантагоністичних кооперативних ігор, аксіоматичні методи векторної оптимізації [59]. При цьому враховані фактори і властивості моделей компромісів: час та вартість перевезення для пасажирів, прибутки, експлуатаційні витрати на реалізацію перевезень.

За допомогою моделювання і управління процесами з використанням геоінформаційних технологій і систем (ГІС) отримані геоінформаційні складові завдань управління міським пасажирським транспортом: широкомасштабна візуалізація і просторовий аналіз, що надається електронною картою; точні оперативні дані про місцезнаходження, швидкості і напрямку руху рухомих об'єктів. Аналізуючи деякі економічні явища, можна виділити системи, ціль функціонування яких – задоволення масового випадкового потоку заявок на виконання однотипних дій (на обслуговування). Такі системи отримали назву систем масового обслуговування [60].

Апарат нечітких множин застосовується для вирішення задач, в яких вихідні дані є ненадійними та слабо формалізовані. Поштовхом до розвитку нової математичної теорії виявилась опублікована в 1965 р. праця L. Zaden “Fuzzy Sets”, в якій автор розширив класичне поняття множин, припустивши, що функція приналежності елемента множинам може приймати будь-яке значення в інтервалі $(0;1)$, і не лише 0 та 1, такі множини були названі ним нечіткими. Нечіткі множини рішень A , що приймаються в задачі дослідження управління обслуговуванням транспортних систем з універсальної їх множини X визначається через функцію приналежності $\mu_A(x)$, $x \in X$. Ця функція відображає елементи X_i множини X на множину дійсних чисел відрізка $[0; 1]$, який вказує ступінь приналежності кожного елемента недійсній множині A .

Якщо повна множина значень X складається з кінцевої кількості елементів x_i , $i = 1, 2, 3, \dots, n$, то нечіткі множини A можна подати в такому виді:

$$A = \mu_A(x_1) / x_1 \cup \mu_A(x_2) / x_2 \cup \dots \cup \mu_A(x_n) / x_n, \quad (3.1)$$

де символ «/» показує, що значення μ_A відноситься до елемента, який слідує за ним (а не значить ділення на x_i).

При вирішенні проблеми вибору виду транспорту пасажиром, виникає необхідність визначати значення змінних на звичайній доступній для людини мові. Загальна характеристика організаційно-технологічних підсистем наведено у табл. 3.1.

Характеристика множини варіантів обслуговування пасажирів у транспортному вузлі представляється у вигляді матриці:

$$X = \begin{vmatrix} a_{11} & b_{21} & c_{31} \\ a_{12} & b_{22} & c_{32} \\ a_{13} & b_{23} & c_{33} \end{vmatrix}, \quad (3.2)$$

де X – це визначник (детермінант) матриці.

Таблиця 3.1 – Загальна характеристика підсистем, із яких складаються організаційно-технологічні варіанти обслуговування пасажиропотоків у транспортному вузлі

Якість роботи інфраструктури та рухомого складу	Швидкість та своєчасність доставки	Вартість послуг на транспорті
a_{11} – залізничний транспорт	b_{21} – послуги на залізничному транспорті	c_{31} – вартість послуг на залізничному транспорті
a_{12} – автомобільний транспорт	b_{22} – послуги на автомобільному транспорті	c_{32} – вартість послуг на автомобільному транспорті
a_{13} – електротранспорт	b_{23} – послуги на електротранспорті	c_{33} – вартість послуг на електротранспорті

Для опису значень інтегрованих показників якості введена змінна – задовільність, терм-множини якої й значення функції приналежності термів наведені в табл. 3.2. [167].

Таблиця 3.2 – Оцінка інтерпретації значень якісних показників

Загальна оцінка	Значення функції приналежності
Дуже добре	0,9
Добре	0,7
Задовільно	0,5
Погано	0,3
Дуже погано	0,1

Будемо використовувати змінну, що задається на деякій кількісній шкалі (шкала показників рівня транспортного обслуговування пасажирів) та приймає значення слів та словосполучень природної мови. Значення такої змінної описуються нечіткими змінними. Ці змінні грають важливу роль при

побудові нечітких моделей. З їх допомогою можна формалізувати якісну інформацію про об'єкт прийняття рішень. Дослідження проведені на базі Київського вузла, передбачається, що усі вихідні дані про перевезення пасажирів у транспортному вузлі й техніко-експлуатаційні характеристики її елементів повністю відомі та не змінюються з часом.

Безпосередньо відомі наступні незмінні дані: кількість зупинок кільцевої електрички – 15 (Лівобережна, Троєщина 1, Троєщина 2, Київ - Петрівка , Зеніт, Вишгородська, Сирець, Рубежівська, Борщагівка, Київ – Волинський, Караваєві дачі, Київ – Пасажирський (Деміївський), Видубичі, Лівий берег, Дарниця), кількість зупинок метрополітену поблизу залізничного кільця – 6 (Берестейська, Сирецька, Почайна, Лівобережна, Видубичі, Вокзальна). Дані, що мають зміни за періодами – кількість перевезених пасажирів з початкового пункту в кінцевий (рис. 3.5).

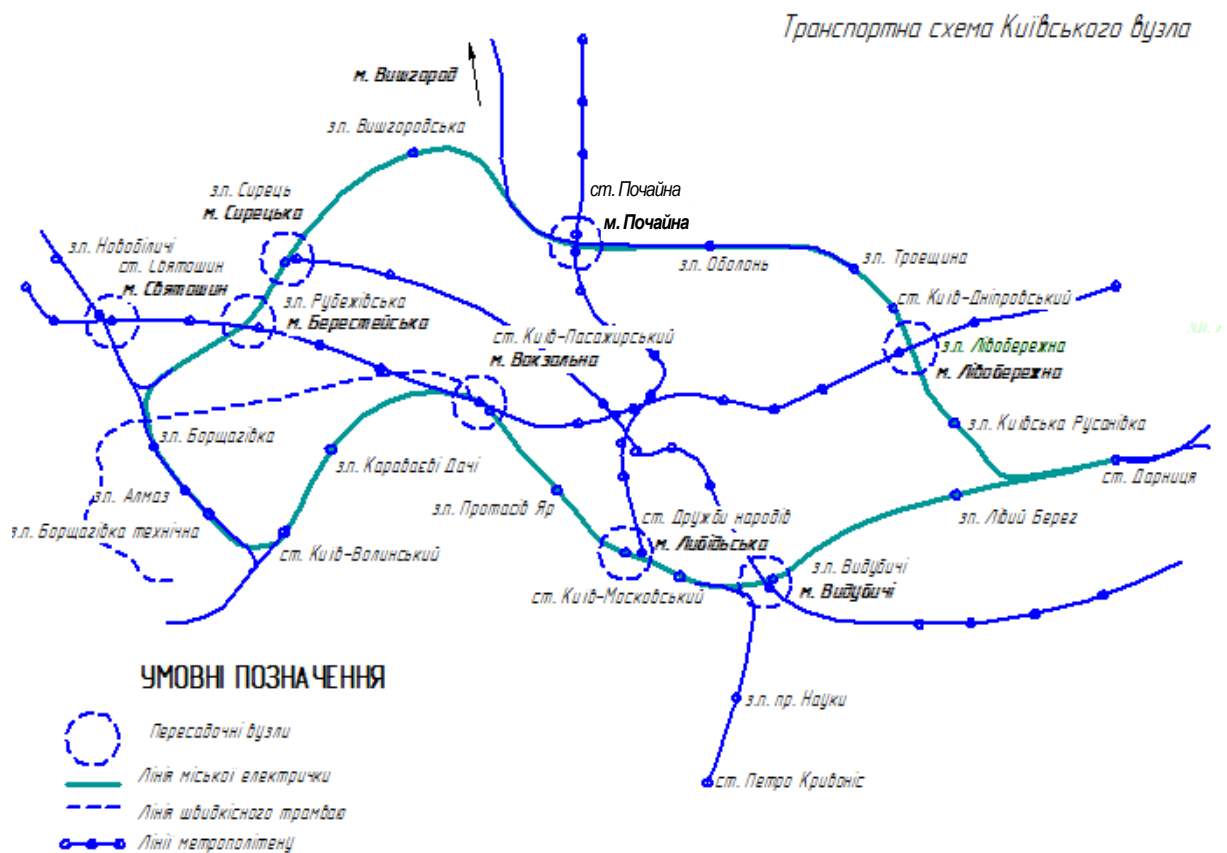


Рисунок 3.5 – Схема Київського транспортного вузла

Пересадочних пунктів 8 та знаходяться вони на таких станціях як Київ-Пасажирський, Київ-Волинський, Борщагівка, Рубежівська, Сирець, Почайна, Лівобережна та Видубичі. Протяжність лінії 50,8 км, найшвидше коло в часі (повний оберт електрички) становить 1 год. 25 хв.

Для того, щоб вирішити умову (3.1) та знайти за допомогою визначника матриці кращий варіант для розбудови ППП (пасажирського пересадочного пункту) було проведено опитування та анкетування населення м. Києва, пасажиром пропонувалося розставити бали згідно з табл. 3.2 кожному пересадочному пункту на маршруті руху міської електрички, отримані значення загальних характеристик підсистем, із яких складаються організаційно-технологічні варіанти обслуговування пасажиропотоків у транспортному вузлі занесені до таблиці (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Значення якісних показників обслуговування пасажирів у транспортному вузлі

Пересадочний пункт	Якість роботи інфраструктури та рухомого складу		Швидкість та своєчасність доставки		Вартість послуг на транспорті		X
	a_{11}	a_{12}	b_{21}	b_{22}	c_{31}	c_{32}	
Київ-Пасажирський	0,9	0,85	0,8	0,8	0,5	0,9	0,045
	a_{11}	a_{12}	b_{21}	b_{22}	c_{31}	c_{32}	
	a_{13}	0,9	b_{23}	0,7	c_{33}	0,6	
Видубичі	0,6	0,55	0,6	0,6	0,5	0,9	0,021
	a_{11}	a_{12}	b_{21}	b_{22}	c_{31}	c_{32}	
	a_{13}	0,7	b_{23}	0,6	c_{33}	0,6	
Почайна	0,7	0,7	0,75	0,6	0,5	0,9	0,018
	a_{11}	a_{12}	b_{21}	b_{22}	c_{31}	c_{32}	
	a_{13}	0,7	b_{23}	0,65	c_{33}	0,6	
Лівобережна	0,65	0,7	0,6	0,7	0,5	0,8	0,011
	a_{11}	a_{12}	b_{21}	b_{22}	c_{31}	c_{32}	
	a_{13}	0,6	b_{23}	0,65	c_{33}	0,6	

Закінч. табл. 3.3.

Борщагівка	a_{11}	0,35	b_{21}	0,5	c_{31}	0,5	0,01
	a_{12}	0,4	b_{22}	0,5	c_{32}	0,8	
	a_{13}	0,3	b_{23}	0,5	c_{33}	0,6	
Київ-Волинський	a_{11}	0,3	b_{21}	0,5	c_{31}	0,5	0,007
	a_{12}	0,35	b_{22}	0,5	c_{32}	0,9	
	a_{13}	0,35	b_{23}	0,5	c_{33}	0,6	
Сирець	a_{11}	0,35	b_{21}	0,5	c_{31}	0,5	0,004
	a_{12}	0,4	b_{22}	0,5	c_{32}	0,8	
	a_{13}	0,39	b_{23}	0,5	c_{33}	0,6	
Рубежівська	a_{11}	0,4	b_{21}	0,6	c_{31}	0,5	0,003
	a_{12}	0,5	b_{22}	0,6	c_{32}	0,8	
	a_{13}	0,45	b_{23}	0,6	c_{33}	0,6	

Пересадочні пункти в табл. 3.3 розташовані за спаданням, від найраціональнішого місця розбудови ППП до найгіршого. Так за допомогою умови (3.1) вибрано для розбудови ППП станцію Київ – Пасажирський (далі Головний вокзал), на майбутнє для розвантаження даного пересадочного пункту, можна розбудувати пасажирський пересадочний пункт на станції Видубичі (далі станція А), на станції Почайна (станція Б) та Лівобережна (станція В) (рис. 3.5).

Практичне застосування метода високоефективного використання засобів транспорту на основі управління транспортним обслуговуванням підсистеми «МЕ – МПТ» дозволяє отримати економію часу на основних етапах транспортного процесу прямування пасажирів до пунктів призначення в межах міста.

3.3 Визначення мінімальної тривалості поїздки пасажирів до головного пасажирського вокзалу міста та проектів його розвитку

При організації пасажирських перевезень у великих містах важливо забезпечити взаємодію різних видів транспорту, в результаті чого досягається необхідний тісний зв'язок і інтеграція пасажиропотоків в міському, приміському і міжміському сполученнях. Це вимагає узгодження наступного: провізних спроможностей усіх видів транспорту у місті; забезпечити узгодженість розкладів руху транспортних одиниць усіх видів транспорту; забезпечити зручність при пересадках пасажирів з одного виду транспорту на інший; своєчасного і узгодженого інформаційного забезпечення пасажирів.

Через велику складність в забезпеченні узгодженості дій різних видів транспорту пересадочні вузли (їх складові – види транспорту та їх елементи) повинні мати значні резервні можливості для наступного: згладжування виникаючої нерівномірності пасажиропотоків по величині і часу; попередження великих черг біля білетних кас; дефіциту площ в залах очікування та інше. Види транспорту при взаємодії повинні мати рівну надійність в освоєнні пасажиропотоків. Іншими словами збої або відмови в роботі одного із видів транспорту, що стикаються, можуть привести до збоїв і порушень в роботі другого виду транспорту.

Збільшення пропускної або провізної спроможності одного виду транспорту вимагає одночасної реалізації аналогічних заходів на взаємодіючому транспорті. Можна обрати варіанти :

- 1) залізничний транспорт - автомобільний;
- 2) залізничний транспорт – метро;
- 3) залізничний транспорт – трамвай;
- 4) залізничний транспорт – тролейбус;
- 5) залізничний транспорт – метро – автомобільний;
- 6) залізничний транспорт – метро – тролейбус;

7) залізничний транспорт – метро – маршрутні таксі та інші сполучення видів транспорту.

Завантаження транспортної мережі визначається кількістю транспортних засобів або пасажирів, які задіяні для руху по кожному елементу мережі (дуга, поворот, перегін на мережі громадського транспорту). Моделювання завантаження складається в розподілі міжрайонних кореспонденцій по конкретних шляхах, які з'єднують групи районів. Входом до моделі завантаження є матриця кореспонденцій або в загальному випадку набір матриць, які відносяться до пересувань або різних класів користувачів. Ціль моделювання являє собою визначення для кожної пари районів прибуття-відправлення: набір маршрутів, які використовуються для пересувань між цими районами; визначення коефіцієнтів розподілення кореспонденцій між цими маршрутами.

Після розрахунку всієї системи маршрутів завантаження будь-якого елементу мережі може бути отримано сумою величин всіх кореспонденцій, які використовують дані елементи. Таким чином, моделювання завантаження має на увазі більш детальний опис руху, ніж звичайне визначення завантаження всіх елементів. В іноземній літературі моделі розподілення кореспонденцій по транспортній мережі об'єднуються загальним терміном Traffic assignment. Існуючі моделі завантаження транспортної мережі можуть бути розподілені на класи за наступними основними ознаками: моделі, які ґрунтуються на нормативному та дескриптивному підході; статистичні та динамічні моделі.

В нормативних моделях розподіл кореспонденцій виконується на основі оптимізації глобального критерію ефективності роботи транспортної мережі. Таким критерієм може служити, наприклад, сумарні витрати часу всіма учасниками руху, сумарний пробіг (авт-км чи пас-км). При дескриптивному підході передбачається, що структура транспортних потоків формується в результаті індивідуальних рішень учасників руху, оснований на оптимізації ними їх особистих критеріїв. Традиційно вважається, що для моделювання

завантаження реальних транспортних мереж потрібно приймати дескриптивний підхід. Нормативні моделі можуть застосовуватись при плануванні переміщень в тих випадках, коли плануючий орган має можливість директивного сприймання на вибір маршрутів. В останні роки зацікавленість нормативними моделями збільшилась у зв'язку з початком розробки проєктів централізованого управління рухом особистих автомобілів з використанням бортових комп'ютерів та супутникового зв'язку.

Найбільш ефективною моделлю, що враховує фактор взаємного впливу користувачів, є модель, основана на пошуку рівнозначного розподілення (user-equilibrium assignment) [66]. Модель, що визначає завантаження транспортної мережі на основі розрахунку стратегій поведінки, називається моделлю оптимальних стратегій (optimal strategy) [66]. Роль моделей завантаженості транспортної мережі розкрито в роботах [113–128].

Принципова схема визначення тривалості слідування пасажирями видами МПТ із віддалених районів у великому місті, на прикладі м. Київ, наведена на рис. 3.6.

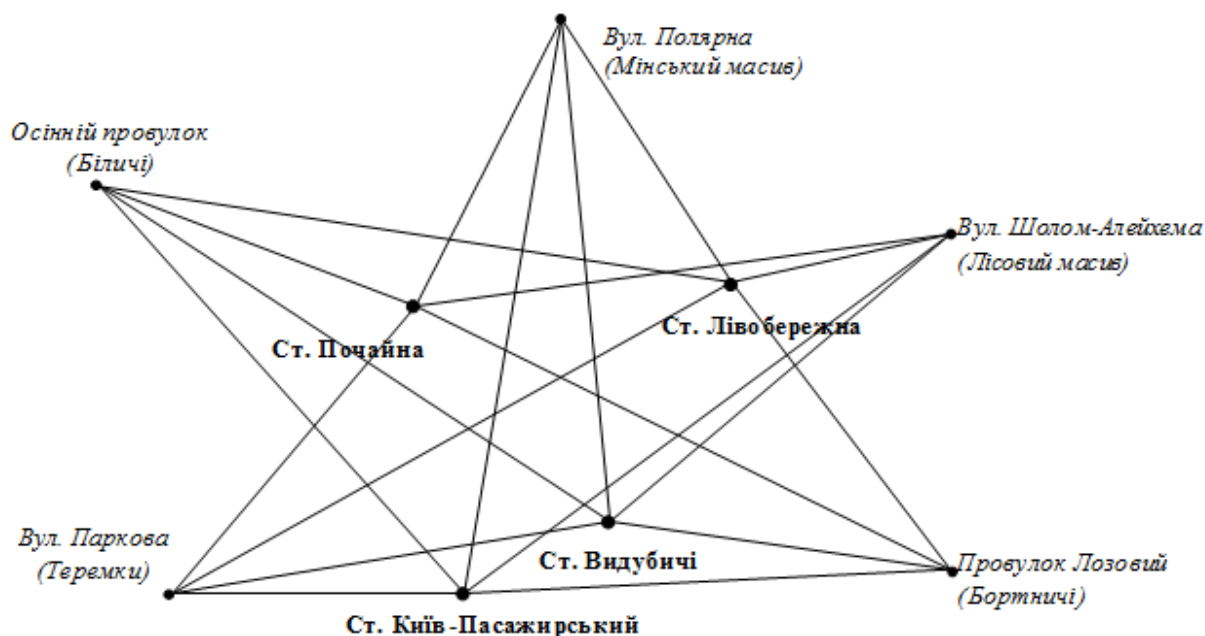


Рисунок 3.6 – Принципова схема визначення тривалості слідування пасажирями видами МПТ із віддалених районів у великому місті (на прикладі м. Київ)

До Київського вузла за добу прибуває та відправляється більше 100 пар пасажирських та приміських поїздів. При цьому однією з найважливіших задач станції є забезпечення високого рівня обслуговування пасажирів. Однією з найбільш масових операцій на пасажирській станції Київ – Пасажирський є посадка та висадка пасажирів.

Розвиток станцій стикування залізниці та міського пасажирського транспорту можливо при: відкритті нових маршрутів, що прилягають або перетинають лінію залізниці; будівництві нового зупинкового пункту на залізничній лінії поблизу перетину декількох видів міського громадського транспорту, що будується або вже збудована; організації руху приміських потягів та будівництво нових зупинкових пунктів поблизу існуючих перетинів декількох видів міського громадського транспорту на тих залізничних лініях, на яких в даний час він відсутній.

Існуючі зупинкові пункти міського транспорту і станції залізниці мають певні райони тяжіння, які формують їх пасажиропотік. При спорудженні нових станцій стикування (міського пасажирського транспорту та залізниці на вищезазначених умовах) відбувається перерозподіл зон тяжіння та величин пасажиропотоків між існуючими зупинковими пунктами залізниці, станціями метрополітену та сформованими станціями стикування.

Районом тяжіння станції (міського пасажирського транспорту або залізниці), зупинкового пункту можна назвати частину території населеного пункту, промислової зони і т.і., у межах якої населення цього району може використовувати станцію (міського пасажирського транспорту або залізниці), зупинковий пункт для здійснення поїздки на цьому виді транспорту. Площа району тяжіння станцій міського пасажирського транспорту і залізниці та зупинкового пункту при різному їхньому місцезнаходженні може суттєво змінюватися у залежності від наявності і ступеня розвитку транспортної інфраструктури інших видів наземного транспорту. Райони тяжіння станцій (міського пасажирського транспорту або залізниці), зупинкових пунктів, які мають свої контури, можуть утворювати загальну зону дії, знаходячись у якої

потенційний пасажир може обрати будь-яку з станцій (міського пасажирського транспорту, залізниці), або зупинковий пункт для здійснення поїздки. При появі нових станцій зупинкових пунктів та формуванні стикових станцій, усередині загального контура району тяжіння та районів тяжіння до окремих станцій і зупинкових пунктів, можуть формувати загальні зони, що є причиною зміни величини і напрямку пасажиропотоку.

Використовуючи транспортний граф міста і намітивши можливі варіанти розташування станцій пересадки, складається матриця найкоротших витрат часу на поїздку від межі міста в ППП в такому виді:

$$t_{ij} = \begin{vmatrix} t_{11}t_{12}\dots t_{ij}\dots t_{1m} \\ t_{21}t_{22}\dots t_{2j}\dots t_{2n} \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ t_{i1}t_{i2}\dots t_{ij}\dots t_{in} \\ t_{m1}t_{m2}\dots t_{mj}\dots t_{mn} \end{vmatrix}, \quad (3.3)$$

де j – номер району міста ($j=1,2, 3, \dots, n$); i – номер площадки для розміщення станції пересадки ($i=1,2, 3, \dots, m$).

Для визначення мінімальної відстані між пунктами i і j на транспортному графі використовується один з відомих алгоритмів. На графі вершини позначають станції і зупиночні пункти залізниці, станції метрополітену, центри мікрорайонів. Вершини з'єднуються ребрами, довжини яких дорівнюють тривалості проїзду між транспортними районами на різних видах транспорту.

Пасажирам, які прибули в місто залізницею, в поїзді в j -й мікрорайон міста часто доводиться користуватися декількома видами транспорту. В цьому випадку:

$$t_{ij} = \min(t_{il}^{\text{зал}} \xi + t_{lk}^{\text{М}} \xi + t_{kj}^{\text{НТ}} \xi), \quad (3.4)$$

де $t_{il}^{\text{зал}}$ – витрати часу пасажиром на проїзд залізницею від кінцевої зупинки міста до i -ої станції пересадки на метрополітен чи наземний пасажирський транспорт; $t_{lk}^{\text{М}}$ – витрати часу пасажиром на проїзд на метрополітені між l -м і k -

м вершинами транспортного графа; t_{kj}^{HT} – те ж саме, на наземному транспорті; $\varepsilon = 1$, коли пасажир користується s -м видом транспорту; $\varepsilon = 0$, коли не користується.

У великих містах залізнична мережа склалася до середини минулого століття і останнім часом в жодному з крупних вузлів не відбувалася реконструкція залізничної мережі міста, яка призвела б до поліпшення роботи будь-якого вузла. Але окремі роботи по спорудженню обхідних гілок, напівкілець і т.п. повинні виконуватися під час розвитку та в перспективі.

Для розрахунку витрат часу пасажирів формується розрахункова таблиця (табл. 3.4). Всі дані отримані шляхом моніторингу пасажирів, що скористувалися послугами міської кільцевої електрички.

1. Верхній рядок відводиться для найменування районів міста.
2. В крайньому лівому стовпчику проставляються найменування можливих пунктів розвитку станцій пересадки з залізниці на метрополітен.
3. Елементи таблиці, які знаходяться на перетині рядків і стовпчиків, заповнюються наступними значеннями змінних.

$$\Pi_j; t_{ij}^{\text{зал}}, t_{ij}^{\text{M}}, t_{ij}^{\text{HT}}; \quad (3.5)$$

$$\Pi_j t_{ij}^{\text{зал}}, \Pi_j t_{ij}^{\text{M}}, \Pi_j t_{ij}^{\text{HT}}; Z_i^{\text{ПЧ}}. \quad (3.6)$$

Наприклад, розрахунковий елемент, що знаходиться на перетині рядка В із стовпцем 25 містять наступну інформацію:

а) 732 – кількість пасажирів, які слідують із залізничного переходу в район 25 міста;

б) 0,12; 0,38; 0,10 – витрати часу пасажиром на пересування від межі міста в транспортний район 25 по найкоротшому шляху відповідно по залізниці, метрополітеном і наземним транспортом, год;

в) 87,8; 278,2; 73,2 – сумарні витрати на поїздку відповідно на залізничному транспорті, метрополітені і наземному транспорті, пас-год.

г) 439,2 – загальні витрати на всю поїздку від межі міста в даний район, пас-год;

4. У крайньому правому стовпці проставляється сума по рядках.

Таблиця 3.4 – Маршрути слідування пасажирів

Місцезнаходження станції пересадки	Мікрорайони міста							Всього
	1	2	...	25	...	48	49	
Київ-Пасажирський	688	388	...	732	...	184	4	18068
	0,29; 0; 0	0,29; 0; 0,6	...	0,29; 0,16; 0,10	...	0,12; 0; 0,54	0,12; 0; 0,78	-
	0,199; 0; 0	112,5; 0; 23,3	...	212,3; 117,1; 73,2	...	22,1; 0; 99,4	0,5; 0; 3,1	4759,1; 1304,5; 1845,4
	199,5	135,8	...	402,6	...	122,5	3,6	7909
Видубичі	688	388	...	732	...	184	4	18068
	0,29; 0; 0	0; 0,32; 0	...	0; 0,46; 0,10	...	0,12; 0; 0,54	0,12; 0; 0,78	-
	199,5; 0; 0	0; 124,2; 0	...	0; 336,7; 73,2	...	22,1; 0; 99,4	0,5; 0; 3,1	2098,5; 4330,7; 975,1
	199,5	124,2	...	409,9	...	121,5	3,6	7404,3
Почайна	688	388	...	732	...	184	4	18068
	0,29; 0; 0	0,06; 0,27; 0	...	0,06; 0,40; 0,10	...	0,12; 0; 0,54	0,12; 0; 0,78	-
	199,5; 0; 0	23,3; 104,8; 0	...	43,9; 292,8; 73,2	...	22,1; 0; 99,4	0,5; 0; 3,1	2734,5; 3863,4; 902,3
	199,5	128,1	...	409,9	...	121,5	3,6	7500,2
Лівобережна	688	388	...	732	...	184	4	18068
	0,29; 0; 0	0,12; 0,25; 0	...	0,12; 0,38; 0,10	...	0,12; 0; 0,54	0,12; 0; 0,78	-
	199,5; 0; 0	46,6; 97,0; 0	...	87,8; 278,2; 73,2	...	22,1; 0; 99,4	0,5; 0; 3,1	3370,5; 3572,5; 7918,1
	199,5	143,6	...	439,2	...	121,5	3,6	7918,1

Як видно з табл. 3.4, у ряді випадків розвитку станції пересадки не призводить до зміни маршруту слідування пасажирів, тобто для пасажирів, які слідують в ці райони, «старий» маршрут слідування (через головний вокзал) за витратами часу залишається переважаючим (наприклад, мікрорайон 1). Для поїздки в окремі райони можливість пересадки в пункті А або Б дає скорочення витрат часу (мікрорайон 2).

За результатами табл. 3.4 визначено сумарні витрати часу на пересування при розвитку станції пересадки в будь-якому з намічених пунктів. Значення параметра X_{i1} :

$$X_{o1}^* = 7909 / 7909 = 1,0;$$

$$X_{a1}^* = 7404,3 / 7909 = 0,936;$$

$$X_{b1}^* = 7500,2 / 7909 = 0,948;$$

$$X_{v1}^* = 7918,1 / 7909 = 1,001.$$

По затраті пасажиро-годин, кращим є варіант взаємодії при розташуванні станції пересадки в пункті Видубичі, найменше значення становить $X_{a1}^* = 0,936$ пасажиро-годин.

Зменшення величини пасажиропотоку на станції або зупинковому пункті залізниці може призвести до зменшення кількості приміських поїздів, що зупиняються в цих пунктах, зменшенню кількості приміських потягів, що мають оборот по даній станції, і наприкінці, до закриття станції для обороту приміських електропоїздів.

Повне закриття станції або зупинкового пункту залізниці для здійснення пасажирських операцій в таких умовах, як правило, не практикується. Збільшення пасажиропотоку на станції або зупинковому пункті може, на тривалий період часу, призвести до призначення додаткових приміських поїздів, збільшенню кількості електропоїздів, що зупиняються на даному зупинковому пункті.

Слід враховувати, що розвиток станцій стикування залізниці та метрополітену у великих вузлах має певні особливості. На відміну від мережі залізниць, міський пасажирський транспорт великих міст розвивається

останнім часом досить інтенсивно. У Києві, Харкові, Дніпрі та інших містах всі види громадського транспорту активно розвиваються. Показники для розрахунку та обґрунтування проєктів розвитку вузла транспортної мережі наведені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Показники для розрахунку та обґрунтування проєктів розвитку вузла транспортної мережі

Показники	Значення
Місячна нерівномірність	1,20
Приведені витрати, що пов'язані з придбанням, укладкою, обладнанням електричною централізацією та утриманням <i>i</i> -их стрілочних переводів та глухих перетинів	1115710
Вартість укладки станційної колії <i>i</i> -ого призначення, грн.	7301,5
Приведені витрати, пов'язані з придбанням матеріалів, будівництвом 1 м ² та утриманням пасажирської платформи, грн.	бокова 1785
	острівна 1581
Вартість придбання, встановлення та утримання 1 турнікету, грн.	1200000
Вартість придбання, будівництва та утримання 1 км контактної мережі, грн.	31617,45
Вартість матеріалів для спорудження переходу; будівництва та утримання 1 м переходу, грн.	646
Вартість виконання земельних робіт, грн.	158,1
Вартість перенесення колії, грн.	20%

При проведенні детальних техніко-економічних розрахунків з розвитку станції Видубичі враховано те, що зростання пасажиропотоку на перспективу до 2023 р. не призведе до збільшення кількості поїздів МЕ, тому в збільшенні станційних колій не буде потреби.

Отже, у витратах на укладку стрілочних переводів, додаткових колій, розбудову додаткової пасажирської платформи та пристроїв електрифікації немає потреби. Враховуючи реальний стан на станції слід установити 2 турнікети, відремонтувати пішохідний перехід від зупинки МПТ. Витрати на виконання цих робіт складуть 4,508 млн. грн.

Залізнична мережа практично не розвивається, будівництво нових зупиночних пунктів на існуючих залізничних коліях не здійснюється. В сучасних умовах конкуренції залізничного транспорту з іншими видами транспорту для залучення пасажирів при наявності вагомих обґрунтувань необхідно переглянути існуюче розміщення зупинкових пунктів на залізничних лініях у межах залізничних вузлів великих міст.

Необхідність спорудження додаткового зупинкового пункту залізниці поблизу від станції МПТ як самостійної одиниці інфраструктури пасажирського комплексу приміської дільниці або як складової залізничної частини пункту стикування залізниці і МПТ встановлюється на підставі попередніх маркетингових досліджень з наступним виконанням розрахунків по техніко-економічному обґрунтуванні ефективності цього рішення.

При формуванні на базі зупинкового пункту або станції залізниці і зупинки МПТ стикового пункту (станції стикування) питання про формування в цьому місці зонної станції залізниці для обороту частини приміських електропоїздів також повинно вирішуватися з урахуванням величини загальних кореспонденцій пасажиропотоків.

На підставі реалізації всіх напрацювань було запропоновано системний підхід визначення раціональних параметрів взаємодії видів міського пасажирського транспорту у великих містах.

Схема реалізації системного підходу визначення параметрів взаємодії видів міського пасажирського транспорту у великих містах наведена на рис. 3.7. Ця схема включає 4 етапи: підготовчий, перевірку виконання необхідних умов взаємодії, розрахунки для визначення параметрів МПТ та ME, а також визначення параметрів взаємодії МПТ та ME.

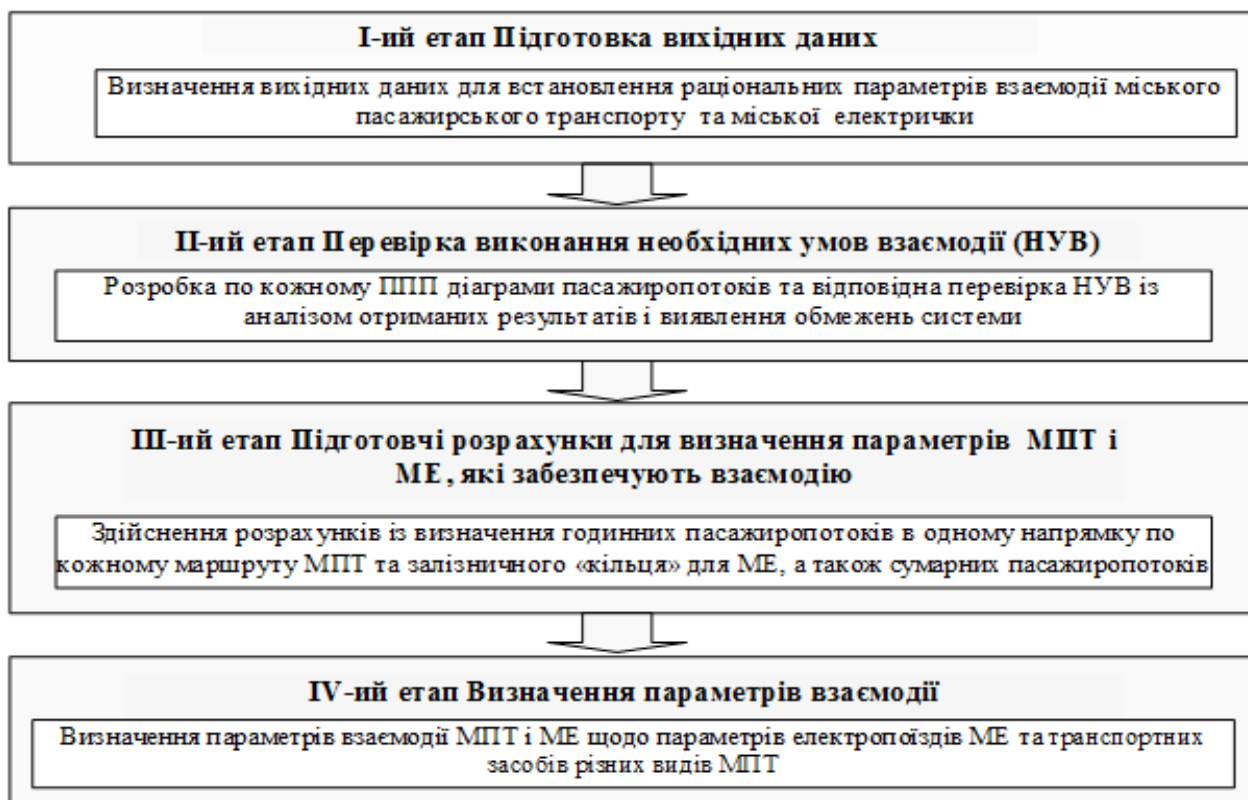


Рисунок 3.7 – Схема реалізації системного підходу визначення параметрів взаємодії видів міського пасажирського транспорту у великих містах

Відповідним чином системний підхід визначення параметрів взаємодії видів міського пасажирського транспорту у великих містах було реалізовано у роботі.

3.4 Моделювання часових витрат міських пасажирів в системі МПТ – МЕ з урахуванням очікувань транспортних засобів

При вирішенні транспортних проблем міста необхідно досліджувати витрати часу, пов'язані з пересуванням населення від місця проживання до місця роботи (навчання) (рис. 3.8), з метою виявлення ступеня впливу транспортної стомленості. Тривалість переміщення населення від місця проживання до місця роботи (навчання) складається із роздільним переміщенням різним видами МПТ і пішки. Окремо враховуються втрати часу пасажирями через наявність очікувань транспортних засобів МПТ і МЕ, а також кількість пересадок.

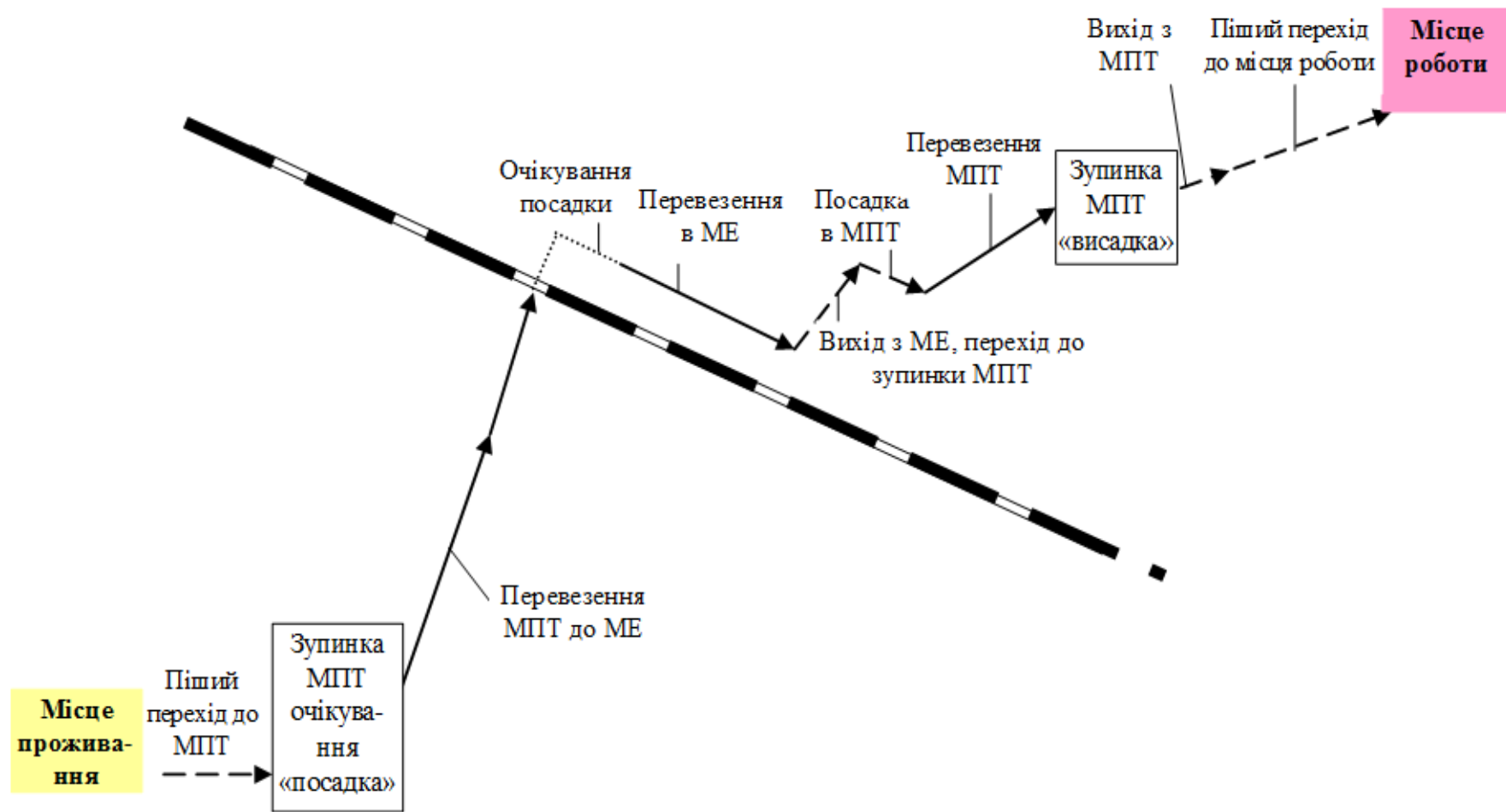


Рисунок 3.8 – Принципова схема слідування пасажирів від місця проживання до місця роботи (навчання)

Для скорочення витрат часу з усіх видах поїздок необхідно вирішити складний комплекс питань в місті в поєднанні з приміською зоною через тісну взаємодію МПТ з приміськими видами пасажирського транспорту (ППТ), яку спонукає спільність пасажиропотоків: оновлення рухомого складу; підвищення культури і сервісу обслуговування пасажирів; удосконалення транспортної мережі в ув'язці із стиковими пунктами різних видів транспорту; підвищення швидкостей руху ТЗ; організація безпересадкового сполучення між містом і приміською зоною; забезпечити необхідні інтервали і регулярність руху транспортних засобів.

Витрати часу на переміщення пасажирів по роботі, навчання слід визначати як суму витрат часу на перевезення, очікування транспортних засобів з врахуванням кількості пасажирів, які знаходяться на зупинці МПТ, тривалості посадки та висадки, місткості транспортних засобів і коефіцієнтів їх заповнення та тривалості піших переходів, і посадок (висадок) у транспортний засіб:

$$t_{\text{пер}} = t_{\text{пішк}}^{\text{відправ}} + t_{\text{відправ}}^{\text{очіку}} + t_{\text{посадка}} + t_{\text{пер}}^{\text{МПТ}} + t_{\text{зуп}} + t_{\text{перес}}^{\text{ППТ}} + t_{\text{посадка}}^{\text{МЕ}} + t_{\text{пер}}^{\text{МЕ}} + t_{\text{вихід}}^{\text{МЕ}} + t_{\text{пішк.перехід}}^{\text{признач}} \quad (3.7)$$

Для пасажирів, які користуються системою «Міський пасажирський транспорт (МПТ) – міська електричка (МЕ)» важливо, щоб дотримувалася умови:

$$t_{\text{ф.пер}} \leq t_{\text{г.пер}} \quad , \quad (3.8)$$

де $t_{\text{ф.пер}}$ – фактична тривалість перевезення пасажирів МПТ і МЕ з врахуванням реальних затримок (очікувань) в ППП; $t_{\text{г.пер}}$ – графікова тривалість перевезення пасажирів МПТ і МЕ з врахуванням реальної тривалості пересадки в ППП.

$$t_{\text{ф.пер}} = t_{\text{ф.пер}}^{\text{МПТ}} + t_{\text{ф.оч}}^{\text{ППТ}} + t_{\text{ф.пер}}^{\text{МЕ}} \quad , \quad (3.9)$$

де $t_{\text{ф.пер}}^{\text{МПТ}}$ – фактична тривалість перевезення пасажирів МПТ; $t_{\text{ф.оч}}^{\text{ППТ}}$ – фактичне очікування (пересадки) пасажирів в ППП; $t_{\text{ф.пер}}^{\text{МЕ}}$ – фактична тривалість перевезення пасажирів МЕ.

$$t_{г.пер} = t_{г.пер}^{МПТ} + t_{перес}^{ППП} + t_{г.пер}^{МЕ}, \quad (3.10)$$

де $t_{г.пер}^{МПТ}$ – графікова тривалість перевезення пасажирів МПТ; $t_{перес}^{ППП}$ – тривалість пересадки пасажирів в ППП; $t_{г.пер}^{МЕ}$ – графікова тривалість перевезення пасажирів МЕ.

Витрати пасажирів при перевезенні системою «МПТ – МЕ»:

$$\Delta t_{вит}^{пас} = t_{ф.пер} - t_{г.пер} \text{ при } T = \text{const}, \quad (3.11)$$

де T – тариф на перевезення одного пасажирів, грн.

Критерії якості по тривалості перевезення під час надання транспортної послуги системою «МПТ – МЕ» (з точки зору пасажирів):

$$K_{я}^{тр} = \frac{t_{ф.пер}}{t_{г.пер}} \leq 1. \quad (3.12)$$

Рівень надання транспортних послуг системою «МПТ – МЕ» з точки зору пасажирів з врахуванням [30] можна оцінити так:

$$K_{пас} = \frac{(t_{г.пер} - t_{ф.пер}) \cdot (B_{пер}^{МПТ} + B_{пер}^{МЕ})}{T^{МЕ} + T^{МПТ}}, \quad (3.13)$$

де $B_{пер}^{МПТ} + B_{пер}^{МЕ}$ – вартість переміщення пасажирів МПТ та МЕ відповідно, грн.; $T^{МЕ} + T^{МПТ}$ – тариф на перевезення одного пасажирів МПТ та МЕ відповідно, грн.

Комплексний критерій ефективності функціонування системи «МПТ - МЕ» на основі [30] визначається:

$$K_{к} = K_{мун} B_{мун} + K_{пер} B_{пер} + K_{пас} B_{пас}, \quad (3.14)$$

де $B_{мун}, B_{пер}, B_{пас}$ – вагові коефіцієнти компонентів критеріїв ефективності.

Величина вагових коефіцієнтів визначається з врахуванням умов функціонування МПТ і МЕ в місті з використанням реальних статистичних даних. (можна встановлювати по величині коефіцієнта детермінації R^2).

В той же час функціонування МПТ і МЕ повинно враховувати критерії оцінки їх рівня взаємодії, а також надання якісної послуги для пасажирів.

Нами, із врахуванням напрацювань [30], запропонована система критеріїв оцінки рівня взаємодії МПТ і ME (наведено рис. 3.9.) Варіант взаємодії залізничного транспорту та МПТ повинен оцінювати витрати часу пасажирями на поїзду. Крім того, необхідно врахувати додаткові капітальні вкладення і експлуатаційні витрати, викликані розвитком конкретної станції пересадки на залізничному «кільці» у вузлі.

При відправленні електропоїздів міської електрички (ME) за стабільними (фіксованими) нитками графіка пасажирів очікують поїзди на пасажирських платформах залізничних станцій «кільця» (ЗСК) в період $I_{м.е}$ (інтервал) між нитками графіка. Коливання моментів підвезення пасажирів транспортними засобами (ТЗ) міських видів пасажирського транспорту (МПТ) до ЗСК, кількості одночасно підвезених пасажирів завчасно до відправлення електропоїзда ME з певної ЗСК призводить до очікування пасажирями поїзда. Кількість факторів, які визивають ці коливання, настільки велика, що результат їх взаємодії має випадковий характер. Тому його досліджувати можна імовірнісними методами. Загальний процес очікування усіма пасажирями конкретного електропоїзда ME на пасажирських платформах певної ЗСК характеризується тим, що пасажирів підходять на платформу різними групами (a_i) протягом інтервала між електропоїздами ME $I_{м.е}$ через різні проміжки часу τ_i . Послідовності величин a_i, τ_i ($i = 1, 2, 3, \dots, j$) можна вважати незалежно одна від одної випадковими величинами із щільністю розподілу відповідно $f(a), f(\tau)$. Ця умова правильна через те, що накопичення очікування пасажирів на платформі до прибуття чергового електропоїзда здійснюється завдяки надходження їх з різних транспортних засобів міського пасажирського транспорту з різними інтервалами [48, 73, 167].

Виходячи із рис. 3.7. величини груп пасажирів $\{a_1, a_2, a_3, \dots, a_j\}$, що надходять у різні моменти на платформу незалежні і однакові розподіленими випадковими величинами з однією і тією ж щільністю розподілу $f(a)$.

Послідовності величин $\{\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_j\}$ завжди матимуть однакову щільність розподілу, тому що вони не залежать від характеру підходу до платформи пасажирів.



Рисунок 3.9 – Система критеріїв оцінки рівня взаємодії МПТ і МЕ

Сумарні пасажиро-години очікування електропоїзда усіх пасажирів, які надійшли протягом інтервалу I_{me} , зручно представити як суму добутків $a_1 \cdot \tau_1$, $a_2 \cdot \tau_2$, $a_3 \cdot \tau_3, \dots, a_l \cdot \tau_l$ (рис. 3.10), які є незалежно розподіленими випадковими величинами з однаковою щільністю розподілу. Отже, пасажиро-години очікування певного електропоїзда можна представити як суму випадкового числа елементів пасажиро-годин, кожний з яких є добуток $a_i \cdot \tau_i$ [48, 73, 167].

Кількість груп пасажирів, які очікують конкретного електропоїзда протягом інтервалу I_{me} , випадкова величина l ($l = 1, 2, 3, \dots, n$). Тоді слід вважати, що ймовірність очікування певного електропоїзда k -ою групою пасажирів, складає величину P_k . Отже, враховуючи те, що величини a_i і τ_i є випадковими і можуть приймати будь-яке значення в можливих межах від мінімального до максимального значення. Величина групи пасажирів a_i коливається від 0 до a_{c-1} , а інтервал між групами від 0 до I_{me} [48, 167].

Тоді, використовуючи методичний підхід, наведений у [48, 167], можна записати, що загальні пасажиро-години очікування електропоїзда усіма пасажирами, які підійшли на пасажирську платформу протягом I_{me} таким чином:

$$\sum At_{оч} = a_1 \cdot I_{me} + a_2 \cdot \sum_1^l \tau_i + a_3 \cdot \sum_2^l \tau_i + a_4 \cdot \sum_3^l \tau_i + \dots + a_l \cdot \tau_l. \quad (3.15)$$

Тоді математичне очікування випадкової величини сумарних пасажиро-годин очікування можна записати так:

$$M \left[\sum At_{оч} \right] = M [T_{оч}] = M [a_1 \cdot I_{me}] + M \left[a_2 \cdot \sum_1^l \tau_i \right] + M \left[a_3 \cdot \sum_2^l \tau_i \right] + \\ + M \left[a_4 \cdot \sum_3^l \tau_i \right] + M [a_l \cdot \tau_l]. \quad (3.16)$$

Враховуючи, що математичне очікування добутку взаємно незалежних випадкових величин дорівнює добутку їх математичних очікувань, тоді рівняння (3.24) залишається так [73]:

$$M [T_{оч}] = M [a_1] \cdot M [I_{me}] + M [a_2] \cdot M \left[\sum_1^l \tau_i \right] + M [a_3] \cdot M \left[\sum_2^l \tau_i \right] + \\ M [a_4] \cdot M \left[\sum_3^l \tau_i \right] + M [a_l] \cdot M [\tau_l]. \quad (3.17)$$

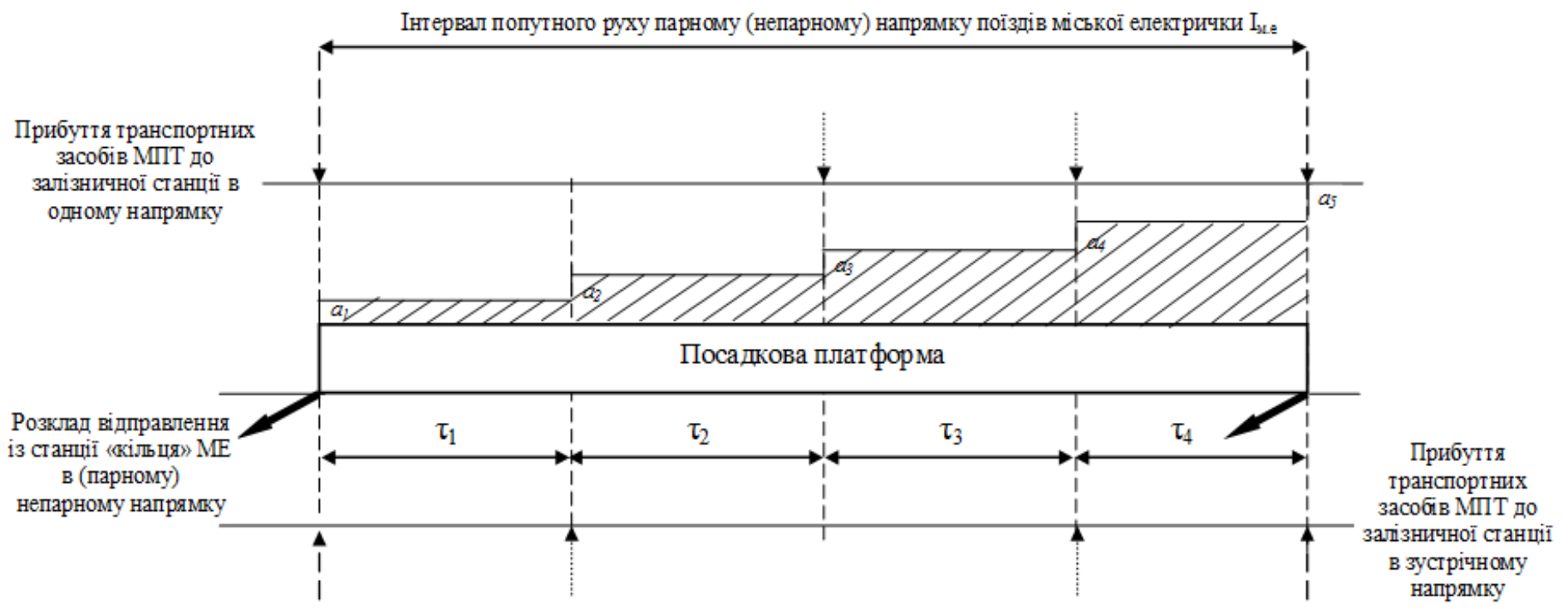


Рисунок 3.10 – Очікування пасажирами міської електрички на пасажирській платформі залізничної станції «Кільця»

Використовуючи властивість стійкості середніх [73, 171], математичне очікування випадкової величини з достатнім ступенем точності можна оцінити їх по середнім значенням. Тоді, математичні очікування величин a_i і τ_i можна з достатнім ступенем точності визначити за їх середніми значеннями:

$$M[a_i] = a_{\text{тр}} = \frac{1,5a_c}{n_{\text{мт}}}; \quad (3.18)$$

$$M[\tau_i] = \tau_c = \frac{I_{\text{ме}}}{n_{\text{мт}}}, \quad (3.19)$$

де $a_{\text{тр}}$ – середня величина групи пасажирів, які одноразово заходять на пасажирську платформу; a_c – населеність складу електропоїзда міської електрички (максимальна кількість місць для сидіння); τ_c – середня величина інтервалу надходження груп пасажирів на пасажирську платформу; $n_{\text{мт}}$ – середня кількість транспортних засобів міського пасажирського транспорту, які підвозять пасажирів до залізничної станції «Кільця» за період $I_{\text{ме}}$.

Підставивши значення $M[a_i]$ і $M[\tau_i]$ у вираз (3.17) та після проведення необхідних перетворень отримаємо:

$$M[T_{\text{оч}}] = a_{\text{тр}} \cdot I_{\text{ме}} + a_{\text{тр}} \cdot l \cdot \tau_c + a_{\text{тр}} (l-1) \cdot \tau_c + a_{\text{тр}} (l-2) \cdot \tau_c + \dots + a_{\text{тр}} \cdot \tau_c; \quad (3.20)$$

$$M[T_{\text{оч}}] = a_{\text{тр}} \cdot I_{\text{ме}} + a_{\text{тр}} \cdot \tau_c \cdot \frac{l}{2} (l+1). \quad (3.21)$$

Кількість груп пасажирів l , яка надійшла на пасажирську платформу за інтервал $I_{\text{ме}}$ визначається :

$$l = \frac{I_{\text{ме}} - \tau_c}{\tau_c} = \frac{I_{\text{ме}}}{\tau_c} - 1. \quad (3.22)$$

Підставивши величину l у вираз (3.21), пасажиро-години очікування складатимуть:

$$M[T_{\text{оч}}] = a_{\text{тр}} \cdot I_{\text{ме}} \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{I_{\text{ме}}}{\tau_c} - 1 \right) \right]. \quad (3.23)$$

Враховуючи той факт, що очікування електропоїзда починається, як правило, не в момент відправлення попереднього, а дещо пізніше, то у виразі (3.21) перший доданок буде дорівнювати нулю. Тоді математичне очікування пасажирами наступного електропоїзда приймає наступний вираз:

$$M[T_{\text{оч}}] = a_{\text{гр}} \tau_c \frac{l}{2} (l+1). \quad (3.24)$$

Підставивши у формулу (3.24) вираз (3.22), остаточна залежність пасажиро-годин очікування електропоїзда від основних факторів буде:

$$M[T_{\text{оч}}] = \frac{1}{2} a_{\text{гр}} \cdot I_{\text{ME}} \left(\frac{I_{\text{ME}}}{\tau_c} - 1 \right). \dots\dots\dots (3.25)$$

Із залежності (3.25) виходить, що на пасажиро-години очікування пасажирами електропоїзда впливають наступні фактори:

- інтенсивність підвезення пасажирів транспортними засобами МПТ до залізничної станції «кільця» міської електрички, що проявляється середньою величиною груп, що прибули;
- графік руху транспортних засобів МПТ, яким установлюється інтервал підходу пасажирів до залізничної станції τ_c ;
- система організації руху електропоїздів ME, яка визначає інтервал руху електропоїздів I_{ME} та інтенсивність руху щодоби;
- технічні параметри транспортних засобів електропоїздів ME та МПТ.

Загальні пасажиро-години очікування пасажирами електропоїздів на конкретній залізничній станції за добу складає:

$$M[T_{\text{оч}}] = \frac{1}{2} N_{\text{ME}} \cdot a_{\text{гр}} \cdot I_{\text{ME}} \left(\frac{I_{\text{ME}}}{\tau_c} - 1 \right), \dots\dots\dots (3.26)$$

де N_{ME} –кількість електропоїздів міської електрички за добу.

Втрата пасажирями часу на всіх залізничних станціях «кільця» визначаються:

$$\sum_{i=1}^k M[T_{\text{оч}}] = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k N_{\text{ме}} \cdot a_{\text{тр}} \cdot I_{\text{ме}} \left(\frac{I_{\text{ме}}}{\tau_c} - 1 \right), \quad (3.27)$$

де k – кількість залізничних станцій на «кільці».

Втрати часу кожним пасажиром при користуванні послугами міської електрички можна визначити поділивши результат, отриманий за формулою (3.27), на кількість відправлених пасажирів за добу кожною станцією, результати взяті із статистичної звітності.

Приклад установлення ступеня впливу основних факторів на величину тривалості очікувань пасажирями електропоїзда міської електрички за варіантом (при кількості електропоїздів 10) наведено у табл. 3.6.

Результати аналізу функціонування транспортних систем великих міст та виконаних наукових досліджень свідчать, що середня дальність руху пасажирів, яка суттєво впливає на обсяг роботи цих видів МПТ залежить головним чином від: розмірів забудованої території; розміщення житлових районів відносно розміщення місць роботи та навчання; щільності і конфігурації вулично-дорожньої мережі та інше.

Проблема скорочення часу на поїздку міським та приміським населенням на пересування зачіплює широкий діапазон не лише транспортних, а і соціальних, містобудівних і організаційних питань. Пересування людей по трудовим цілям між містом і приміськими районами та в середині великого міста складають основну частину регулярних переміщень.

Масовість цих переміщень, концентрація в часи («часи пік»), роблять їх визначальними при розвитку транспортної мережі міста в поєднанні з приміськими зонами питома вага переміщень з робочою метою в структурі добового бюджету часу громадян впливає на продуктивність праці.

Таблиця 3.6 – Приклад встановлення ступеня впливу основних факторів на величину тривалості очікувань пасажирями електропоїзда міської електрички за варіантом (при кількості електропоїздів 5)

№ п/п	Кількість електропоїз- дів, $N_{\text{м.е.}}$, поїздів	Інтервал між електро- поїздами, $I_{\text{м.е.}}$, хв	Середня величина інтервалу надходжен- ня пасажирів, $\tau_{\text{с.}}$ хв	Кількість пасажирів, l , яка надійшла протягом інтервалу $I_{\text{м.е.}}$, шт	Кількість транспортних засобів МПТ, яка підвезла пасажирів протягом $I_{\text{м.е.}}$, $\nu_{\text{мт.}}$ шт	Середня група надходження до платформи, $a_{\text{гр.}}$, пас.	Величина пасажиро- годин очікування, $\sum At_{\text{оч.}}$, пас- год
1	4	35	1	40	45	2	119
2					60	6	357
3					90	10	595
4			3	13	95	2	45,5
5					120	6	136,5
6					150	10	227,5
7			5	8	15	2	27,125
8					20	6	81,375
9					30	10	135,625

Результати спостережень за перевезенням пасажирів у великих містах свідчать про наступне:

- спостерігається закономірність впливу величини міста на витрати громадян на їх перевезення (чим більше місто, тим більше часу витрачається на поїздки в міську та з приміської зони в місто);
- оцінку рівня транспортного обслуговування населення слід здійснювати за критерієм сумарних витрат часу на перевезення, який суттєво відрізняється у різних містах через відмінності галузевої структури цих міст;
- у внутрішньоміських перевезеннях великих міст пасажирів користуються усіма наявними видами МПТ;
- для проїзду із приміської зони у міста пасажирів користуються у більшості випадків двома видами транспорту: залізничним або автобусним і одним видом МПТ;
- культурно-побутові переміщення по території великого міста мають дуже складний характер, який залежить від багаточисельних факторів і, в першу чергу, від розміщення і призначення культурно-побутових закладів.

Наведені фактори впливу на якість пасажирських перевезень у великих містах і необхідні першочергові завдання щодо її підвищення впливають на економічні обґрунтування розмірів і напрямлення інвестицій в розвиток міського пасажирського транспорту.

3.5. Висновки до розділу 3

1. Виходячи із практичного досвіду транспортного обслуговування пасажирів у великих містах та результатів проведених досліджень з раціоналізації роботи міського пасажирського транспорту було складено блок-схему визначення показників функціонування його видів з метою поліпшення якості обслуговування пасажирів шляхом підвищення рівня використання засобів транспорту та їх взаємодії між собою.

2. Створення умов для ефективного використання засобів транспорту, а також особливості завдання вдосконалення технологій процесу перевезень

пасажирів у містах реалізовано у формуванні динамічних моделей для оцінки часу використання міського транспорту. Застосування цих моделей дозволило отримати економію часу на основних етапах транспортного процесу прямування пасажирів до пунктів призначення в межах міста.

3. Запропоновано підхід визначення мінімальної тривалості поїздки пасажирів до головного пасажирського вокзалу міста на основі використання стандартних алгоритмів теорії графів, а також моделей пошуку рівнозначного розподілення й оптимальних стратегій, що дозволило визначити кращий варіант взаємодії по затраті пасажиро-годин – ППП Видубичі.

4. При проведенні розрахунків з розвитку ППП Видубичі, як кращого варіанту взаємодії видів транспорту по затраті пасажиро-годин визначено, що розвиток вузла транспортної мережі не потребує збільшення станційних колій, а витрати виконання необхідних робіт із розбудови станції складуть понад 4,5 млн. грн.

5. Запропоновано системний підхід визначення раціональних параметрів експлуатації при взаємодії видів міського пасажирського транспорту у великих містах, що включає 4 етапи: підготовчий, перевірку виконання необхідних умов взаємодії, розрахунки для визначення параметрів МПТ та МЕ, а також визначення параметрів взаємодії МПТ та МЕ.

6. Розроблена система критеріїв оцінки рівня взаємодії МПТ і МЕ, визначені методи та закономірності факторного впливу на динаміку транспортних потоків пасажирів у вузлах транспортної мережі, наведено модель визначення тривалості очікування пасажирами електропоїздів міської електрички на станціях залізничного «кільця» з врахуванням математичного очікування випадкової величини сумарних пасажиро-годин очікування.

7. Реалізовано принципову схему слідування пасажирів від місця проживання до місця роботи (навчання) та встановлено, що для скорочення витрат часу по усім видам поїздок необхідно вирішити складний комплекс питань через тісну взаємодію засобів транспорту МПТ з приміськими видами пасажирського транспорту (ПШТ).

РОЗДІЛ IV
РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ВИЗНАЧЕННЯ
РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ВЗАЄМОДІЇ МІСЬКОГО
ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

4.1 Раціоналізація частоти обороту і составності електропоїздів міської електрички

В Україні по забезпеченню необхідних питань для високопродуктивної праці людей, ефективного відпочинку, гідних побутових зручностей та здорового гігієнічного середовища виникла надскладна проблема вирішення комплексу соціальних задач. Вирішення цих завдань перед суспільством постало ряд проблем, які стосуються розвитку великих міст в поєднанні з удосконаленням транспортного обслуговування населення.

Важливість функціонування великих міст в державній соціально-економічній системі відчувається постійно, що виражається наявністю складних транспортно-економічних зв'язків між населеними пунктами та в середині них. Незважаючи на перебування нашої держави в стані надзорської і довготривалої кризи, зберігається на транспортних комунікаціях значна інтенсивність руху пасажирських транспортних засобів на залізницях, автомобільних дорогах, здійснюється у великих містах житлові забудови, розміщуються в містах та навкруги них різні приватні компанії, які обслуговують потреби не лише конкретного міста, а й інших регіонів. Також біля міст концентруються місця для масового відпочинку міського населення. Ці обставини спричиняють велике завантаження не лише транспортних систем регіонів, а і усіх видів транспорту в містах.

Економічний розвиток держави свідчить, що величина міста впливає на його транспортну систему і навколишню територію з наявними транспортними комунікаціями. Тому розвиток будь-якого міста повинен здійснюватися як єдиний господарський комплекс з врахуванням стану і перспектив оточуючих його територій і видів транспорту. Транспорт, як один

з найважливіших факторів, який впливає на формування і розвиток міста і зон, що забезпечує органічну взаємодію складових частин міста між собою і з приміською зоною на основі широкого використання та взаємодії внутрішньоміських видів транспорту із зовнішніми транспортними комунікаціями.

Обсяг і структура внутрішньоміських пасажирських перевезень (ВМПП) залежить від багатьох факторів і визначається: чисельністю і складом населення, тенденціями зростання міста і приміської зони, змінами в розміщенні населення, які пов'язані із підвищенням матеріального і культурного рівня, розширенням мережі курортів, зон відпочинку, розвитком різних видів пасажирського транспорту, рівнем тарифів на перевезення. У загальних обсягах пасажирських перевезень транспортом у державі внутрішньоміське сполучення, по кількості перевезених пасажирів, займає домінантне положення – перевищує 80%.

У сучасних великих містах України здійснюється інтенсивна житлова забудова, створюються «спальні» райони, з'єднуються транспортним комунікаціями старі райони із приміськими, зростає участь індивідуального транспорту у внутрішньоміських перевезеннях. Тому транспортна проблема великих міст постійно загострюється.

Приміські залізничні перевезення в державі по транспортному комплексу за кількістю перевезених пасажирів займають друге місце (більш ніж 14% в загальних обсягах) після внутрішньоміських. Міжміське сполучення в обсягах пасажирських перевезень становить невелику частку (більше 2%). Такі перевезення здійснюються по державі на різні відстані.

Політичні, економічні та соціальні зміни в державі за період ринкових перетворень суттєво вплинули на транспортне обслуговування нашого населення. Через це, завдання з поліпшення якості функціонування пасажирського транспорту (ПТ) і обслуговування населення є дуже важливим для усіх видів транспорту в сучасних умовах економічних перетворень.

Перш за все, впроваджуючи новітні заходи в сферу обслуговування пасажирів, слід добиватися скорочення витрат і підвищення доходних надходжень завдяки впровадженню в перевізний процес сучасної техніки і технологій, а також досягати постійного зростання обсягів перевезень за рахунок збільшення привабливості пасажирських видів транспорту. Цього необхідно добиватися за рахунок підвищення культури обслуговування пасажирів в пунктах відправлення, в ТЗ і пунктах призначення, надання широкого спектру сервісних послуг, постійно його удосконалюючи і розширюючи, а також проведення роботи з удосконалення тарифної політики. Звичайно, важливою вимогою наших пасажирів є проведення широкомасштабних робіт з технічного переозброєння і модернізації пасажирського комплексу.

Вибір пасажирями того чи іншого виду транспорту для різних цілей поїздок здійснюється під впливом багаточисельних факторів, основними з яких є наступні:

- географічні, які враховують визначення маршруту перевезення в залежності від території та її особливостей;
- техніко-експлуатаційні, які передбачають розвиток шляхів сполучення і можливість їх використання населенням;
- регулярність і частота руху ТЗ;
- провізна спроможність виду МПТ;
- швидкість сполучення і тривалість перевезення;
- ступінь комфортабельності;
- економічні фактори (на різних видах транспорту свої тарифи).

Головним фактором, як правило, який впливає на пасажирів при виборі виду транспорту, є витрати часу на переміщення від початкового місця до кінцевого. При плануванні розвитку внутрішньоміського пасажирського транспорту розміри пасажиропотоків визначають вид транспорту.

Організація перевезень пасажирів повинна передбачити комплексне використання усіх видів внутрішньоміського транспорту у взаємодії з приміським сполученням.

При виборі виду транспорту у великих містах для економічно доцільного обслуговування пасажирів враховують широке коло показників, які повинні враховувати інтереси пасажирів і економічність транспортних компаній. До таких показників відносяться: обсяг перевезень, регулярність руху, швидкість сполучення, капітальні і експлуатаційні витрати. Обов'язково враховується безпека руху, зручність і рівень комфортабельності.

Вид міського транспорту обирається на підставі аналізу існуючого стану з обслуговування пасажирів у місті. На підставі отриманих результатів визначається доцільність розвитку конкретного виду транспорту з урахуванням дійсних умов експлуатації.

При вирішенні питань удосконалення функціонування міського пасажирського транспорту на перспективу не можна обмежуватися заходами з розвитку лише існуючих видів МПТ, а й слід передбачити можливість використання (діючих або запроектованих) нових видів транспорту. До таких видів транспорту відносяться: монорейкові дороги, канатні підвісні дороги, високошвидкісний транспорт на магнітній і повітряній подушці, вертольоти, трубопровідний пасажирський транспорт, гравітаційно-вакуумний транспорт, контейнерна система перевезень та ін.

Для вибору варіанта удосконалення постійних засобів і рухомого складу виконуються техніко-економічні розрахунки по основних видах МПТ. Правильний варіант розвитку транспорту в цілому (також окремих його складових) забезпечує найкраще використання основних і оборотних фондів, підвищення економічності і якості обслуговування пасажирів.

Якісні показники разом із вартісними при встановленні ефективності заходу мають важливе значення. До МПТ такими показниками є:

- економічні: продуктивність праці, витрати палива і електроенергії, впровадження сучасної техніки і технологій, використання основних фондів та ін.;
- містобудівні, які враховують установлені державні нормативи до розміщення транспортних споруд;
- експлуатаційні, які враховують наявність резервів, реалізацію високої швидкості, враховують безпеку руху;
- місцеві вимоги, які враховують стан транспортних комунікацій, рельєф місцевості та ін.;
- комфорт обслуговування пасажирів: тривалість поїздки, регулярність, частота руху, зручності посадки і висадки та ін.

Дуже важливим показником, що характеризує якість рівня транспортного обслуговування пасажирів є витрати часу на переміщення, тому що пасажир, перебуваючи в дорозі, непродуктивно витрачає свій час, який він міг би використати для продуктивної праці, відпочинку або інтелектуально-культурного розвитку. Через це в сучасних економічних умовах важливо дати вартісну оцінку цих витрат.

Скорочення тривалості часу на переміщення вимагає підвищення швидкості руху ТЗ, в результаті – підвищуються капітальні вкладення і зростають експлуатаційні витрати. При підвищенні плати за проїзд в умовах підвищеної швидкості ці додаткові витрати будуть компенсовані за рахунок збільшення доходних надходжень. До складу капіталовкладень при будівництві елементів транспорту включають витрати на постійні споруди, які залежать від обсягу перевезень кожним видом транспорту та на утримання постійних пристроїв.

Рационалізація частоти обороту і составності електропоїздів міської електрички – важлива основа для побудови раціональної системи управління внутрішньоміськими пасажирськими перевезеннями з використанням міської електрички.

На залізничному «кільці» в межах міста протягом невеликого інтервалу часу (вранці і ввечері) необхідно здійснити перевезення масового пасажиропотоку. Практично всі пасажир, користуючись міською електричкою, їдуть на роботу або навчання. Тому тривалість поїздки повинна бути мінімальною, без втомлюваності при переїзді. Тому вибір кількості в певному інтервалі часу (трохи більше 3 год.) електропоїздів, їх маси, составності та швидкості руху має особливо актуальне значення.

Критерієм оптимізації кількості електропоїздів, маси, составності та швидкості руху електропоїздів є мінімум приведених витрат. Тому при складанні математичної моделі вирішення цієї задачі необхідно, враховуючи всі види витрат, забезпечити сумісне рішення по знаходженню оптимальних значень названих показників. При знаходженні оптимальних значень показників важливо забезпечити необхідні зручності пасажирам і мінімально можливі витрати часу на проїзд.

Отже, основним показником є річні приведені витрати. Вони враховують річні експлуатаційні витрати на здійснення перевезень і утримання технічних засобів, а також річні амортизаційні відрахування. Також в річні витрати включають приведені до терміну окупності капітальні вкладення. При цьому термін окупності враховує моральне зношення технічного засобу, коли воно перестає відповідати сучасному рівню розвитку техніки. Кількість, маса, составність і середньохорова швидкість міської електрички залежить від технічного оснащення залізничного «кільця» і рухомого складу.

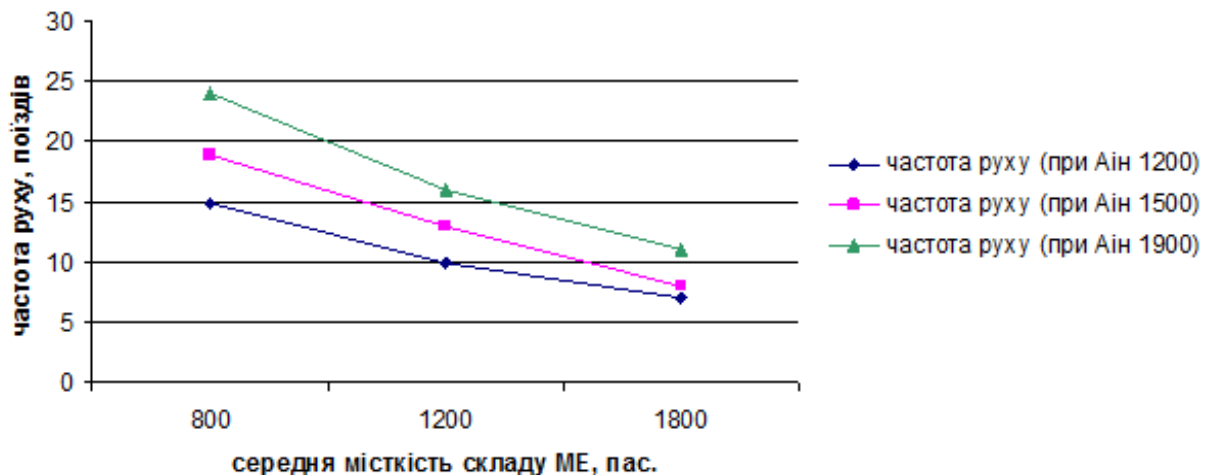
З врахуванням технічного оснащення залізничного «кільця» і обсягів перевезень пасажирів слід спочатку встановити бажану частоту руху електропоїздів N_{ME} , а потім визначити масу, составність і швидкість їх руху. При відомому пасажиропотоці у встановлені інтервали доби $A_{ін}$ і середній місткості складу ME $a_{сеп}$, частота руху поїздів складає, табл. 4.1 [2, 172]:

$$N_{me} = \frac{A_{ін}}{a_{сеп}}. \quad (4.1)$$

Таблиця 4.1 – Частота руху електропоїздів МЕ

№ з/п	$A_{ін}$, пас	$a_{сєр}$, пас	$N_{МЕ}$, поїздів
1	12000	800	15
2		1200	10
3		1800	7
4	15000	800	19
5		1200	13
6		1800	8
7	19000	800	24
8		1200	16
9		1800	11

Дані табл. 4.1 краще проаналізувати за рис. 4.1. напрашується висновок, що чим більший пасажиропотік, тим звісно більше необхідно і поїздів на кільці, при тому більша місткість складу приведе до зменшення необхідної частоти руху.

Рисунок 4.1 – Частота руху поїздів МЕ при різній місткості складу та пасажиропотоці

Досягти меншої частоти руху (для можливості пропуску інших пасажирських та вантажних поїздів по окремих станціях «кільця») можливо

при використанні рухомого складу з конструкцією вагонів більшої місткості (ЭД9М та ЭПЛ9Т).

Враховуючи, що частоту в поїздах можна визначити таким чином [2,146]:

$$N_{\text{ме}} = \frac{60}{I}, \quad (4.2)$$

де I - між поїзний інтервал міської електрички.

Тоді, порівнявши вирази (4.1) і (4.2), отримаємо рівність [2, 172]:

$$\frac{A_{\text{ін}}}{a_{\text{сеп}}} = \frac{60}{I}. \quad (4.3)$$

Потрібну місткість складу $\underline{\text{ME}}$ (в пасажирях) для заданого пасажиропотоку в певному інтервалі доби і наявності пропускної спроможності залізничного «кільця» можна визначити із виразу (4.3), так [2, 172]:

$$a_{\text{сеп}} = \frac{A_{\text{ін}} \cdot I}{60}, \quad (4.4)$$

$$m \cdot a_o = \frac{A_{\text{ін}} \cdot I}{60}, \quad (4.5)$$

де m - кількість вагонів у складі поїзда; a_o - місткість одного вагона.

Тоді кількість вагонів у складі електропоїзда $\underline{\text{ME}}$ буде [2, 172]:

$$m = \frac{A_{\text{ін}} \cdot I}{60 \cdot a_o}, \quad (4.6)$$

Середню місткість складу електропоїзду $\underline{\text{ME}}$ можна представити [2, 172]:

$$a_{\text{сеп}} = a_o \cdot \frac{Q_{\text{ме}}}{q_{\text{ме}}}, \quad (4.7)$$

де $Q_{\text{ме}}$ - маса електропоїзда брутто міської електрички; $q_{\text{ме}}$ - маса брутто одного вагона міської електрички.

Тоді, використовуючи вирази (4.4) та (4.27) маса електропоїзда брутто $\underline{\text{ME}}$ складе [2, 172]:

$$Q_{\text{ме}} = \frac{A_{\text{ін}} \cdot I \cdot q_{\text{ме}}}{60 \cdot a_o}, \quad (4.8)$$

Розрахунки маси електропоїзда бруutto Q_{ME} при різному пасажиропотоці та міжпоїзному інтервалі наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Маса електропоїзда бруutto Q_{ME} при різному пасажиропотоці та міжпоїзному інтервалі

$A_{ін}, пас$	$I, хв$	$Q_{ME}, т$ (при a_o 100%)	$Q_{ME}, т$ (при a_o 50%)	$Q_{ME}, т$ (при a_o 150%)
1	2	3	4	5
12000	5	90368,85	45368,85	135368,9
	15	271106,6	136106,6	406106,6
	20	361475,4	181475,4	541475,4
	30	542213,1	272213,1	812213,1
	40	722950,8	362950,8	1082951
15000	5	112961,1	56711,07	169211,1
	15	338883,2	170133,2	507633,2
	20	451844,3	226844,3	676844,3
	30	677766,4	340266,4	1015266
	40	903688,5	453688,5	1353689
19000	5	143084	71834,02	214334
	15	429252	215502	643002
	20	572336,1	287336,1	857336,1
	30	858504,1	431004,1	1286004
	40	1144672	574672,1	1714672

Наглядно зміну маси електропоїзда бруutto Q_{ME} можна прослідкувати по даних табл. 4.2 та з рис.4.2 – 4.4.

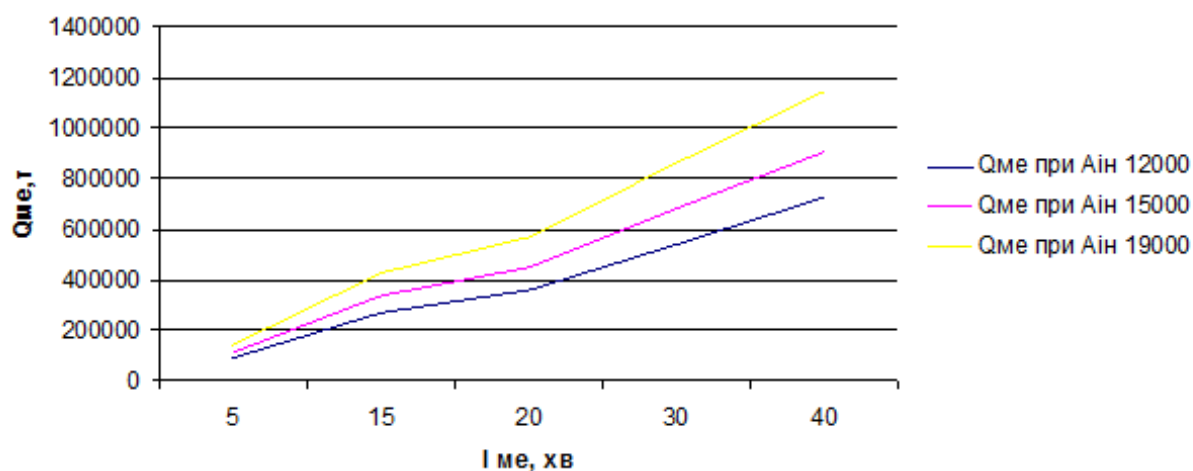


Рисунок 4.2 – Маса електропоїзда бруutto при повній населеності складу ME

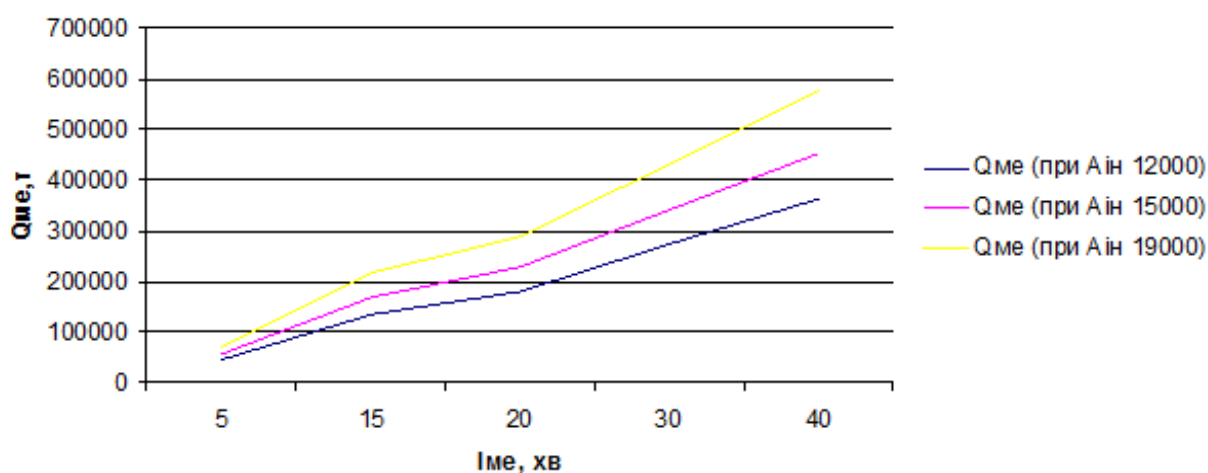


Рисунок 4.3 – Маса електропоїзда брутто при населеності складу ME 50%

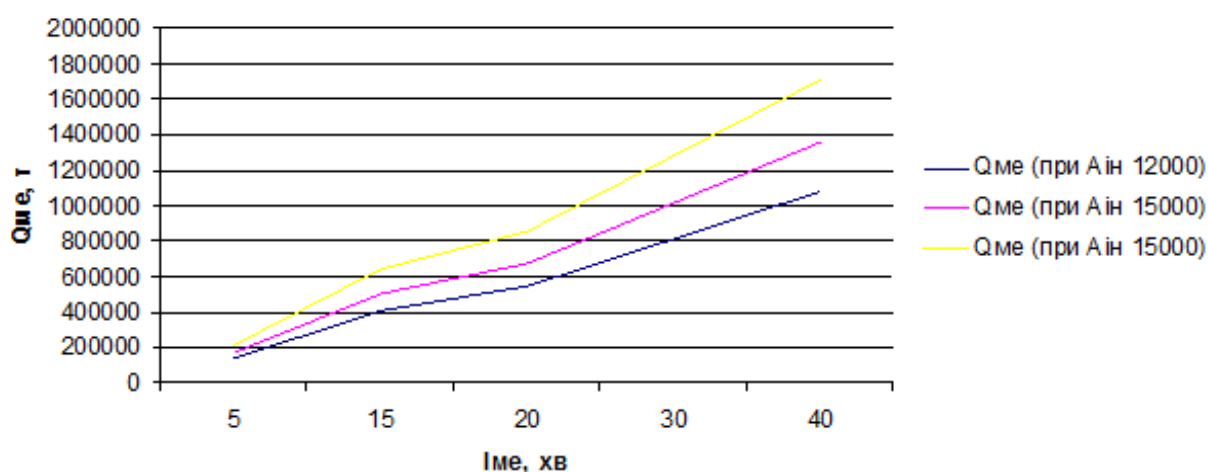


Рисунок 4.4 – Маса електропоїзда брутто при населеності складу ME 150%

Отримані результати розрахунків за формулами (4.1), (4.2), (4.4), (4.6), (4.7) і (4.8) встановлюють попередні параметри залізничного «кільця» в умовах поточної експлуатації. Крім того, наведені результати дають можливість визначення техніко-економічними розрахунками оптимальної маси і швидкості електропоїзда, підібрати тип рухомого складу.

В залежності від потужності пасажиропотоку $A_{ін}$ необхідно приймати різні склади електропоїзда при безумовному врахуванні величини наявної і необхідної пропускної спроможності. В умовах роботи електропоїздів ME в місті необхідно збільшити частоту руху на «кільці», для чого необхідно мати резерви пропускної спроможності.

Але при збільшеній частоті руху зменшиться очікування пасажирами електропоїздів на пасажирських платформах, що сприятиме зменшенню часу доставки пасажирів до кінцевого пункту. Також в умовах експлуатації МЕ з метою збільшення реальної місткості вагонів електропоїздів слід встановлювати оптимальну кількість вагонів в електропоїздах. Частий рух електропоїздів зменшеним складом може зменшити знаходження пасажирів на «кільці».

Встановлення раціональних параметрів залізничного «кільця» в умовах експлуатації в установлені періоди доби міської електрички повинна здійснюватися на основі техніко-економічних розрахунків з використанням математичної моделі, яка складається з декількох складових [2, 172, 173]:

1. Річні приведені витрати на електропоїзди.
2. Річні витрати на поїзні бригади.
3. Річні витрати, пропорційні механічній роботі електропоїзда.
4. Річні витрати, які пов'язані з перебуванням пасажирів в електропоїздах.
5. Річні витрати на зупинки електропоїздів МЕ.

Після виконаних розрахунків варіацію річних витрат пов'язаних з перебуванням пасажирів в електропоїздах можна простежити за рис. 4.5.

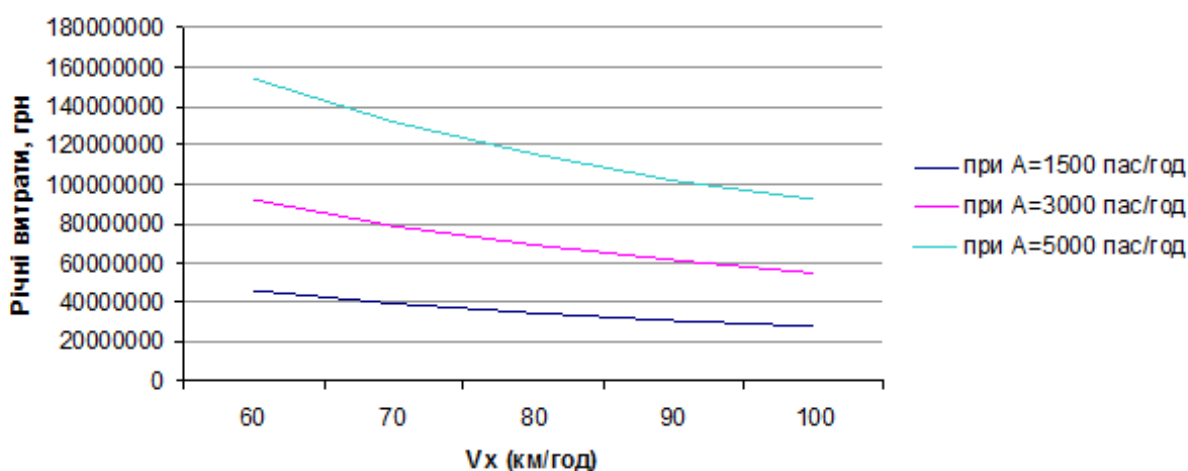


Рисунок 4.5 – Річні витрати, пов'язані з перебуванням пасажирів в електропоїздах у залежності від зміни пасажиропотоку

Визначення параметрів залізничного кільця для руху приміської електрички за методикою [2, 172] проф. Ф.П. Кочнева наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Визначення параметрів залізничного кільця для руху МЕ за методикою [2, 172]

№	Пасажиропотік за год., пас.	Річні приведені витрати на електропоїздн, грн.	Річні витрати на поїзні бригади, грн.		Річні витрати, пропорційні механічній роботі електропоїзда, грн.		Річні витрати, пов'язані з перебуванням пасажирів в електропоїздах, грн.	Річні витрати на зупинки електропоїздів, грн.		Сума всіх витрат, грн.
			m	2	m	3		m	5		6
1.	1500	77058926	2	328819	2	77348	9348907	2	4778955	91592955
			4	164409	4	32724		4	2391069	88996035
			6	109606	6	21816		6	1595108	88134363
			8	164409	8	32724		8	11971267	98576233
2.	3000	154117852	2	657638	2	154695	18697815	2	24284932	197912932
			4	328819	4	77347		4	12146512	185368345
			6	219212	6	51565		6	8100372	181186816
			8	164409	8	38673		8	6077302	179096051
3.	5000	256863087	2	1096064	2	257826	31163025	2	53074743	342454745
			4	548032	4	128913		4	26542678	315245735
			6	365354	6	85942		6	17698656	306176064
			8	274016	8	64456		8	13276645	301641229

Наочно загальні річні витрати відносно кількості перевезених пасажирів можна проаналізувати з рис. 4.6, 4.7, 4.8.

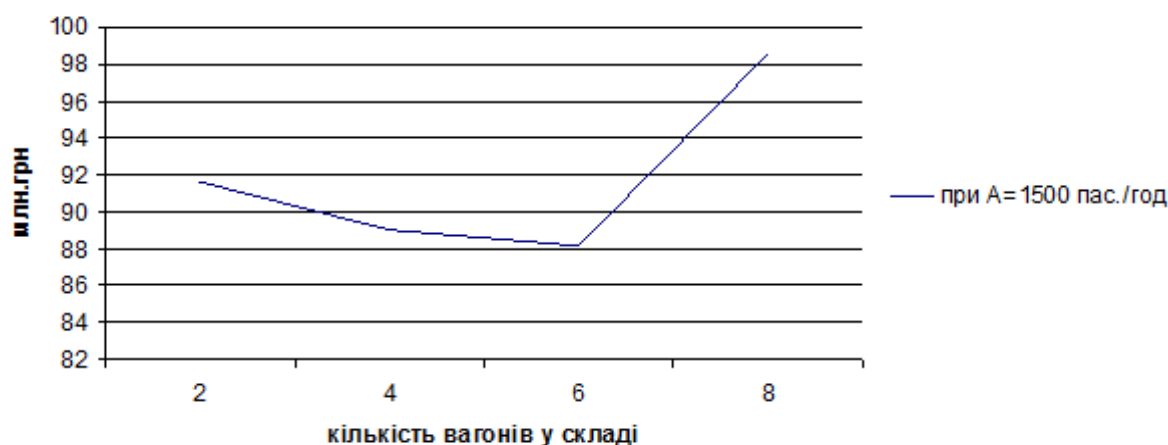


Рисунок 4.6 – Загальні річні витрати на функціонування залізничного «кільця» (при A=1500 пас./год)

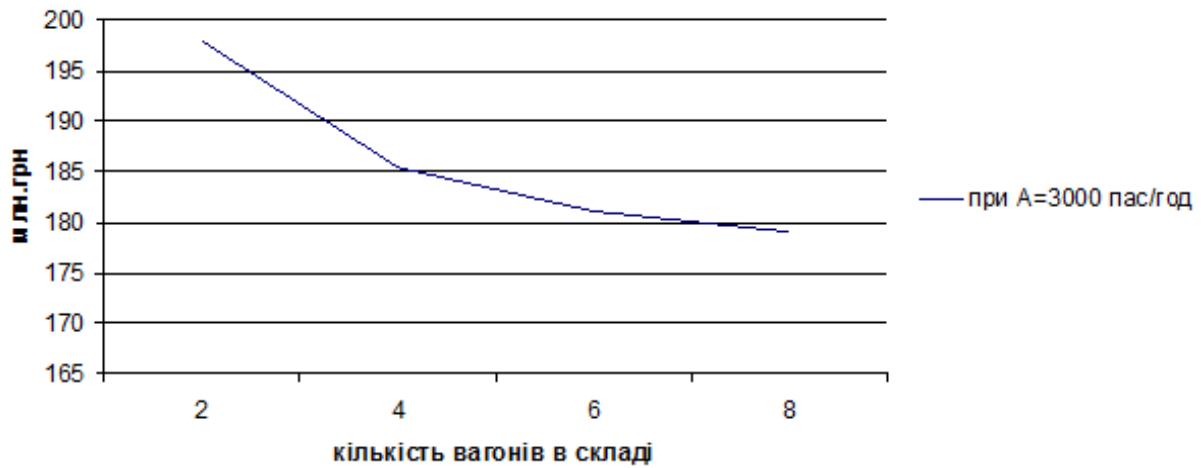


Рисунок 4.7 – Загальні річні витрати на функціонування залізничного «кільця» (при $A=3000$ пас./год)

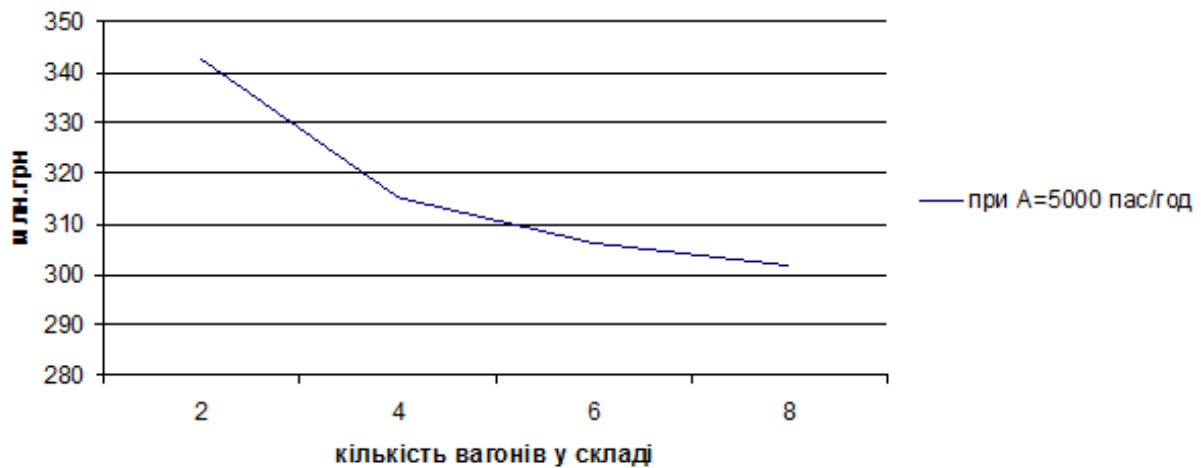


Рисунок 4.8 – Загальні річні витрати на функціонування залізничного «кільця» (при $A=5000$ пас./год)

Так, з рис. 4.6-4.8 наочно добре видно, що при найменшому пасажиропотоці 6 вагонів в складі електропоїзда є вигідним варіантом, при якому виконується умова найменших витрат, та при збільшенні пасажиропотоку витрати будуть збільшуватись, а умови для перевезення пасажирів стануть неналежними, тому необхідно вводити додатково вагони, і найбільш раціональним варіантом є 8 вагонів.

Отже, частоту і составність електропоїздів МЕ слід визначати за допомогою техніко-економічних розрахунків окремо для обох періодів руху МЕ за добу з безумовним дотриманням максимального використання місткості складів електропоїздів та забезпечення зручностей для пасажирів. Пасажир, прибувши (пішки або одним із міських видів пасажирського транспорту) на залізничну станцію «кільця», здійснює посадку і від'їжджає першим електропоїздом. Звичайно це призводить до перенаселення складу поїзда. Збільшення кількості електропоїздів (частоти обороту електропоїздів) забезпечить більш частіше їх прибуття на кожную станцію.

У результаті електропоїзди будуть швидше забирати пасажирів із пасажирських платформ, тим самим будуть зменшуватися час на очікування, населеність електропоїздів n буде використовуватися більш рівномірно – без частих і великих перевантажень. Враховуючи ту обставину, що електропоїзди МЕ обертаються в межах міста, як і будь-який вид внутрішньоміського пасажирського транспорту, і пасажирів в них слідують на короткі відстані, та (аналогічно приміському сполученню) можна припустити максимально допустиму місткість вагона з врахування проїзду людей стоячи.

Отже, у вагонах МЕ може бути допущена перенаселеність. Максимальна кількість пасажирів, які їдуть стоячи, може сягати до 50% від кількості сидячих місць у вагоні. Таким чином, у електропоїзді допускається проїзд людей стоячи у проходах вагона і тамбурах із розрахунку проїзду стоячих двох-трьох пасажирів 1 м^2 вільної частини площі вагона. Оптимізація частоти руху і составності (місткості вагонів) складає основу організації перевезень пасажирів у великому місті міською електричкою, від якої залежить ефективність функціонування «кільця». Враховуючи специфіку внутрішньоміських пасажиропотоків, яка проявляється у великій внутрішньодобовій їх нерівномірності, практично у всіх великих містах пасажиропотоки досягають максимальних значень вранці та ввечері.

Крім того, як свідчить практика, у великих містах щоденно користуються транспортом до 70% працездатного населення [174].

Тому для функціонування МЕ встановлено два періоди руху по «кільцю»: в періоди вранішніх максимальних пасажиропотоків і у вечірній період, коли громадяни потребують максимального транспортного обслуговування. Причому допускається перевантаження населення усіх електропоїздів до 50%. Коли розміри руху (частота обороту) електропоїздів в указані періоди доби встановлюються з врахуванням повного використання місткості складу, то кількість електропоїздів буде мінімальною, інтервали руху між ними будуть максимальними, а якість обслуговування пасажирів погіршиться. Це відбувається через те, що зросте тривалість їх очікування.

Крім того, економічні показники функціонування МЕ будуть в такому випадку найкращими тому, що кількість електропоїздів у встановленому періоді буде невеликою, з найбільш високим заповненням вагонів. Через це використання вагонів буде найкращим, що забезпечить найменші експлуатаційні витрати та низьку собівартість перевезень.

У випадку збільшення частоти руху поїздів МЕ протягом встановленого періоду доби населеність поїздів зменшиться, використання вагонів погіршиться, собівартість перевезень пасажирів зросте, а якість обслуговування покращиться. Це відбудеться через те, що при збільшенні розмірів руху пришвидшиться вивіз пасажирів із залізничних станцій «кільця». Вони будуть менше часу знаходитися на цих станціях – зменшиться тривалість очікування електропоїздів. Із наведеного виходить, що різна частота обороту електропоїздів МЕ неоднаково призводить до зручностей, чи до складнощів залізниці і пасажирам. Коли реалізується більш зручна система руху МЕ для залізниці (із зменшеними витратами) обслуговування пасажирів погіршується. І навпаки – при покращенні умов перебування пасажирів на станціях, втрачає залізниця. Тому при оптимізації частоти обороту і составності (населеності) електропоїздів слід знайти таке рішення, яке б одночасно задовольняло і пасажирів, і залізницю одночасно.

Знайти оптимальне рішення можна двома шляхами: порівнянням експлуатаційних витрат на рух певної кількості електропоїздів із витратами пасажирів на очікування електропоїздів або техніко-економічними розрахунками визначається оптимальна населеність, при якій окупляться витрати на призначення електропоїздів. У першому випадку спочатку визначається з використанням формули (3.19) загальні річні витрати пасажирів, пов'язаних з очікуванням поїздів:

$$E_{\text{оч}}^{\text{р}} = 365 \cdot \sum_{i=1}^k 0,5 \cdot N_{\text{ме}} \cdot a_{\text{гр}} \cdot I_{\text{ме}} \left(\frac{I_{\text{ме}}}{\tau_c} - 1 \right) \cdot e_{\text{пас-год}}, \quad (4.9)$$

де $\tau_c > I_{\text{ме}}$.

Варіанти значень загальних річних витрат пасажирів, пов'язаних з очікуванням поїздів зведені до табл. 4.4.

Приведені річні витрати на перевезення пасажирів на «кільці» необхідною кількістю поїздів визначаються за формулою:

$$E_{\text{пр}}^{\text{перк}} = E_{\text{н}} \cdot (K_{\text{м}} + K_{\text{п}}) + 365 \cdot N_{\text{ме}} \cdot E_{\text{пер}}^{\text{п.п}}, \quad (4.10)$$

де $E_{\text{н}}$ - добові експлуатаційні витрати на одну пару електропоїздів ME , грн.

Для порівняння добові експлуатаційні витрати, пов'язані з перевезеннями пасажирів на «кільці», які припадають на одну пару електропоїздів можна визначати за формулою з врахуванням [2, 172, 173]:

$$E_{\text{пер}}^{\text{п.п}} = L_{\text{к}} \cdot m \cdot e_{\text{в-км}} + \left(\frac{L_{\text{к}}}{V_{\text{д}}} + t_{\text{зол}} \right) \cdot m \cdot e_{\text{ваг-год}} + \left(\frac{L_{\text{к}}}{V_{\text{д}}} + t_{\text{л.бр}} \right) \cdot e_{\text{л.бр}} + \\ + \frac{L_{\text{к}} \cdot Q_{\text{ме}} \cdot V_{\text{е}} \cdot m \cdot e_{\text{е}}}{10000} + L_{\text{к}} \cdot Q_{\text{ме}} \cdot V_{\text{е}} \cdot m \cdot e_{\text{т-км}}, \quad (4.11)$$

Використання наведених методичних рекомендацій важливе при удосконаленні існуючої системи руху електропоїздів МП на залізничному «кільці» м. Києва, а також в інших транспортних вузлах при визначенні доцільності включення в певних межах залізничного транспорту в систему МПТ (човниковий, радіальний рух приміських поїздів, використання укорочених складів, рейковий автобус та ін.).

Таблиця 4.4 – Варіанти значень загальних річних витрат пасажирів, пов'язаних з очікуванням поїздів

№ п/п	Кількість електропоїздів, $N_{ме}$, поїздів	Інтервал між електропоїздами, $I_{ме}$, хв	Середня величина інтервалу надходження пасажирів, t_c , хв	Кількість пасажирів, l , яка надійшла протягом інтервалу $I_{ме}$, шт	Кількість транспортних засобів МПТ, яка підвезла пасажирів протягом $I_{ме}$, $n_{пт}$, шт	Середня група надходження до платформи, $a_{гр}$, пас.	Величина пасажиро-годин очікування, $\sum At_{оч}$, пас-год
1	4	35	1	40	45	2	119
2					60	6	357
3					90	10	595
4			3	13	95	2	45,5
5					120	6	136,5
6					150	10	227,5
7			5	8	15	2	27,125
8					20	6	81,375
9					30	10	135,625
1	5	30	1	35	45	2	104,4
2					60	6	313,2
3					90	10	522
4			3	12	95	2	39,6
5					120	6	118,8
6					150	10	198
7			5	7	15	2	23,4
8					20	6	70,2
9					30	10	117
1	6	25	1	30	45	2	84
2					60	6	252
3					90	10	420
4			3	10	95	2	31,5
5					120	6	94,5
6					150	10	157,5
7			5	6	15	2	18,375
8					20	6	55,125
9					30	10	91,875

Таким чином, можна обґрунтувати раціональну кількість електропоїздів на «кільці», економічний ефект від реалізації заходів по поліпшенню взаємодії МПТ із залізницею. Безумовно, що частота обертів составів електропоїздів на «кільці» із зменшенням складів буде збільшуватися. В умовах міста такий захід слід розглядати і обґрунтовувати тому, що реалізація його може надати пасажиром суттєві зручності.

Слід врахувати, що із збільшенням пасажиропотоку населеність електропоїзда зростає, при умові, що не збільшується кількість поїздів. Розміри руху електропоїздів можна визначити в умовах забезпечення рентабельності роботи залізничного «кільця». У випадку, коли собівартість перевезень пасажирів за допомогою «кільця» буде не більшою, ніж дохідна ставка, організація роботи МЕ вважається рентабельною.

4.2. Взаємодія в місті залізничного «кільця» і видів внутрішньоміського пасажирського транспорту

Серед усіх переміщень людей у великому місті особливо виділяються поїздки жителів від місця проживання до місця роботи. Їм притаманні такі особливості [6]: концентрація в часі; обов'язковість у здійсненні; терміновість.

Отже, такі поїздки мають стабільно-постійний характер в часі і в просторі. Тому на формування і розвиток транспортної мережі, її конфігурацію і потребу в переміщенні людей, а також на їх відносну стабільність дуже впливає розміщення населення територією міста відносно до розташування місць роботи.

Тобто, важливим фактором формування системи внутрішньоміського транспорту є територіальне взаємне розміщення промислових і житлових зон («спальних районів»). Система розміщення житла і промисловості в місті суттєво впливає на обсяги роботи видів МПТ.

В містах з розмежуванням житлової і промислової зони через їх взаємне віддалення жителі будуть щоденними пасажирами МПТ, який буде максимально завантаженим, а також із дисперсним розміщенням підприємств, як правило, значна частина жителів мешкає в зоні пішохідної доступності до місця роботи, що зменшує обсяги перевезень МПТ.

Крім того, в таких випадках майже вдвічі скорочується середня дальність поїздки пасажирів [6]. Цю обставину взаємодії населення міста з видами МПТ було використано при встановленні режиму руху МЕ по залізничному «кільцю» з врахуванням внутрішньодобової нерівномірності, яка має характерно виражені ранкові і вечірні «піки».

При вирішенні задачі поліпшення взаємодії МЕ із видами МПТ при здійсненні пасажироперевезень в місті важливо виявити очікувані пасажиропотоки, які будуть створювати навантаження на МЕ. Для виявлення пасажиропотоків, які перетинаються із залізничним «кільцем», і тому можуть скористатися послугами МЕ, важливо встановити характер переміщень населення в певні періоди доби як по частоті так і за напрямками.

Тому важлива задача – розрахунок кількості пересувань міського населення, яке матиме необхідність з метою скорочення тривалості поїздки використати МЕ.

Міське населення в залежності від місця розміщення роботи поділяється на групи: працівники містоутворюючих підприємств; працівники, які обслуговують підприємства; та інші непрацюючі громадяни (діти, пенсіонери, домогосподарки, інваліди). Містоутворюючими підприємствами є заводи, компанії, навчальні заклади, будівельні організації та інші виробничі структури, які протягом тривалого часу не змінюють свого місцезнаходження і штату працівників.

Тому довгий час їх обслуговують одні і ті ж громадяни, з яких утворюється постійний в часі, просторі і за величиною пасажиропотік. До підприємств, які обслуговують різні виробництва, відносяться: школи, лікарні, кафе, магазини, комунальні підприємства та ін. Працівники також

цих структур формують стабільний пасажиропотік. Люди, які не беруть участі у виробничому процесі складають 45-50% від всього населення міста [6].

Громадяни міста в залежності від відношення до виробництва (навчання, сфери обслуговування) по-різному використовують види МПТ. Тому для досягнення точності у визначенні пасажиропотоків встановлена така класифікація переміщень пасажирів [6]: трудові поїздки; ділові, які здійснюються протягом дня; навчальні, які враховують переміщення студентів, учнів шкіл.

Зазвичай основне навантаження на МЕ створюють лише трудові поїздки, тоді як інші категорії переміщень дають роботу МЕ лише у випадках співпадіння часу і напрямку їх поїздок з режимом функціонування залізничного «кільця». Крім того, при плануванні розвитку складових транспортної мережі міста слід враховувати культурно-побутові поїздки з дому, не з дому, а також, до якого об'єкта вони направлені [6].

Важливим критерієм вибору пасажиром виду МПТ є витрати часу на пересування, які складаються із декількох складових: витрати часу на перший і другий піший перехід; на очікування транспорту; на поїздки в транспорті.

Додатково необхідно враховувати втрату часу при здійсненні пересадок. При удосконаленні МПТ постає часто питання про підвищення швидкості переміщення з метою скорочення тривалості часу переміщення. Звичайно в реальних умовах є можливість скорочення названих трьох складових [6]: піші переходи можна скоротити в деякій мірі за рахунок підвищення щільності транспортної мережі; тривалість очікувань можна скоротити, скорочуючи маршрутні інтервали; тривалість поїздки в транспорті скорочується за рахунок підвищення швидкості сполучення.

Для забезпечення високої якості обслуговування пасажирів за рахунок очікувань транспортних засобів, які користуються будь-яким видом МПТ до станції залізничного «кільця», де здійснюють для подальшого переміщення

пересадку на електропоїзд МЕ, для кожної станції «кільця» необхідно розробляти схему розподілу пасажиропотоків між видами МПТ з урахуванням приміських пасажирів, які перетинають «кільце», і міською електричкою (рис. 4.9).

Згідно з такою схемою необхідно встановлювати параметри МПТ і МЕ. До таких параметрів слід віднести: кількість електропоїздів у визначений період доби; кількість вагонів у електропоїзді; населеність складу електропоїзда; інтервал руху електропоїздів в періоді; тип електропоїзду; графік руху електропоїздів в кожному періоді доби; типи транспортних засобів усіх видів МПТ, які здійснюють підвіз пасажирів до станції пересадки; місткість транспортних засобів МПТ; інтервал (розклад) руху транспортних засобів МПТ.

Установлення раціональних параметрів МПТ і МЕ забезпечує якісне обслуговування пасажирів при стійкому функціонуванні усіх видів пасажирського транспорту в пунктах пересадки з міського пасажирського транспорту на міську електричку і навпаки. Вихідні дані для побудови схеми розподілу пасажиропотоків (СРПП) дає картограма річних пасажиропотоків в місті. Вона дає достатню основу для вибору відповідного виду транспорту, проведення техніко-економічного обґрунтування доцільності його використання. Але вона не містить даних про необхідну провізну спроможність транспорту на конкретних лініях, про необхідну кількість транспортних одиниць, їх місткості, частоту слідування.

Такі дані можна отримати із картограми добових пасажиропотоків, яка будується на підставі матриці добових міжрайонних кореспонденцій. Вона дає точну відповідь про добове навантаження транспортної мережі.

Використовуючи дані про розподіл добового потоку протягом доби (по годинах доби), визначаються максимальні часові пасажиропотоки, згідно з якими визначається необхідна провізна спроможність виду МПТ в будь-якій частині транспортної мережі міста. В пунктах пересадки МЕ ці дані необхідно співставляти із можливостями залізничного «кільця».

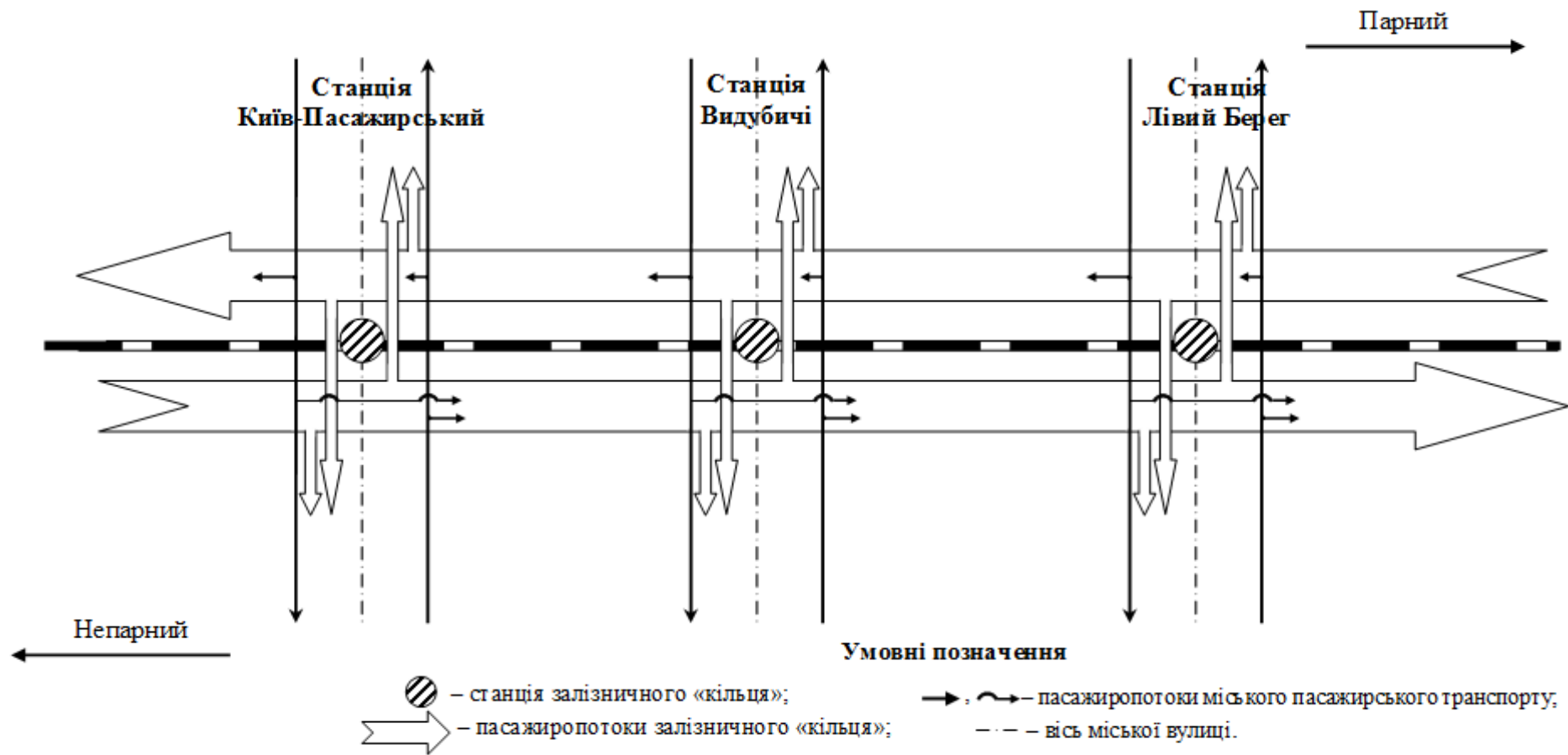


Рисунок 4.9– Взаємодія маршрутних пасажиропотоків МПТ із пасажиропотоками МЕ

Крім того, важливо для визначення параметрів залізничного «кільця» і видів МПТ встановити, яким чином взаємодіють пасажиропотоки МПТ та МЕ із ним у пункті пересадки.

Також необхідно використовуючи картограму пасажиропотоків, провести розкладку елементарних кореспонденцій по дільницях транспортної мережі міста, що дасть можливість виділити пасажиропотік, який припадає на кожний маршрут того чи іншого виду транспорту міста. Це необхідно здійснити для тих елементарних кореспонденцій, які перетинають залізничне «кільце» на станції пересадки.

Графіки маршрутних пасажиропотоків (річні, добові, максимальні за годину) дають можливість визначити необхідну кількість ТЗ в кожному виді МПТ, які виділяють для здійснення перевезень пасажирів на даному маршруті, а також по місткості установити тип рухомого складу [6].

Такий довгий порядок підготовки вихідних даних про конкретні пасажиропотоки міста дає можливість визначити величини пасажиропотоків, які будуть переходити із певного виду МПТ на МЕ (і навпаки), на підставі яких по кожному пересадочному пункту залізничного «кільця» буде проведено перевірку реальних можливостей кожного виду пасажирського транспорту (МПТ і МЕ) і тим самим буде забезпечено високий рівень їх взаємодії з мінімальними очікуваннями транспортних засобів і пасажирів на станції пересадки. Необхідна умова взаємодії (НУВ) міських видів пасажирського транспорту і залізниці така (з боку МПТ):

$$A_{\text{max год}}^{\text{МПТ}} \leq P_{\text{год}} \text{ ,} \quad (4.12)$$

де $A_{\text{max год}}^{\text{МПТ}}$ – максимальний розрахунковий годинний пасажиропотік в одному напрямку певного маршруту МПТ; $P_{\text{год}}$ – провізна спроможність виду МПТ в одному напрямку певного маршруту, пас/год.

Максимальний розрахунковий годинний пасажиропотік в одному напрямку певного маршруту МПТ складає:

$$A_{\text{max год}}^{\text{МПТ}} = \sum_{i=1}^n A_{\text{max год}}^{\text{б/п}} + \sum_{j=1}^k A_{\text{max год}}^{\text{з/п}}, \quad (4.13)$$

де $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ – кількість маршрутних пасажиропотоків МПТ, які проходять через конкретну станцію залізничного «кільця» без пересадок на

МЕ, та з пересадкою на (із) МЕ відповідно; $\sum_{i=1}^n A_{\text{max год}}^{\text{б/п}}$ – сума потужностей

маршрутних пасажиропотоків МПТ, які не здійснюють пересадки із транспортних засобів МПТ на МЕ на конкретній станції залізничного

«кільця»; $\sum_{j=1}^k A_{\text{max год}}^{\text{з/п}}$ – сума потужностей маршрутних пасажиропотоків

МПТ, які здійснюють пересадки із транспортних засобів МПТ на МЕ (або навпаки) на конкретній станції залізничного «кільця».

Необхідна умова взаємодії (НУВ) міських видів пасажирського транспорту і залізниці така (з боку залізничного «кільця»):

$$A_{\text{max год}}^{\text{ме}} \leq N_{\text{год}}^{\text{ме}} \cdot 1,5 \cdot a_c, \quad (4.14)$$

де $A_{\text{max год}}^{\text{ме}}$ – максимальний розрахунковий годинний пасажиропотік в

одному напрямку залізничного «кільця»; $N_{\text{год}}^{\text{ме}}$ – кількість електропоїздів

міської електрички за годину максимального пасажиропотоку; a_c –

населеність складу електропоїзду міської електрички.

Максимальний розрахунковий годинний пасажиропотік в одному напрямку залізничного «кільця» складає:

$$A_{\text{max год}}^{\text{ме}} = \sum_{l=1}^r A_{\text{max год}}^{\text{тр}} + \sum_{j=1}^k A_{\text{max год}}^{\text{з/п}}, \quad (4.15)$$

де $l = 1, 2, 3, \dots, r$ – кількість маршрутних пасажиропотоків МПТ, які проходять через конкретну станцію залізничного «кільця» транзитом і здійснили пересадки з маршрутів МПТ на МЕ на попередніх залізничних станціях.

Виконавши відповідні математичні дії з формулами (4.13) і (4.15) отримуємо:

$$\text{Із формули (4.13)} \quad \sum_{j=1}^k A_{\text{маx год}}^{s/p} = A_{\text{маx год}}^{\text{МПТ}} - \sum_{i=1}^n A_{\text{маx год}}^{b/p}; \quad (4.16)$$

$$\text{Із формули (4.15)} \quad \sum_{j=1}^k A_{\text{маx год}}^{s/p} = A_{\text{маx год}}^{\text{ме}} - \sum_{l=1}^r A_{\text{маx год}}^{\text{тр}}, \quad (4.17)$$

Прирівнюємо праві частини виразів (4.16) і (4.17) і отримуємо:

$$A_{\text{маx год}}^{\text{МПТ}} - \sum_{i=1}^n A_{\text{маx год}}^{b/p} = A_{\text{маx год}}^{\text{ме}} - \sum_{l=1}^r A_{\text{маx год}}^{\text{тр}}; \quad (4.18)$$

$$A_{\text{маx год}}^{\text{МПТ}} - \sum_{i=1}^n A_{\text{маx год}}^{b/p} = N_{\text{год}}^{\text{ме}} \cdot 1,5 \cdot a_c - \sum_{l=1}^r A_{\text{маx год}}^{\text{тр}}; \quad (4.19)$$

Із виразу (4.19) визначається кількість електропоїздів міської електрички за годину максимального пасажиропотоку і населеність складу електропоїзда МЕ при безумовній взаємодії видів МПТ та залізничного «кільця»:

$$N_{\text{год}}^{\text{ме}} = \frac{A_{\text{маx год}}^{\text{МПТ}} - \sum_{i=1}^n A_{\text{маx год}}^{b/p} + \sum_{l=1}^r A_{\text{маx год}}^{\text{тр}}}{1,5 \cdot a_c}, \quad (4.20)$$

$$a_c = \frac{A_{\text{маx год}}^{\text{МПТ}} - \sum_{i=1}^n A_{\text{маx год}}^{b/p} + \sum_{l=1}^r A_{\text{маx год}}^{\text{тр}}}{1,5 \cdot N_{\text{год}}^{\text{ме}}}, \quad (4.21)$$

Максимальний розрахунковий годинний пасажиропотік в одному напрямку певного маршруту МПТ можна представити через кількість

транспортних засобів різних видів МПТ , які працюють на даному маршруті, та їх місткість:

$$A_{\text{max год}}^{\text{МПТ}} = \sum_{i=1}^h n_{\text{ТЗ}}^i \cdot a_{\text{ТЗ}}^i . \quad (4.22)$$

Підставивши величину (4.22) в (4.20) визначається необхідна кількість транспортних засобів певного виду МПТ для конкретного маршруту та їх місткість . Для визначення необхідних параметрів МПТ і міської електрички в умовах їх повної взаємодії та забезпечення максимальних зручностей пасажиром на станціях пересадки слід враховувати взаємодію пасажиропотоків МПТ і МЕ (рис. 4.10). На залізничних станціях здійснюється злиття в загальний пасажиропотік певного виду транспорту та розділення маршрутних пасажиропотоків МПТ при переході їх на інший вид пасажирського транспорту. Таким чином здійснюється повна взаємодія різних видів пасажирського транспорту міста і при установленні їх раціональних параметрів забезпечується ефективне їх функціонування при здійсненні якісних перевезень пасажирів.

Блок-схема обґрунтування раціональних параметрів взаємодії в системі МПТ-ППП-МЕ наведена на рис. 4.11. З використанням наведених методичних рекомендацій і виконанням техніко-економічних розрахунків можна здійснювати перевірку доцільності використання того чи іншого виду МПТ в сполученні з МЕ, встановлювати найбільш раціональний вид МПТ в загальній системі пасажирського транспорту міста, тобто здійснити вибір виду МПТ.

Критеріями вибору виду МПТ є [6]: потужність пасажиропотоків; групи населення з метою поїздок; дальність поїздок; капітальні вкладення; експлуатаційні витрати; ступінь маневреності; план міста; величина міста; клімат; рельєф; характер населеного пункту; забезпеченість електроенергією, наявність резервів енергопотужностей; тривалість переміщення; швидкість переміщення.

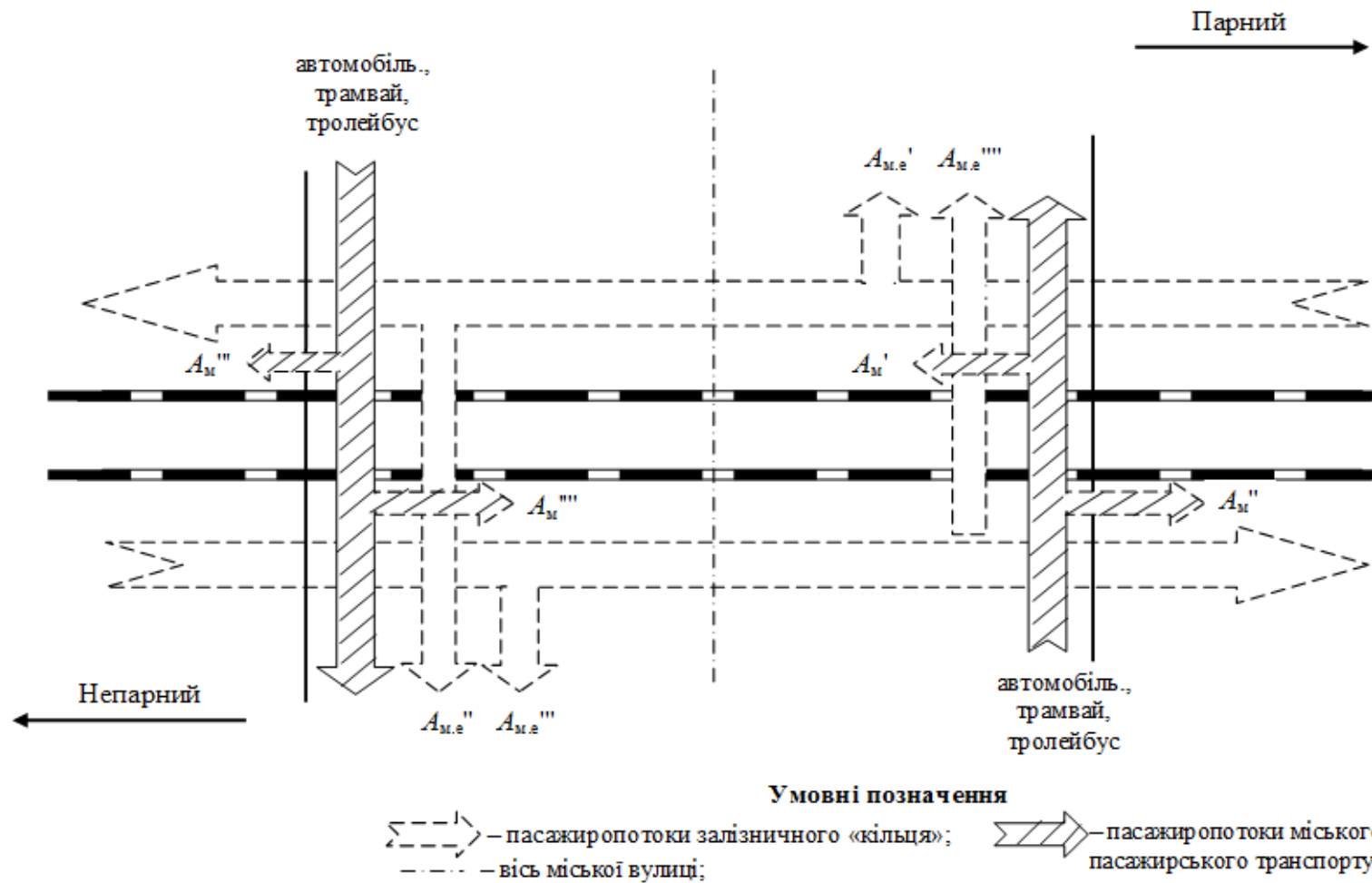


Рисунок 4.10 – Розподіл пасажиропотоків на залізничній станції «кільця» між міською електричкою та міськими видами пасажирського транспорту

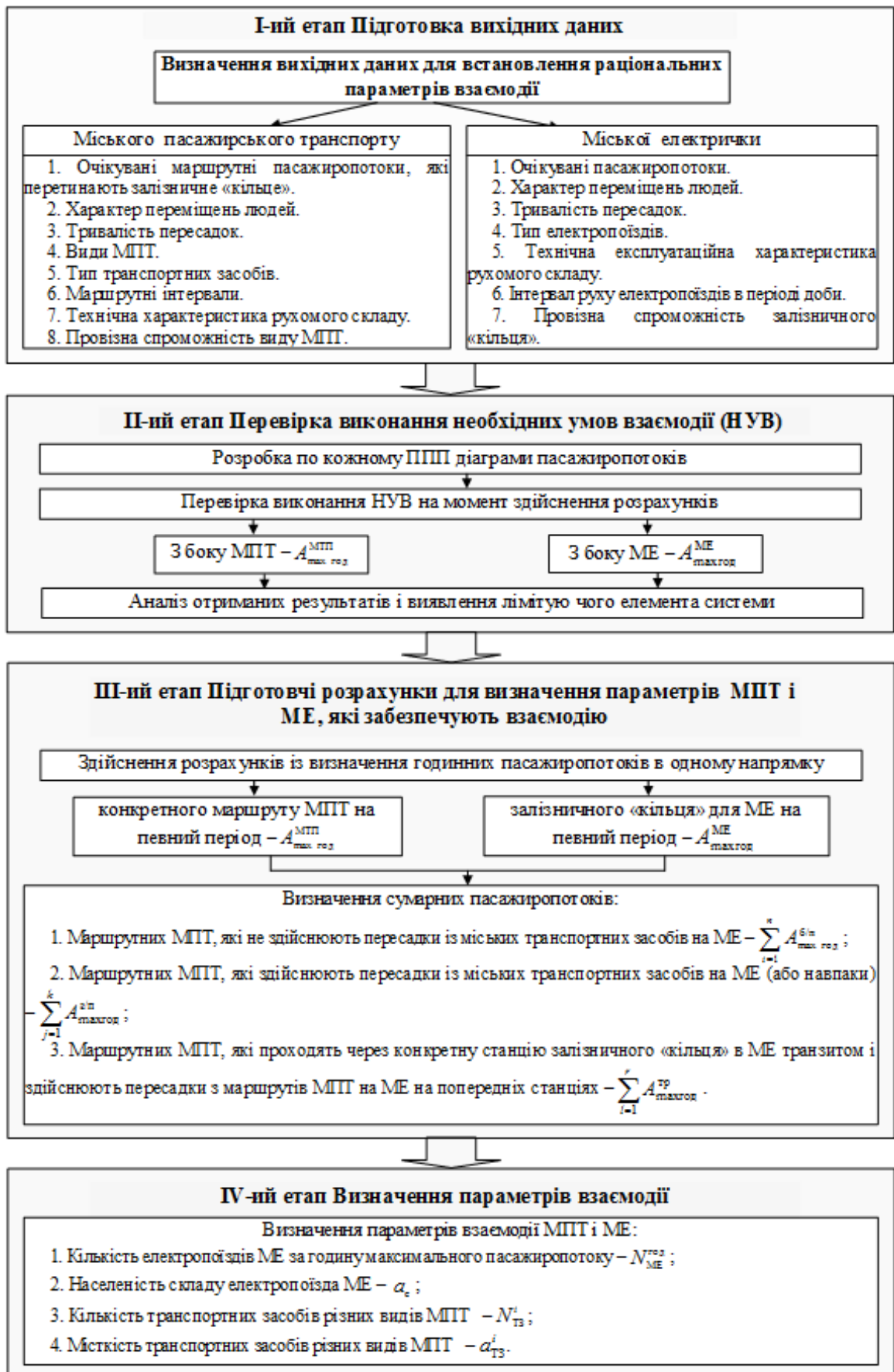


Рисунок 4.11 – Блок-схема обґрунтування параметрів експлуатації при взаємодії в системі МПТ-ППП-МЕ

Важливо визначити необхідну кількість ТЗ конкретного виду МПТ, які будуть підвозити пасажирів до залізничної станції «кільця» на пересадку на МЕ (і в зворотному напрямку) протягом устанавленого періоду роботи міської електрички (ранком, окремо ввечером). Розрахункова схема наведена на рис. 4.12 [6].

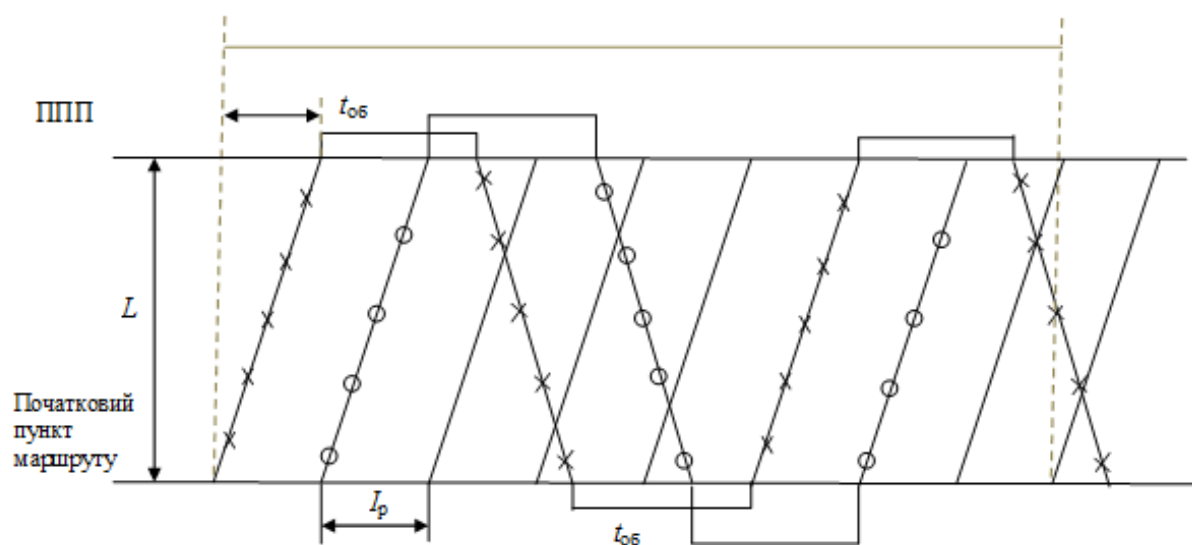


Рисунок 4.12 – Розрахункова схема визначення кількості транспортних засобів певного виду МПТ для підвозу пасажирів до станції пересадки залізничного «кільця»

На схемі (рис. 4.12) наведені наступні позначення: – встановлений період часу курсування міської електрички по залізничному «кільцю» (вранці або ввечері), год.; L – відстань між початковим пунктом маршруту МПТ, км; $t_{об}$ – тривалість обороту транспортного засобу певного виду МПТ, год; I_p – інтервал попутного руху транспортних засобів МПТ, год; V_c – швидкість сполучення транспорту, км/год.

Необхідна кількість транспортних засобів, що прибувають до станції пересадки залізничного «кільця» визначається [6]:

$$n_{тз} = \frac{T_{пер}^{ме} - \frac{60 \cdot l}{V_c}}{I_p} + 1. \quad (4.23)$$

Кількість прибуваючих транспортних засобів до станції пересадки в залежності від їх місткості визначається:

$$n_{\text{тз}} = \frac{A_{\text{пер}}^{\text{ме}}}{a \cdot a_{\text{мз}}}, \quad (4.24)$$

де $n_{\text{тз}}$ - кількість громадян, яких необхідно доставити до пункту пересадки за інтервал часу $T_{\text{пер}}$; a - коефіцієнт наповнення транспортних засобів (перевезення здійснюється в інтенсивний період доби, то слід прийняти $a = 1$); $a_{\text{мз}}$ - місткість транспортного засобу.

Прирівнявши вирази (4.23) і (4.24) отримуємо:

$$\frac{T_{\text{пер}}^{\text{ме}} - \frac{60 \cdot l}{V_c}}{I_p} + 1 = \frac{A_{\text{пер}}^{\text{ме}}}{a \cdot a_{\text{мз}}}, \quad \text{звідки } a_{\text{мз}} = \frac{I_p \cdot A_{\text{пер}}^{\text{ме}}}{\left(T_{\text{пер}}^{\text{ме}} - \frac{60 \cdot l}{V_c} + I_p \right) a}. \quad (4.25)$$

Результати, отримані за формулами (4.23), (4.24) і (4.25), порівнюють з величинами параметрів МПТ, аналізують їх. Слід враховувати, що параметри, отримані із необхідної умови взаємодії, враховують взаємні можливості та інтереси усіх видів транспорту пасажирського комплексу міста.

Методичний підхід, сформульований розрахунковою схемою (рис. 4.9) розкриває три випадки, враховуючи, що оборот будь-якого транспортного засобу визначається:

$$T_{\text{об}}^{\text{тз}} = \frac{60 \cdot l}{V_c} + t_{\text{об}}^i + \frac{60 \cdot l}{V_c} + t_{\text{об}}^r. \quad (4.26)$$

Тоді слід розглянути три випадки реально можливої експлуатації транспортних засобів:

1. якщо $T_{\text{пер}} = T_{\text{об}}^{\text{тз}}$, то $n_{\text{тз}}$ визначаються за формулою (4.23); корисних рейсів (повторне обслуговування пасажиропотоку за час $T_{\text{пер}}$) не буде;
2. якщо $T_{\text{пер}} > T_{\text{об}}^{\text{тз}}$, то $n_{\text{тз}}$ визначається за формулою (4.23); корисні (повторні) рейси транспортних засобів будуть; потреба в транспортних засобах буде мінімальною;

3. якщо $T_{\text{пер}} < \dots$, то $n_{\text{тз}}$ визначається за формулою (4.23), корисних рейсів транспортних засобів не буде.

При визначенні необхідної кількості транспортних засобів певного МПТ для підвезення (відвезення) пасажирів до станцій пересадки залізничного «кільця» беручи за основу запропонований методичний підхід в рамках системного підходу слід враховувати, що оборот усіх транспортних засобів конкретного МПТ здійснюється біля станції пересадки на МЕ. У практичній роботі МПТ буває, що певна частина ТЗ конкретного виду МПТ здійснює оборот не біля станції пересадки на МЕ, а в іншому місці. В таких випадках величина $n_{\text{тз}}$ визначається аналогічно, проте має бути здійснено корегування методичного підходу.

Реалізований системний підхід визначення раціональних параметрів взаємодії видів міського пасажирського транспорту у великих містах свідчить, що при виборі варіанта обслуговування станцій пересадки та вибору типу МПТ слід приводити детальні, всебічні і порівняльні розрахунки, здійснювати аналіз та вибирати варіант, який не погіршує якість обслуговування пасажирів і необхідної умови взаємодії різних видів міського пасажирського транспорту.

4.3 Програмна реалізація моделі взаємодії видів транспорту у вузлі

Математична модель оптимізації взаємодії системи МПТ-ППП-МЕ у великих транспортних вузлах, із використанням підходу запропонованого у [30], буде мати наступний вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{\text{ме}} = \sum Nl \cdot e_{\text{п-км}} + \sum At \cdot e_{\text{пас-год}} \rightarrow \min, \end{array} \right. \quad (4.27)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{\text{мпт}} = \sum_{i=1}^n e_{\text{км}}^i \cdot \sum_{j=1}^m L_{\text{зас}}^j + e_{\text{пас-год}} \cdot \sum_{j=1}^n A_j t_j \rightarrow \min, \end{array} \right. \quad (4.28)$$

де Nl – сумарні поїздо-кілометри пробігу за період в одному напрямку, поїздо-км; $e_{п-км}$ – ставка за поїздо-кілометр, грн; $\sum At$ – сумарні пасажиро-години очікування, пас-год; $e_{пас-год}$ – ставка за пасажиро-години очікування МЕ; i – вид МПТ ($i=1,2, 3, \dots, n$); j – конкретний ТЗ певного виду МПТ ($j=1,2, 3, \dots, m$); $L_{заг}$ – загальна відстань пробігу певного виду МПТ; $e_{км}^i$ – вартість одного за кілометру пробігу певного виду МПТ; $e_{пас-год}^i$ – вартість однієї пас-год очікування МПТ.

Математична модель оптимізації взаємодії системи МПТ-ППП-МЕ у великих транспортних вузлах після перетворень матиме наступний вигляд:

$$F_{заг} = Nl \cdot e_{п-км} + e_{пас-год} \left(\sum_{i=1}^d A_i t_i + \sum_{j=1}^n A_j t_j \right) + \sum_{i=1}^n e_{км}^i \cdot \sum_{j=1}^m L_{заг}^j \rightarrow \min, \quad (4.29)$$

При цьому будуть діяти наступні обмеження:

$$n_{вМЕ}^м \geq a_{пас}^{iМПТ}, i = 1 \dots 5 \quad (4.30)$$

$$\sum_{i=1}^5 n_{вМПТ}^{im} \geq A_{МЕ}, \quad (4.31)$$

$$\sum_{i=1}^5 a_{пас}^{МПТ} \leq a, \quad (4.32)$$

де $n_{вМЕ}^м$ – кількість вільних місць в МЕ; $a_{пас}^{МПТ}$ – місткість МПТ; $n_{вМПТ}^м$ – кількість вільних місць в МПТ; $A_{МЕ}$ – місткість МЕ; a – населеність електропоїзда МЕ;

Отже, сутність умов (4.27) та (4.28) полягає у тому, що високий рівень взаємодії усіх видів МПТ в певному ППП буде забезпечено, коли має місце баланс наявними вільними місяцями в ТЗ та реальною кількістю пасажирів, які здійснюють пересадку із ТЗ одного виду МПТ в ТЗ іншого МПТ. Проте,

в ідеалі через наявність реальних складнощів у функціонуванні системи внутрішньоміських пасажирських перевезень досягнення умов (4.27) та (4.28) досить складно, оскільки діє ряд обмежень (4.30)–(4.32).

Етапність моделювання в процесі реалізації задачі мінімізації витрат на функціонування транспорту та витрат на пасажирогодини очікування транспортних засобів представлена на рис. 4.13.

Для демонстрації роботи моделі було розроблено приклад даних, сформульовано та розв'язано оптимізаційну задачу (4.29) – (4.32).

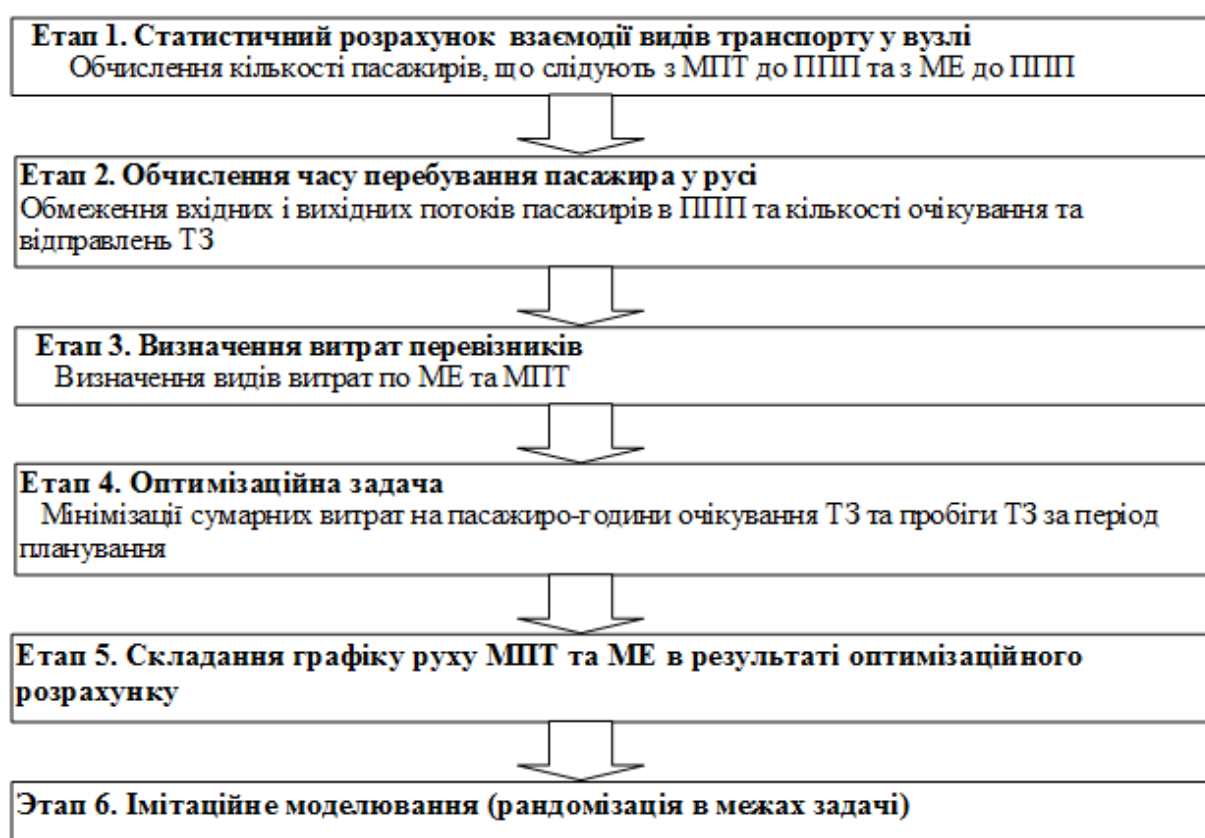


Рисунок 4.13 – Етапність моделювання в процесі реалізації задачі мінімізації витрат на функціонування транспорту та витрат на пасажирогодини очікування транспортних засобів

Вихідні дані для моделі будуть наступні:

$$x_1 = N, \quad 4 \leq x_1 \leq 8, \text{ составів.}$$

$$x_2 = e_{\text{п-км}}, \quad 3500 \leq x_2 \leq 4500, \text{ грн}$$

$$x_3 = e_{\text{пас-год}}, 3 \leq x_3 \leq 8, \text{ грн}$$

$$l \text{ (групи пасажирів)} 2 \leq l \leq 30,$$

$$l_{\text{МПП}} 2 \leq l \leq 10,$$

$$x_4 = \text{кількість маршруток}, 15 \leq x_4 \leq 100,$$

$$x_5 = \text{кількість автобусів}, 15 \leq x_5 \leq 50,$$

$$x_6 = \text{кількість тролейбусів}, 4 \leq x_6 \leq 15,$$

$$x_7 = \text{кількість трамваїв}, 3 \leq x_7 \leq 11,$$

$$x_8 = \text{кількість складів метро}, 3 \leq x_8 \leq 14.$$

Умови обмеження матимуть такий вигляд:

$$1) n_{\text{ВМЕ}}^{\text{М}} \geq a_{\text{пас}}^{\text{МПП}}, i = 1 \dots 5$$

$$(130x_1 \geq 20x_4 / 40x_5 / 40x_6 / 70x_7 / 200x_8)$$

$$130x_1 \geq 200x_8$$

$$2) \sum_{i=1}^5 n_{\text{МПП}}^{\text{М}} \geq A_{\text{МЕ}},$$

$$4x_4 + 8x_5 + 8x_6 + 14x_7 \geq 660x_1$$

$$3) \sum_{i=1}^5 a_{\text{пас}}^{\text{МПП}} \leq a$$

$$20x_4 + 40x_5 + 40x_6 + 70x_7 + 200x_8 \leq 1200$$

Підготовлена для оптимізації задача записувалась у форматі математичного пакету Maple-18 канадської фірми Waterloo Maple Inc. Загальний вигляд запису задачі представлено на рис. 4.14. Здійснені розрахунки дозволяють визначити оптимальне співвідношення МПП та МЕ за різними сценаріями оптимізації взаємодії системи МПП-ППП-МЕ у м. Києві.

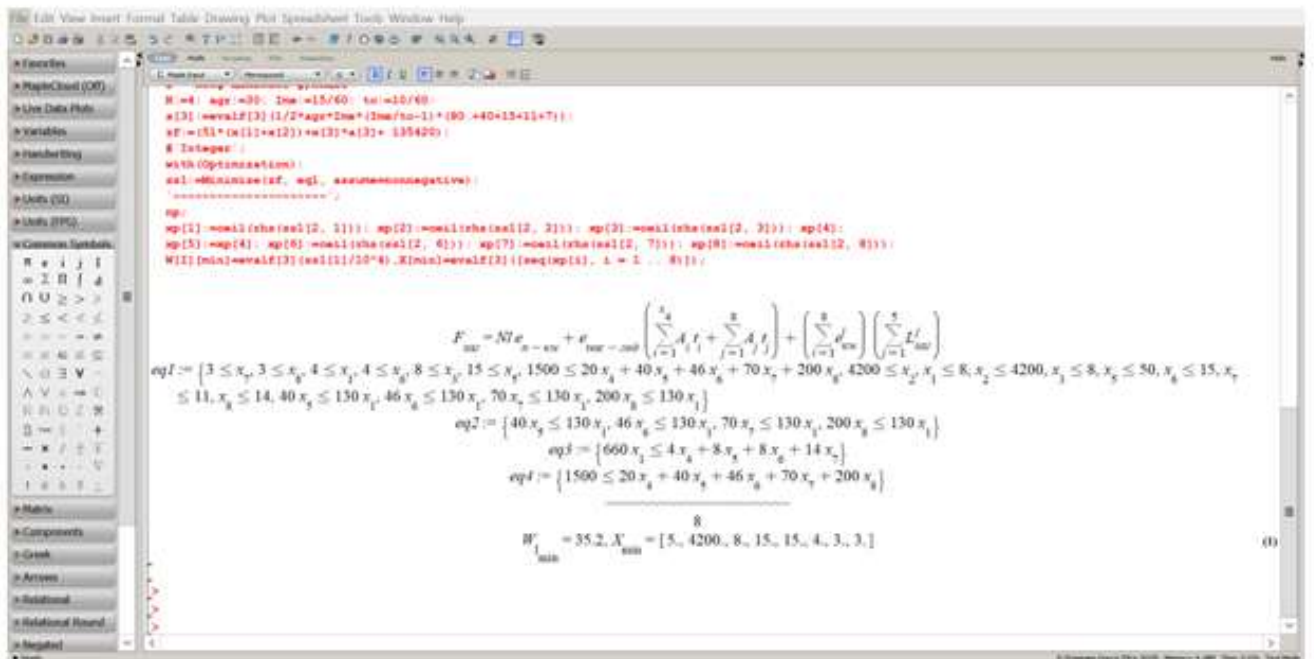
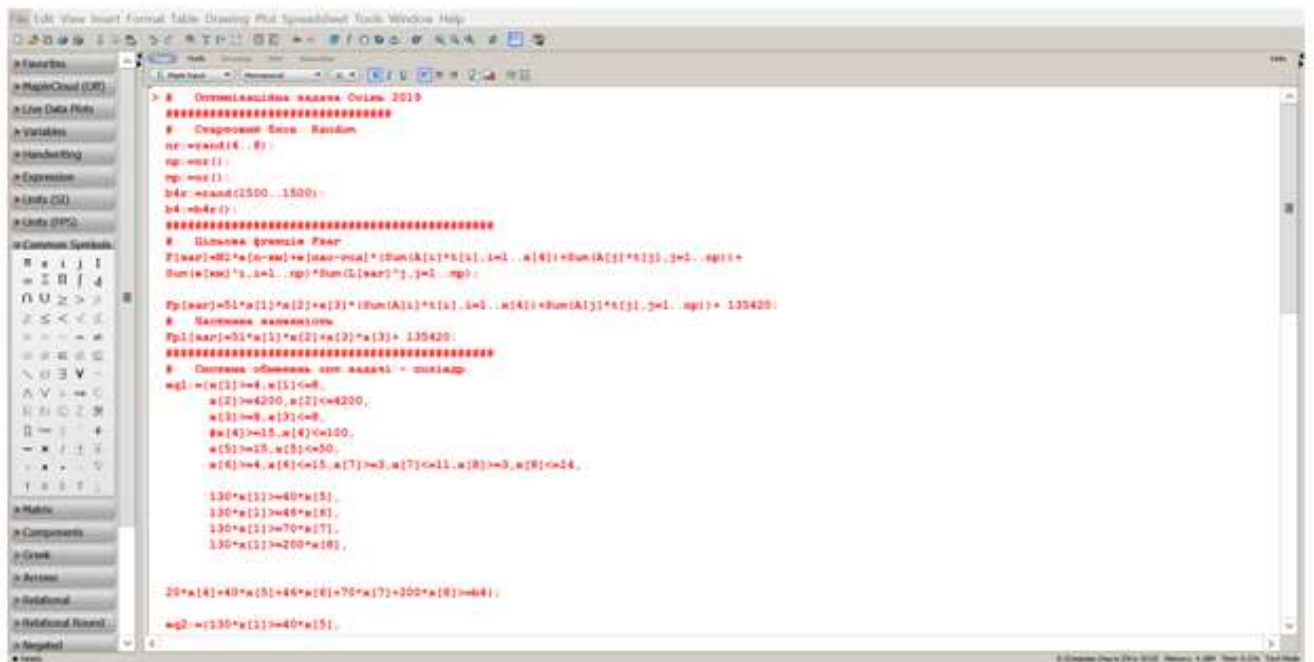


Рисунок 4.14 – Запис задачі у форматі математичного пакету Maple-18

Підготовлена для оптимізації задача записувалась у форматі пакету Maple -18 у такому вигляді:

$$F_{\text{заг}} = Nl e_{n-\text{км}} + e_{\text{нас-год}} \left(\sum_{i=1}^4 A_i t_i + \sum_{j=1}^5 A_j t_j \right) + \left(\sum_{i=1}^5 e_{\text{км}}^i \right) \left(\sum_{j=1}^7 L_{\text{заг}}^j \right)$$

$$\begin{aligned}
eq1 &:= \{ 3 \leq x_7, 3 \leq x_8, 4 \leq x_1, 4 \leq x_6, 8 \leq x_3, 15 \leq x_5, \\
&1500 \leq 20x_4 + 40x_5 + 46x_6 + 70x_7 + 200x_8, 4200 \\
&\leq x_2, x_1 \leq 8, x_2 \leq 4200, x_3 \leq 8, x_5 \leq 50, x_6 \leq 15, x_7 \\
&\leq 11, x_8 \leq 14, 40x_5 \leq 130x_1, 46x_6 \leq 130x_1, 70x_7 \\
&\leq 130x_1, 200x_8 \leq 130x_1 \} \\
eq2 &:= \{ 40x_5 \leq 130x_1, 46x_6 \leq 130x_1, 70x_7 \leq 130x_1, \\
&200x_8 \leq 130x_1 \} \\
eq3 &:= \{ 660x_1 \leq 4x_4 + 8x_5 + 8x_6 + 14x_7 \} \\
eq4 &:= \{ 1500 \leq 20x_4 + 40x_5 + 46x_6 + 70x_7 + 200x_8 \}
\end{aligned}$$

Загальний опис програми:

```

# Стартовий блок Random
nr:=rand(4..8):
nr:=nr():
nr:=nr():
b4r:=rand(1500..1500):
b4:=b4r():
#####
# Цільова функція Fзаг
F[заг]=N1*e[п-км]+e[пас-
год]*(Sum(A[i]*t[i],i=1..x[4])+Sum(A[j]*t[j],j=1..nr))+
Sum(e[км]^i,i=1..nr)*Sum(L[заг]^j,j=1..nr);

Fr[заг]=51*x[1]*x[2]+x[3]*(Sum(A[i]*t[i],i=1..x[4])+Sum(A[j]*t[j]
],j=1..nr))+135420:
# Частинна залежність
Fr1[заг]=51*x[1]*x[2]+x[3]*a[3]+135420:
#####
# Система обмежень опт задачі - поліедр
eq1:={x[1]>=4,x[1]<=8,
      x[2]>=4200,x[2]<=4200,
      x[3]>=8,x[3]<=8,
      #x[4]>=15,x[4]<=100,
      x[5]>=15,x[5]<=50,
      x[6]>=4,x[6]<=15,x[7]>=3,x[7]<=11,x[8]>=3,x[8]<=14,

      130*x[1]>=40*x[5],
      130*x[1]>=46*x[6],

```

```

130*x[1]>=70*x[7],
130*x[1]>=200*x[8],

20*x[4]+40*x[5]+46*x[6]+70*x[7]+200*x[8]>=b4};

eq2:={130*x[1]>=40*x[5],
130*x[1]>=46*x[6],
130*x[1]>=70*x[7],
130*x[1]>=200*x[8]};

eq3:={4*x[4]+8*x[5]+8*x[6]+14*x[7]>=660*x[1]};

eq4:={20*x[4]+40*x[5]+46*x[6]+70*x[7]+200*x[8]>=b4};

if (np = 8) then xp[4]:=15 end if:
if (np = 7) then xp[4]:=20 end if:
if (np = 6) then xp[4]:=25 end if:
if (np = 5) then xp[4]:=30 end if:
if (np = 4) then xp[4]:=35 end if:

#####
# Коеф цільової функції
N:=4: agr:=30: lme:=15/60: tc:=10/60:
a[3]:=evalf[3](1/2*agr*lme*(lme/tc-1)*(80.+40+15+11+7)):
zf:=(51*(x[1]+x[2])+x[3]*a[3]+ 135420):
#`Integer`;
with(Optimization):
ss1:=Minimize(zf, eq1, assume=nonnegative):
`~~~~~`;
np;
xp[1]:=ceil(rhs(ss1[2, 1])): xp[2]:=ceil(rhs(ss1[2, 2])):
xp[3]:=ceil(rhs(ss1[2, 3])): xp[4]:
xp[5]:=xp[4]: xp[6]:=ceil(rhs(ss1[2, 6])):
xp[7]:=ceil(rhs(ss1[2, 7])): xp[8]:=ceil(rhs(ss1[2, 8])):
W[I][min]=evalf[3](ss1[1]/10^4), X[min]=evalf[3]([seq(xp[i], i =
1 .. 8)]);

```

Задача розв'язувалась близько 15 хвилин на машині з процесором Intel Core i7- i7-4790S @ 3.2 GHz. Окремі варіанти вирішення задачі у форматі математичного пакету Maple-18 наведені на рис. 4.15.

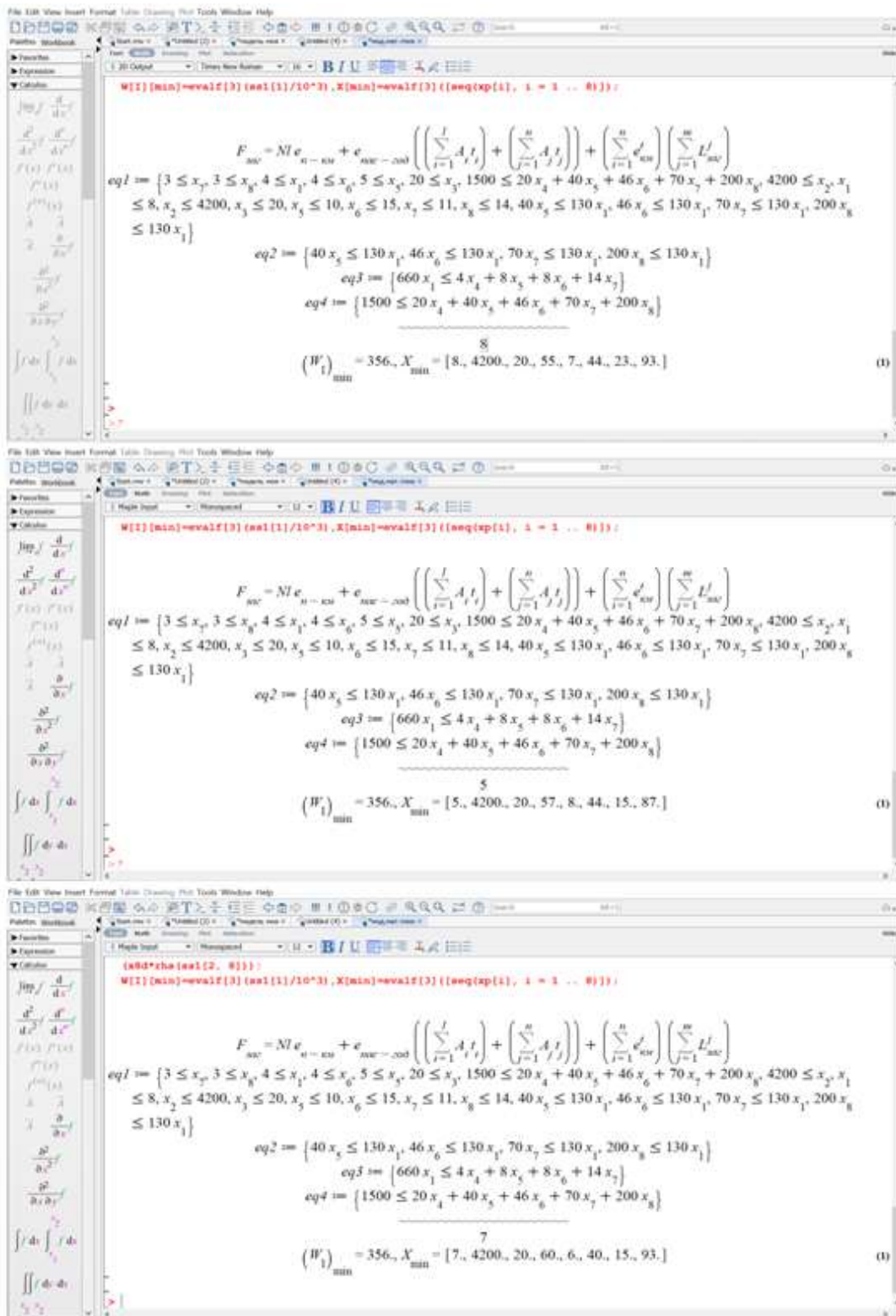


Рисунок 4.15 – Окремі варіанти вирішення задачі

Отже, визначене оптимальне співвідношення МТП та МЕ у відповідності до різних сценаріїв оптимізації взаємодії системи МПТ-ПП-МЕ у м. Києві дозволяє стверджувати, що існує потреба у збільшенні провізних ємностей МЕ при існуючому рівні використання МТП.

4.4. Практичні рекомендації розвитку технологічної взаємодії засобів міського пасажирського транспорту у великих містах

За останні десятиріччя у час ринкових перетворень міський пасажирський транспорт (МПТ) у великих містах вимушений функціонувати в умовах частих змін зовнішнього і внутрішнього середовища: тривалої економічної кризи в державі, приватизації транспортних ресурсів, відсутності поточної державної економічної політики та перспектив розвитку усіх складових такої економіки, катастрофічного зносу основних фондів видів транспорту і промислових підприємств, стихійного формування конкурентного ринку перевезень та ін. Протягом цього періоду стала інтенсивно розвиватися конкуренція на транспортному ринку, здійснюється перерозподіл обсягів перевезень та зміна традиційних сфер використання різних видів пасажирського транспорту, в тому числі і у великих містах. В цілому зміни здійснюються повільно, але в правильному напрямку з метою найкращого задоволення транспортних потреб населення.

В таких умовах загострюється проблема збалансування попиту над пропозицією транспортних послуг, що вимагає реалізації системного підходу та системності в розвитку взаємодії видів міського пасажирського транспорту для підвищення якості транспортного обслуговування людей, особливо у великих містах, в яких щоденно користуються міськими видами транспорту до 70% працездатного населення.

Порушення балансу між попитом і пропозицією транспортних послуг обумовлена перш за все нестачею або непридатністю рухомого складу для виконання перевезень, високим фізичним і моральним зносом транспортної техніки, недостатньою пропускнуною спроможністю транспортних комунікацій та їх перенасичення транспортними засобами. В сучасних умовах МПТ стає вузьким місцем забезпечені транспортної мобільності населення в містах. Тому створення умов для максимального і якісного задоволення попиту людей в перевезеннях – дуже актуальне завдання сучасності. Вирішення його

вимагає проведення комплексної модернізації МПТ в рамках перспективних генеральних планів розвитку міст, що суттєво ускладнюється через тяжке фінансове положення у державі в цілому і міських громад зокрема.

Пропозиція транспортної продукції формується під впливом ряду факторів, витoki яких лежать як всередині системи МПТ, так і ззовні її. Сукупність таких факторів діє в середовищі, в якому функціонують усі види МПТ, тому їх слід поділити на дві складові: зовнішнє середовище – це пасажери, конкуренти, ринкова ситуація, посередники, законодавчі органи, органи місцевого самоврядування та інші структури; внутрішнє середовище – функціональні структури МПТ, техніка, технологія транспортного виробництва, продуктивність праці, кваліфікація персоналу та інші. Слід зазначити, що зовнішнє середовище не піддається безпосередньому впливу конкретного транспортного підприємства певного виду МПТ, а внутрішнє середовище змінюється (удосконалюється) керівництвом транспортного підприємства.

До основних факторів внутрішнього середовища слід віднести: розвиненість маршрутної мережі, технічний і технологічний рівень виду МПТ та рівень використання трудових ресурсів. Основні фактори зовнішнього середовища є конкуренти та їх фінансовий стан і особливості їх технології, рівень (гострота) конкурентної боротьби на транспортному ринку, можливість використання гнучкої цінової політики, державне регулювання транспортного ринку, фінансовий стан користувачів транспортних послуг.

Керування будь якого транспортного підприємства МПТ спрямоване на мінімізацію експлуатаційних витрат і в той же час на досягнення високої якості транспортного обслуговування пасажирів, що сприяє збільшенню обсягів перевезень, а відповідно, і доходів підприємств. Для оцінки якості транспортного обслуговування людей і функціонування самих транспортних підприємств існує система показників для кожного виду МПТ [184–186]. Якість транспортного обслуговування характеризує інтерес людей в

перевізному процесі тому, що вони його рівень оцінюють при виборі виду транспорту.

Важливим і беззаперечним показником якості перевезень є швидкість або термін доставки, протягом якого будь-який вид транспорту виконує всю сукупність операцій в початковому і в кінцевому пункті поїздки, а також на шляху прямування. Із швидкістю перевезень пов'язаний показник транспортної доступності, який був вперше введений В.Н. Бугременком [187] і представляє собою середній час, необхідний для поїздки пасажира із будь-якого місця регіону (міста) до іншого місця. Цей показник призначений для виявлення і усунення вузьких місць в транспортній інфраструктурі. В системі роботи МПТ залізничний час поїздки пасажира включає такі елементи [21]:

- тривалість підходу пасажира до зупинки;
- очікування пасажиром транспортного засобу;
- посадка пасажирів у транспортний засіб;
- переміщення пасажирів у транспортному засобі;
- переміщення пасажира після висадки в кінцевому пункті до місця призначення.

Важливим елементом загального часу поїздки пасажира в транспортному засобі є власне перевезення пасажирів, тривалість якого залежить від багатьох факторів [21]. На його величину впливає тип рухомого складу, швидкість руху, конфігурація вуличної мережі, затримка транспортних засобів у світлофорів, на перехрестях, швидкість руху на перегонах між зупиночними пунктами, простой на пасажирських пересадочних пунктах (ППП).

В межах прискорення переміщення пасажирів в межах міста в системі «міська електричка – міський пасажирський транспорт» – необхідно забезпечувати належний рівень взаємодії залізничного кільця МЕ і маршрутів різних видів МПТ в пасажирських посадочних пунктах (ППП).

Для цього необхідно забезпечити взаємну ув'язку реальних пасажирських потоків видів МПТ і МЕ, для чого важливо підібрати і запустити в роботу такий рухомий склад по місткості міської електрички МЕ і маршрутів МПТ, щоб у кожному ППП не було затримок пасажирів через відсутність на конкурентній мережі місць розміщення пасажирів у відповідному транспортному засобі МЕ і виду МПТ. Табло для кожного ППП на певний момент відправлення конкурентного електропоїзда міської електрички (МЕ) необхідно забезпечити виконання необхідної умови ($HU_{\text{ППП}}$) (рис. 4.16).

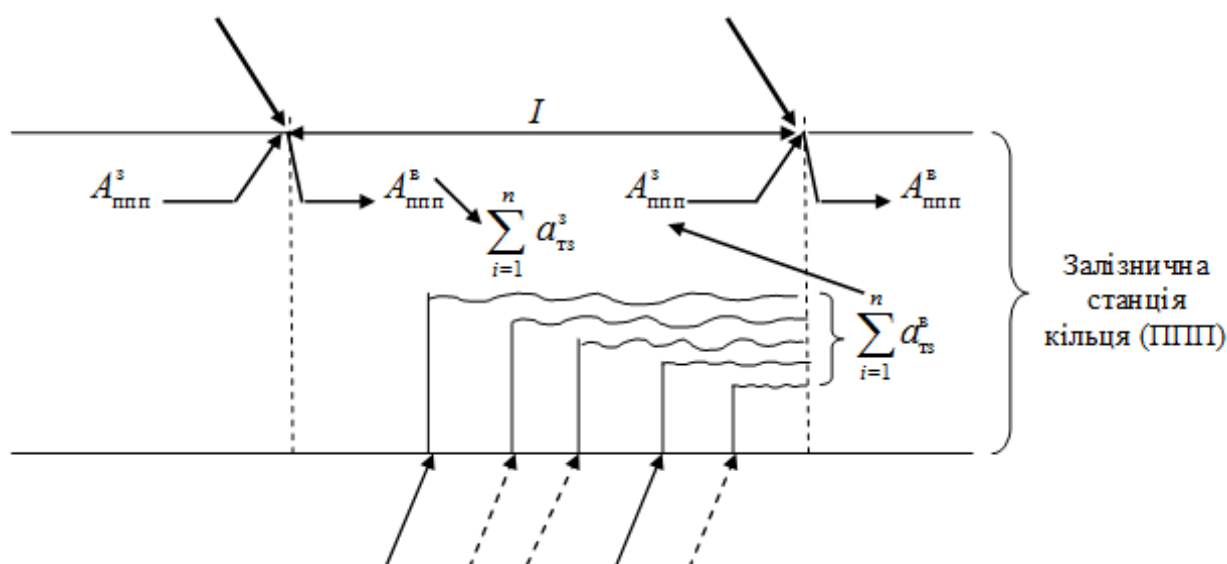


Рисунок 4.16 – Графік ув'язки пасажиропотоків між електропоїздом МЕ і транспортними засобами МПТ

На рис. 4.16 наведені такі позначення:

I – інтервал між моментами прибуття на залізничну станцію (на ППП) електропоїзда та міської електрички (МЕ);

$A_{\text{ППП}}^{\text{B}}$ – кількість пасажирів, які вийшли із електропоїзда на залізничній станції (на ППП);

$A_{\text{ППП}}^{\text{З}}$ – кількість пасажирів, які зайшли в електропоїзд на залізничній станції (на ППП);

$\Sigma a_{\text{ТЗ}}^{\text{В}}$ – кількість пасажирів, яких доставили на ППП транспортні засоби МПТ протягом інтервалу I ;

$\Sigma a_{\text{ТЗ}}^{\text{З}}$ – кількість пасажирів, які залишили транспортні засоби МПТ протягом інтервалу I ;

$i = 1, 2, 3 \dots$ – кількість транспортних засобів МПТ, які прибули на ППП протягом інтервалу I .

Виходячи із рис. 4.11 необхідна умова НУ_{ППП} взаємодії МЕ і видів МПТ в кожному ППП представляється в такому вигляді:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n a_{\text{ТЗ}}^{\text{В}} &\leq A_{\text{ППП}}^{\text{З}}, \\ A_{\text{ППП}}^{\text{В}} &\leq \sum_{i=1}^n a_{\text{ТЗ}}^{\text{З}}. \end{aligned} \quad (4.33)$$

Крім того, з метою недопущення перевантаження рухомого складу МЕ і МПТ важливо для кожного ППП забезпечити дотримання таких співвідношень:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n a_{\text{ТЗ}}^{\text{З}} &\leq \sum_{i=1}^n a_{\text{ТЗ}}^{\text{В}}, \\ A_{\text{ППП}}^{\text{З}} &\leq A_{\text{ППП}}^{\text{В}}. \end{aligned} \quad (4.34)$$

Отже, виходячи із умов (4.33) і (4.34) необхідно кожній залізничній станції кільця (кожному ППП) забезпечити баланс пасажиропотоків для кожного електропоїзда МЕ і маршрутами МПТ. Дотримання балансу пасажиропотоків сприятиме якісному забезпеченню необхідного попиту населення перевезення в місті без перевантажень транспортних засобів МЕ і видів МПТ. Для цього необхідно по кожному ППП виконати перевірку виконання НУ_{ППП} та прийняти правильні рішення щодо раціоналізації руху електропоїздів МЕ і транспортних засобів на тих міських маршрутах видів МПТ, які включають в себе ППП, стикуючись із МЕ.

У випадках, коли виконується умова (4.33) для МЕ і маршрутів МПТ з метою високого заповнення транспортних засобів і дійсних умов проїзду пасажирів важливо забезпечити таке:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n a_{ТЗ}^6 - \sum_{i=1}^n a_{ТЗ}^3 &= \Delta a_{ТЗ} \rightarrow 0, \\ A_{ППП}^6 - A_{ППП}^3 &= \Delta A_{ППП} \rightarrow 0. \end{aligned} \tag{4.35}$$

Порушення співвідношень (4.35) не забезпечує комфортний і безпечний проїзд пасажирів в системі МЕ – МПТ. Отже, важливою задачею в сучасних умовах разом із повним задоволенням реального попиту і комфортних умов поїздок пасажирів як електропоїздом МЕ, так і в транспортних засобах МПТ, є покращення використання рухомого складу МЕ і МПТ.

Другою важливою складовою взаємодії, крім залізничного кільця в пасажирській системі «міська електричка – міський пасажирський транспорт» в кожному пасажирському пересадочному пункті (ППП) є конкретні маршрути МПТ. Кожний ППП має свої особливості:

- транспортні засоби різних видів МПТ, що підводять пасажирів до МЕ і відправляють від неї в залежності від реальних потреб пасажирів мають свої особливості: перш за все місткість, швидкість характеристики, різний рівень комфортабельності, різну вартість проїзду, різні інтервали руху та ін.;
- певний розподіл між ППП потоків, зафіксованими за конкретними маршрутами певних видів МПТ.

Загальна кількість транспортних засобів для кожного виду МПТ розраховується в залежності від обсягу пасажирських перевезень в місті з врахуванням розподілу всього обсягу транспортної роботи міста між ними.

При цьому враховується річна кількість пасажирів, яка припадає на даний вид транспорту; середня дальність поїздки пасажирів, коефіцієнти сезонної і добової нерівномірності; середня тривалість роботи транспорту за добу; середня зважена місткість транспортної одиниці; коефіцієнти середньодобового наповнення транспортної одиниці і використання рухомого складу.

Кількість рухомого складу на кожному маршруті повинна відповідати вимогам організації руху на маршрутах: відповідним величинам реальних пасажиропотоків, враховувати добову нерівномірність, призначати на маршрут транспортні засоби з різною місткістю в залежності від протяжності маршруту, враховуючи умови їх проходження кожного ППП та інше. Тому загальна кількість транспортних одиниць по місту розподіляється по маршрутах пропорційно кількості пасажиро-кілометрів, які припадають на кожний маршрут.

Здійснюється перевірка достатності для обслуговування розрахункової кількості пасажирів конкретного маршруту по лімітуючому перегону з максимальним пасажиропотоком з врахуванням необхідної частоти руху на перегоні (одиниць/годину) і тривалістю дуги на маршруті (відрізок часу між двома послідовними виходами однієї і тієї ж транспортної одиниці з одного ж і того ж кінцевого пункту); розрахована кількість транспортних одиниць для маршруту повинна бути перевірена по величині маршрутного інтервалу, величина якого коливається, як правило, в межах від 2 до 8 хв.

Розподіл транспортних засобів за маршрутами слід здійснювати за двома аспектами: при виконанні перспективних розрахунків і в процесі оперативної організації руху. Для удосконалення взаємодії міської електрички і видів МПТ в кожному ППП слід розглядати функціонування цієї системи в зазначених двох аспектах: розробити систему заходів на перспективу і підготувати заздалегідь інструментарій для своєчасних змін організації руху транспортних засобів в оперативній організації руху, яка вимагає більш точних розрахунків на кожен день для прийняття рішень з покращення умов перевезень пасажирів на підставі конкретних вихідних даних, які можуть змінюватися цілодобово.

Отже, виконуючи розрахунки для пасажирської транспортної системи «міська електричка – міський пасажирський транспорт» щодо її розвитку на перспективу кількість транспортних засобів (ТЗ) на кожному маршруті повинна визначатися в залежності від розміру частки пасажиропотоку між

різними маршрутами. Важливим моментом у розрахунках є досягнення необхідного рівня поточності визначення кількості ТЗ та їх перспективних пасажиропотоків, а необхідно враховувати при визначенні перспектив розвитку не лише транспортних технологій, а й різноманітної техніки на рівні світових стандартів.

Міські маршрути в будь-якому місці мають відрізнятися один від одного, незважаючи на наявність однакових характеристик, тому правильність розподілу транспортних засобів за маршрутами необхідно перевіряти по величині коефіцієнта середньодобового наповнення ТЗ (для перспективних розрахунків рекомендується приймати рівним 0,25–0,30; в реальних розрахунках можна приймати рівним 1), у відповідності до [6], який для всіх маршрутів приблизно повинен дорівнювати:

$$a_n = \frac{M_i}{365 \cdot V_e \cdot W_i \cdot \Theta_{\text{тз}} \cdot h}, \quad (4.36)$$

де M_i - обсяг роботи конкретного виду МПТ на i -ому маршруті (пас-км);

V_e - експлуатаційна швидкість на i -ому маршруті конкретного виду МПТ (км/год), (для трамвая 15-16; тролейбуса 16-17; автобус 17-18 км/год).

h - кількість годин роботи конкретного виду МПТ за добу (14-15 год);

W_i - кількість транспортних засобів (в русі) на конкретному маршруті виду МПТ; $\Theta_{\text{тз}}$ - середньозважена місткість рухомого складу на даному маршруті.

Крім того, кількість транспортних засобів на будь-якому маршруті певного виду МПТ в русі визначається ще так [6]:

$$W_i = \frac{T}{t_m}, \quad (4.37)$$

де T – тривалість їздки, хв.;

t_m – величина маршрутного інтервалу між транспортними одиницями, хв.

Перевірку за формулою (4.36) рекомендується здійснювати для годин у час «пік». Важливо враховувати в розрахунках нерівномірність пасажиропотоків протягом доби в часі. Різкі збільшення внутрішньоміських

пасажиropотоків створюють зазвичай вранці і у вечірні «пікові» навантаження, протягом яких функціонує МЕ. Зазвичай, кількість рухомого складу на маршруті (а отже, кількість пасажиромісць, які надаються) повинна відповідати змінам обсягів пасажирських перевезень протягом дня. Тому вона не може бути постійною протягом доби. Недостатня кількість транспортних засобів (зменшення пасажиромісць) викликає переповнення рухомого складу і порушення комфортності поїздки. При надлишку транспортних засобів (наявність зайвих пасажиромісць) призводить до надлишкових експлуатаційних витрат, а в результаті - до зростання собівартості перевезень. Ідеальним є незначна наявність запропонованих пасажиромісць.

Необхідно прагнути, щоб найбільша кількість рухомого складу на маршруті оберталась лише в періоди максимальних розмірів пасажирських перевезень-години «пік» (в періоди функціонування МЕ). В інші періоди дня (в періоди складу пасажиропотоків) слід зменшувати кількість ТЗ при випуску на лінію. Тому виникає потреба у введенні різної змінності в роботі ТЗ. Крім того, якщо буде в результаті аналізу виявлено на певних маршрутах значна величина коефіцієнта наповнення L_H (перебільшення нормального заповнення), або значні його коливання за різними маршрутами, слід здійснювати перерозподіл ТЗ між маршрутами, не порушуючи величини маршрутних інтервалів з врахуванням необхідних гнучкостей пасажирів.

Була визначена послідовність раціонального варіанта технології роботи залізничного кільця МЕ. Здійснена перевірка видами МПТ на кожному ППП. Правильність розподілу транспортних засобів за маршрутами перевірено по величині коефіцієнта середньодобового наповнення ТЗ та залежно від величини маршрутного інтервалу між транспортними одиницями та тривалості поїздки.

Була виконана спроба перевірити дотримання умов (4.33–4.35) по всім ППП пасажирської системи «міська електричка – міський пасажирський транспорт». Здійснений повний аналіз показав, що у 95,53% випадків умови виконуються. Фрагмент результатів аналізу після реалізації системного підходу наведено у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Фрагмент результатів аналізу дотримання взаємодії між елементами пасажирської системи «міська електричка – міський пасажирський транспорт» після реалізації системного підходу

№ з.п.	Назва залізничної станції (ППП)	Вид МПТ	Наповнення транспортних засобів на момент відправлення конкретного складу електропоїзда МЕ із конкретної залізничної станції (ППП) за напрямками руху												Середнє наповнення ТЗ
			Парний						Непарний						
			Номера складів поїздів						Номера складів поїздів						
			7307/ 7308	7309/ 7310	7311/ 7312	7313/ 7314	7315/ 7316	...	7409/ 7410	7411/ 7412	7413/ 7414	7415/ 7416	7417/ 7418	...	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ранок															
1.	Дарниця	МЕ	0,52	0,68	0,84	1,05	1,11		0,59	0,69	0,81	1,04	1,17		0,89
		автобус	0,53	0,72	0,91	1,03	1,15		0,57	0,71	0,91	1,01	1,09		0,81
		трамвай	0,49	0,69	0,86	1,12	1,13		0,44	0,67	0,81	0,96	1,12		0,76
		тролейбус	0,47	0,64	0,84	0,98	1,16		0,43	0,62	0,83	1,02	1,14		0,83
2.	Видубичі	МЕ	0,44	0,65	0,81	1,14	1,17		0,53	0,74	0,92	1,04	1,08		0,85
		автобус	0,45	0,67	0,84	0,94	1,15		0,43	0,71	0,94	1,05	1,12		0,82
		трамвай	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		тролейбус	0,41	0,63	0,87	1,04	1,17		0,39	0,63	0,84	0,97	1,11		0,83
3.	Почайна	МЕ	0,46	0,67	0,84	1,11	1,14		0,54	0,72	0,91	0,98	1,09		0,77
		автобус	0,47	0,61	0,82	0,97	1,13		0,44	0,71	0,92	1,04	1,11		0,82
		трамвай	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		тролейбус	0,42	0,65	0,82	0,91	1,17		0,41	0,73	0,92	1,04	1,12		0,81
4.	Лівобережна	МЕ	0,51	0,64	0,83	0,98	1,09		0,57	0,63	0,83	1,07	1,19		0,86
		автобус	0,57	0,71	0,93	1,01	1,12		0,53	0,73	0,89	1,04	1,07		0,79
		трамвай	0,44	0,68	0,82	1,13	1,14		0,43	0,69	0,79	0,94	1,09		0,78
		тролейбус	0,45	0,67	0,81	0,97	1,15		0,41	0,64	0,81	1,01	1,11		0,81

...
Вечір

...

□

Результати реалізації задачі мінімізації витрат на функціонування транспорту та витрат на пасажирогодини очікування транспортних засобів (4.29)–(4.32) із врахуванням умов (4.33– 4.35) за 100 найкращими сценаріями наведені на рис. 4.16. Максимальну економію експлуатаційних витрат при досягненні високого рівня якості перевезень на суму 219,79 тис. грн. за рік отримано за сценарієм №45.

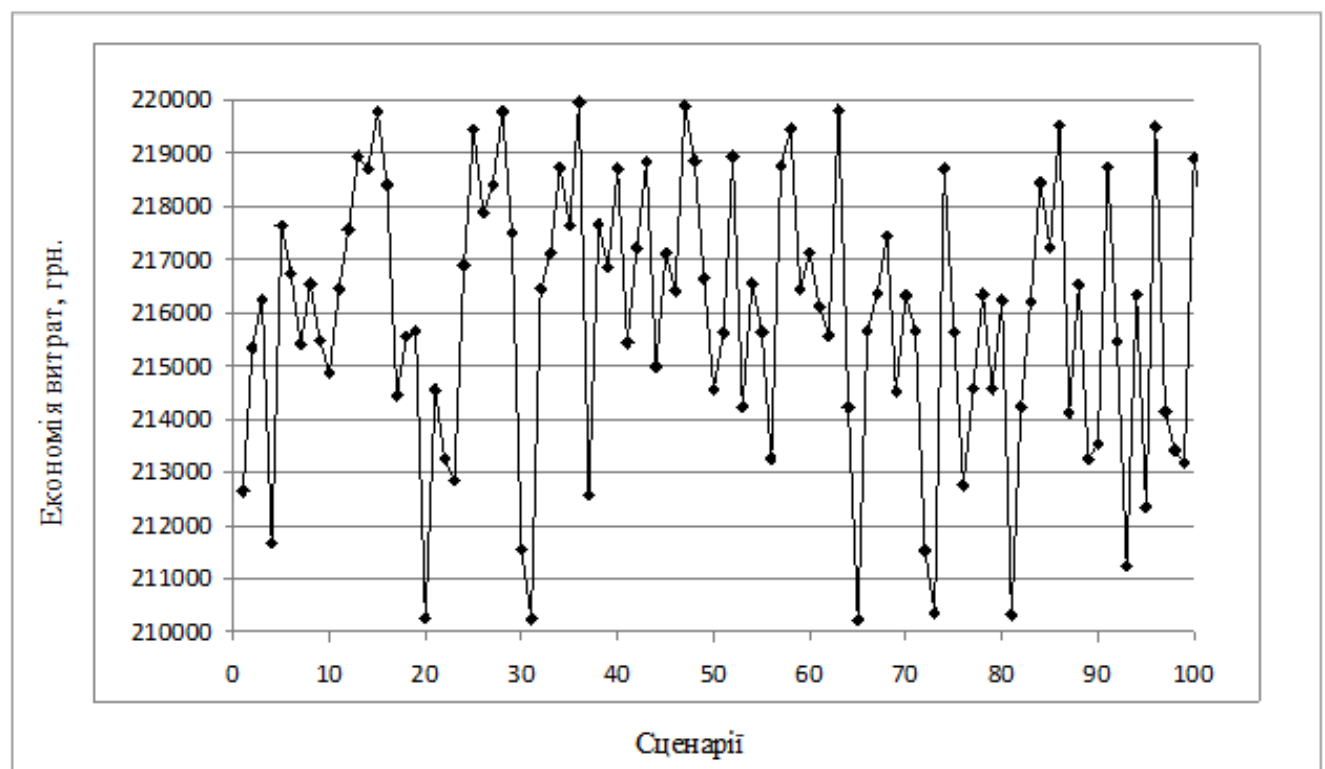


Рис. 4.16. Результати реалізації задачі мінімізації витрат на функціонування транспорту та витрат на пасажирогодини очікування транспортних засобів за 100 найкращими сценаріями (розраховано автором)

Отже, було доведено, що у разі використання запропонованого у роботі інструментарію стає можливим забезпечення скорочення витрат на функціонування міського пасажирського транспорту при досягненні високого рівня якості перевезень у м. Києві на 219,79 тис. грн. на рік за найкращим сценарієм.

4.5. Висновки до розділу 4

1. Здійснено раціоналізацію частоти обороту і составності електропоїздів міської електрички за методичними рекомендаціями. Критерієм оптимізації кількості електропоїздів, маси, составності та швидкості руху електропоїздів визначено мінімум приведених витрат. Отримані результати розрахунків дозволили встановити попередні параметри залізничного «кільця» в умовах поточної експлуатації.

2. Визначені основні принципи взаємодії в місті залізничного «кільця» і видів внутрішньоміського пасажирського транспорту та встановлено, що такі поїздки мають стабільно-постійний характер в часі і в просторі, а отже формування і розвиток транспортної мережі, її конфігурація і потреба в переміщенні людей залежить від розселення населення територією міста відносно до розташування місць роботи.

3. На підставі схеми розподілу пасажиропотоків між видами МПТ з урахуванням приміських пасажирів, які перетинають «кільце», і міською електричкою встановлено параметри МПТ і МЕ щодо кількості та типу електропоїздів і вагонів, їх населеності, інтервалу руху, а також типи транспортних засобів усіх видів МПТ, які здійснюють підвіз пасажирів до станції пересадки, їх місткість та інтервал (розклад) руху.

4. Визначена необхідна умова взаємодії міських видів пасажирського транспорту і залізниці, яка полягає у тому, що провізна спроможність виду МПТ в одному напрямку певного маршруту повинна бути більшою або рівною максимальному розрахунковому годинному пасажиропотоку в одному напрямку певного маршруту МПТ.

5. Для визначення необхідних параметрів МПТ і міської електрички в умовах їх повної взаємодії та забезпечення максимальних зручностей пасажирам на станціях пересадки враховувано взаємодію пасажиропотоків МПТ і МЕ із застосуванням схеми розподілу пасажиропотоків на залізничній станції «кільця» між МЕ та видами МПТ.

6. Запропоновано блок-схему обґрунтування параметрів взаємодії в системі МПТ-ППП-МЕ щодо перевірки доцільності використання того чи іншого виду МПТ в сполученні з МЕ, встановлено найбільш раціональний вид МПТ за відповідними критеріями вибору.

7. Запропоновані практичні рекомендації розвитку технологічної взаємодії складових міського пасажирського транспорту у великих містах, дозволили вирішити багатокритеріальну задачу щодо мінімізації витрат та досягненні високого рівня якості перевезень МПТ на кожному ППП.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі отримані наукові результати в сукупності вирішують конкретне наукове завдання – удосконалення транспортних пасажирських систем великих міст, на основі формалізації методів та засобів раціоналізації взаємодії пасажирських видів транспорту. Проведене дослідження дозволило зробити наступні висновки:

1. Здійснений аналіз практичного вітчизняного та зарубіжного досвіду в обслуговуванні пасажирів, теоретичних досліджень та розробок щодо раціоналізації експлуатації та взаємодії пасажирських видів транспорту у вузлах транспортної мережі дозволив стверджувати, що основною проблемою є взаємодія видів міського транспорту у великих містах, яка має бути вирішена, зокрема, завдяки покращенню їх техніко-технологічної взаємодії. Також не врахована можливість організації руху поїздів в межах міст, не прораховувалась доцільність улаштування на перетинах приміських і внутрішньоміських залізничних лініях зонних станцій.

2. Дослідження факторів формування попиту на перевезення пасажирів у транспортних вузлах з метою вдосконалення експлуатації рухомого складу дозволило визначити закономірності його розвитку, систематизувати фактори та проблеми функціонування ланки МПТ-МЕ, удосконалити класифікацію

ППП, визначити особливості формування попиту на пасажирські перевезення під впливом різноманітних факторів. Розраховано, що залізничний транспорт найбільший вплив чинить фактор чисельності населення (тісний прямий зв'язок 0,888) і узагальнений показник стабільності функціонування системи залізничних приміських перевезень відносно ринкового середовища становить 0,78, а отже для визначення перспектив розвитку пасажирського транспорту важливо вивчати демографічний стан нашого суспільства.

3. Практичне застосування методу ефективного використання засобів транспорту в управлінні транспортним обслуговуванням підсистеми МЕ – МПТ на основі теорії нечітких множин дозволило обґрунтувати розвиток технологічних процесів перевезень у пасажирських пересадочних пунктах та отримати економію часу на основних етапах процесу прямування пасажирів до пунктів призначення в межах міста. Було використано змінну, що задається у шкалі показників рівня транспортного обслуговування пасажирів, значення якої описуються нечіткими змінними. Дослідження проведені на базі Київського вузла виявили, що для розбудови ППП слід обрати станцію Київ-Пасажирський, а для розвантаження даного пересадочного пункту, у майбутньому, слід розбудовувати ППП на станціях Видубичі, Почайна та Лівобережна.

4. Запропонований підхід визначення мінімальної тривалості поїздки пасажирів до головного пасажирського вокзалу міста за різних умов експлуатації, що передбачає використання стандартних алгоритмів теорії графів, а також моделі пошуку рівнозначного розподілення й оптимальних стратегій у сукупності дозволили визначити кращий варіант взаємодії МЕ – МПТ по затраті пасажиро-годин. Для розрахунку витрат часу пасажирів було сформовано відповідну розрахункову таблицю і визначено сумарні витрати часу на пересування при розвитку станції пересадки з намічених пунктів.

5. Здійснено моделювання часових витрат міських пасажирів в системі МПТ – МЕ з урахуванням очікувань експлуатованих транспортних засобів шляхом реалізації системи критеріїв оцінки рівня взаємодії МПТ і МЕ,

методів та закономірностей факторного впливу на динаміку транспортних потоків пасажирів у вузлах транспортної мережі, а також моделі визначення тривалості очікування пасажирами електропоїздів міської електрички на станціях залізничного «кільця» на основі використання методичного підходу із врахуванням математичного очікування випадкової величини сумарних пасажиро-годин, що дозволила встановити ступінь впливу основних факторів на величину тривалості очікувань пасажирами електропоїзда міської електрички та як наслідок встановлення кількості ТЗ.

6. Реалізований системний підхід визначення раціональних параметрів експлуатації при взаємодії видів МПТ у великих містах дозволяє стверджувати, що при виборі варіанта обслуговування станцій пересадки та вибору типу МПТ забезпечено непогіршення якості обслуговування пасажирів і необхідної умови взаємодії різних видів МПТ, а також оптимізацію частоти обороту і складності електропоїздів МЕ та надано рекомендації розвитку технологічної взаємодії складових МПТ у великих містах. За найкращим сценарієм реалізація пропонованих інструментів дозволить скоротити витрати міського пасажирського транспорту на майже 220 тис. грн. на рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зайцев А.А. Пути повышения эффективности пригородных перевозок. *Материалы сетевой научно-практической конференции // Железнодорожный транспорт*. 1994. №2. С. 15-18.
2. Кочнев Ф.П. Оптимальные параметры пригородных пассажирских перевозок. М.: Транспорт, 1975. 304 с.
3. Макаренко М.В., Цветов Ю.М. Транспортный сектор економіки: тенденції та проблеми розвитку. *Економіст*. 2007. №6. С. 24-27.
4. Марчук Б. Е. Совершенствование организации пассажирских перевозок. *Вестник ВНИИЖТ*. 1988. №3. С. 20-24.
5. Сич Є.М., Гудкова В.П. Пасажи́рський комплекс залізничного транспорту: розвиток і ефективність. К.: Аспект-Поліграф, 2004. 248 с.
6. Овечников Е.В., Фишельсон М.С. Городской транспорт. М.: Высшая школа, 1976. 352 с.
7. Рюгер З. Эксплуатация городского пассажирского транспорта. М.: Транспорт 1977. 208 с.
8. Черепанов В.А. Транспорт в планировке городов. М.: Транспорт 1970. 304 с.
9. Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов. М.: Издательство АСВ, 2007. 288 с.
10. Юдин В.А, Самойлов Д.С. Городской транспорт. М.: Стройиздат, 1975. 287 с.
11. Newman P. and Kenworthy J. Greening urban transportation. URL: <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781136547904> (дата звернення 10.09.2019 р.).
12. Железнодорожные станции и узлы: учебник для вузов / В.М. Акулиничев, Н.В. Правдин, В.Я. Болотный, И.Е. Савченко; под ред. В.М. Акулиничева. М.: Транспорт, 1992. 480 с.

13. Акулиничев В. М. Математические методы в эксплуатации железных дорог : учеб. пособие / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков. М. : Транспорт, 1981. 224 с.

14. Аксьонов І. М., Разумова К. М. Нові підходи щодо оцінювання ефективного функціонування пасажирських перевезень в далекому сполучення. *Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Проблеми економіки транспорту*. 2015. Вип. 10. С. 40-44.

15. Бараш Ю. С., Чаркіна Т. Ю. Управління конкурентоспроможністю залізничних пасажирських перевезень: монографія. Дніпропетровськ: Акцент ПП, 2015. 184 с.

16. Босов А. А., Лоза П. А. Теоретические основы рационального содержания подвижного состава железных дорог: монографія. Днепропетровск : Дриант, 2015. 249 с.

17. Бутько Т. В., Прохоренко А. В., Журба О. О. Моделювання розділу пасажиропотоків по поїздам на основі колективного інтелекту. *Восточно-Европейский журнал передових технологий*. 2010. № 2/4(44). С. 44 – 47.

18. Бутько Т. В. Єна А. В., Дідур Т. Д. Формування моделі організації пасажиропотоків на залізничному пересадочному комплексі. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2016. № 164. С. 37-43.

19. Горев А.Э. Основы теории транспортных систем. СПб: СПбГАСУ, 2010. 214 с.

20. Горев А. Э. Развитие городских транспортных систем крупных городов. *Транспорт Российской Федерации*. 2016. № 6 (67). С. 50–53.

21. Яновський П.О. Пасажирські перевезення: навч. пос. К.: НАУ, 2012. 436с.

22. Грунтов П. С., Дьяков Ю. В., Макарович А. М. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: учебник для вузов ж.д. транспорта. М.: Транспорт, 1994. 543с.

23. Данько М. І., Балака Є. І., Семенцова О. В., Островерх Н. М. Управління приміським пасажирським транспортом України: монографія. Харків: УкрДАЗТ, 2013. 154 с.

24. Данько М. І., Дикань В. Л., Кондратюк М. В. Удосконалення організаційної структури залізничного комплексу України в сучасних умовах: монографія. Харків: УкрДАЗТ, 2010. 190 с.

25. Жуковицький І. В., Устенко А. Б., Зіненко О. Л. Проблеми та перспективи автоматизації управління локомотивним господарством УЗ. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2009. № 2. С. 38-42.

26. Ломотько Д., Воскобойников Д., Листопад М., Сірадчук А. Шляхи удосконалення технології мультимодальних швидкісних пасажирських перевезень. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2017. № 13. С. 59-66.

27. Нагорний Є. В. Стан транспортного обслуговування населення та основні напрямки удосконалення пасажирських перевезень. *Вестник ХНАДУ*. 2005. Вып. 29. С. 103–105.

28. Козаченко Д. М., Коробйова Р. Г., Рубець А. В. Проблеми розвитку пасажирських перевезень залізничним транспортом в Україні. *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна*. 2016. Вип. 12. С. 45-50.

29. Нестеренко Г. И. Музыкаина С. И., Музыкин М. И. Анализ существующей системы организации перевозок пассажиров с ограниченными возможностями железнодорожным транспортом Украины. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2016. № 1 (225). 139-146.

30. Пазойский Ю. О. Организация пригородных перевозок на железнодорожном транспорте : монографія. М. : МИИТ, 1999. 196 с.

31. Натурні дослідження та математичні моделі приміських пасажирських перевезень / В. К. Мироненко, В. В. Габа, В. І. Мацюк, Т. М. Грушевська, В. П. Костюшко. *Наукоємні технології*. 2014. №4. С. 496-502.

32. Грушевська Т. М. Дослідження закономірностей пасажиропотоків у залізничному приміському сполученні. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2014. № 5. С. 39-47.

33. Техніко-технологічні заходи підвищення ефективності залізничних приміських перевезень / В. К. Мироненко, В. В. Габа, В. І. Мацюк, Т. М. Грушевська, В. П. Костюшко. *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Сер. Транспортні системи і технології*. 2014. Вип. 24. С. 222-231.

34. Торопов Б. І., Мироненко В. К. Удосконалення методології проектного аналізу з урахуванням додаткових експлуатаційних витрат при наданні «вікон». *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Серія : Транспортні системи і технології*. 2015. Вип. 26-27. С. 232-241.

35. Кривопішин О. М. Проблеми організації міських пасажирських перевезень залізничним транспортом у м. Києві та шляхи їх вирішення. *Залізничний транспорт України*. 2006. № 5 С. 27 – 29.

36. Кривопішин О. М., Ейтутіс Г. Д., Сич Є. М. Удосконалення методики визначення собівартості перевезень пасажирів в приміському сполученні // *Проблеми економіки і управління на залізничному транспорті: матеріали II міжнар. наук.-практ. конф. (м. Судак 19-22 червня 2007 р.)*. К, 2007. С. 69 – 70.

37. Скалозуб В. В., Паник Л. А. Моделирование неоднородных транспортных потоков с переменными тарифами. *Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. 2015. Вип. 10. С. 105–111.

38. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. *Офіційний Вісник України*. 2018. № 52, стор. 533, стаття 1848, код акта 90720/2018.

39. Правдин Н. В. Железнодорожные станции и узлы: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Н. В. Правдин, Е. В. Архангельский, В. Я. Болотный [и др.]: под ред. В. Г. Шубко и Н. В. Правдина. М. : УМК МПС России, 2002. 368 с.
40. Правдин Н. В. Взаимодействие различных видов транспорта. Мн.: Высшейш. шк., 1983. 247с.
41. Шевчук З. Городской электричке отпустили тормоза. *Магістраль*. 2007. 7-13февр. №8(1186).
42. Мирошниченко Р. В. Экономическая эффективность эксплуатации скоростного электропоезда на направлении Москва – аэропорт Домодедово. Сборник статей молодых ученых и аспирантов «Развитие железнодорожного транспорта в условиях реформ». Труды ВНИИЖТ, М.: Интекст, 2003. С.51-54.
43. Яновський П. О., Христофор О. В. Перспективні напрямки удосконалення системи приміських пасажирських перевезень. *Вагонний парк*. № 11-12. 2009. С. 8-10.
44. Гончаров М. Ю. Системний аналіз економічних процесів на транспорті. К.: Логос, 1999. 423 с.
45. Статистичний щорічник України / Державна служба статистики України. К.: ТОВ «Август Трейд», 2017. 541 с.
46. Правдин Н. В., Негрей В. Я. Прогнозирование пассажирских перевозок. М.: Транспорт, 1980. 222с.
47. Вища математика: підручник. У 2 ч. Ч. 1 / П. П. Овчинников, Ф. П. Яремчук, В. П. Михайленко; за заг. ред. П. П. Овчинникова; пер. з рос. П. М. Юрченка. 3-тє вид., випр. К.: Техніка, 2003. 600 с.
48. Вентцель Е. С. Исследование операций, задачи, принципы, методология. 2-е изд. М.: Наука, 1988. 208 с.
49. Гольдштейн Е. Г., Юдин Д. Б. Задачи линейного программирования транспортного типа. М.: Наука, 1969. – 383 с.
50. Губенко В. К., Нефедова Я. И. Динамика металлопоток в стилогистической среде Приазовья. – Мариуполь: ГУВЗ «ПГТУ», 2013. 245 с.

51. Галабурда В. Г., Персианов В. А., Тимошин А. А. Единая транспортная система М.: Транспорт, 2001. 303с.
52. Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. Теория городских пассажирских перевозок: учеб. пособие для вузов. М.: Высш.школа, 1980. 335 с.
53. Дуднев Д. И., Климова М. И., Менн А. А. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом., М.: «Транспорт», 1974. 296 с.
54. Андреев В. Г., Іхненко М. П. Рациональні тарифи як засіб маркетингу в пасажирських перевезеннях. *Залізничний транспорт України*. 2000. №5-6. С.73-75.
55. Аксенов И. М. Логистический подход к управлению пассажирскими перевозками. *Залізничний транспорт України*. 2001. №3. С.45-48.
56. Семин К. Ф., Зашихина Л. И., Чантурия Г. Я. Современный опыт оперативного планирования, разработки схемы обращения пассажирских поездов и регулирования пассажирских перевозок. *Труды ВНИИЖТ*. 1982. Вып. 662. –С. 6-14.
57. Лукашев В. И. Регулирование размеров пассажирского движения на основе прогноза. *Труды ВНИИЖТ*. 1982. Вып. 662. –С. 53-77.
58. Правдин Н.В., Рябуха Л.С., Лукашев В.И. Технология работы вокзалов и пассажирских станций. М.: Транспорт. 1990. 319 с.
59. Скалозуб В. В. Процедуры многокритериальной оптимизации в задачах с совокупно противоречивыми критериями. *Алгоритмизация решения задач оптимального проектирования*: сб. науч. тр. АН Украины. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова. К.: 1997. С. 53–56.
60. Бек Н. Н., Голенко Д. И. Статистические методы оптимизации в экономических исследованиях. М.: Статистика, 1971. 136 с.
61. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. М.: Наука, 1966. 432 с.
62. Хинчин А.Я. Работы по математической теории массового обслуживания. М.: Гос. изд-во физико-математической литературы, 1963. 236 с.

63. Четыркин Е.М. Теория массового обслуживания и ее применение в экономике. М.: Статистика, 1971. 101 с.
64. Оптимизация планирования и управления транспортными системами / Е. М. Васильева, Р. В. Игудин, В. Н. Лившиц и др.; под. ред. В. Н. Лившица. М.: Транспорт, 1987. 208 с.
65. Стенбринк П.А. Оптимизация транспортных сетей. М.: Транспорт, 1981. 320 с.
66. Ткаченко А.М. Логістика і територіальний розвиток. *Управління сучасним містом*. 2003. №1.3 (9). С.9-17.
67. Стратегічний план розвитку міста Дніпропетровська до 2020 року URL: http://www.mled.org.ua/media/docs/0_SP_Dnipropetrovsk_fin_Ukr.pdf (дата звернення 12.04.2018 р.).
68. Володькин П. П., Денисов Г. Г., Мартыненко Н. Н. Основные критерии и закономерности развития систем городского пассажирского транспорта в городах Дальневосточного округа. *Транспорт: наука, техника, управление*. 2011. №5. С. 33-38.
69. ДБН В. 2.3-5-2001. Государственные строительные нормы Украины. Сооружения транспорта. URL: https://dnaop.com/html/34184/doc-ДБН_В._2.3-5-2001 (дата звернення 19.01.2019 р.).
70. Яновський П. О. Прогнозування вантажних потоків транспортних систем за допомогою лінійної моделі. *Залізничний транспорт України*. 2011. №5. С.46-53.
71. Гончаров М. Ю. Системний аналіз економічних процесів на транспорті: Підручник . К.: Логос, 1999. 423 с.
72. Вища математика: підручник. У 2 ч. Ч. 2 / За заг. ред. П. П. Овчинникова; Пер. з рос. Є.В. Бондарчук, Ю.Ю. Костриці, Л.П. Оніщенко. 3-тє вид., випр. К.: Техніка, 2004. 792 с..
73. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М: Юстиция, 2018. 658 с.
74. Давыдов Э. Г. Исследование операций. М.: Высшая школа, 1990. 382 с.

75. Адаптация транспорта металлопотоков к изменяющейся экономической среде : монография / В. К. Губенко [и др.] ; НАН Украины, Ин-т экономики пром-сти. Донецк : Вебер, Донецкое отделение, 2009. 236 с.
76. Троицкая Н. А. Чубуков А. Б. Единая транспортная система: учеб. для студентов учрежд. сред. проф. образования. М., 2003. 240 с.
77. Зеркалов Д.В. Транспортная система Украины: довідник. К.: Основа, 2007. 620 с.
78. Яцківський Л. Ю., Зеркалов Д. В. Загальний курс транспорту: навчальний посібник. Кн. 1. К.: Арістей, 2007. 544 с.
79. Бараш Ю. С., Чаркіна Т. Ю., Мельянцова Ю. П., Карась Є. А. Принципи визначення ефективності курсування приміських пасажирських поїздів на заданому напрямку руху. *Вісник Дніпровського національного університету залізничного транспорту. ім. ак. В.Лазаряна*. 2012. Вип. 41. С. 234-247.
80. Харченко В. Ф., Вакуленко Е. Е. К вопросу о выборе марки пассажирских транспортных средств для обслуживания городских маршрутов в условиях конкуренции на рынке автотранспортных услуг. *Вісник Дніпровського національного університету залізничного транспорту. ім. ак. В.Лазаряна*. 2008. Вип. 25. С.185-188.
81. Newman P. and Kenworthy J.. Greening urban transportation. New York: State of the world. 2009. 464 p.
82. Prediction passenger flows in major transportation hubs. *School of public and environmental affairs*. Indiana University, 2011. 182 p.
83. Siemens Mobility. (1996). Hub of the Future: An Integrated Mobility Network for Passengers and Freight. Retrieved May 28, 2013. URL: <http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/en/complete-mobility/hubs-of-the-future/Pages/hubs-of-the-future.aspx> (дата звернення 10.02.2018 р.).
84. Sheffy Y. Urban Transportation Networks. Englewood Cliffs. N.J.: Prentice-Hall, 1985. URL: http://web.mit.edu/sheffi/www/selectedMedia/sheffi_urban_trans_networks.pdf (дата звернення 05.02.2018 р.).

85. Spiess H., Florian M. optimal strategies: a new assignment model for transit networks. URL: https://www.researchgate.net/publication/222385476_Optimal_Strategies_A_New_Assignment_Model_for_Transit_Networks (дата звернення 11.09.2018 р.).

86. Доля В. К. Організація пасажирських перевезень у містах: учбове видання. Харків: «Нове Слово», 2002. 140 с.

87. Антошвили М. Е., Либерман С. Ю., Спирин И. В. Оптимизация городских автобусных перевозок. М. Транспорт 1985. 102 с.

88. Косарев А. И., Постол Н. С. Логистический подход как стратегический фактор в условиях конкуренции на рынке авиаперевозок. *Проблемы системного подхода в экономике*. Киев: КМУГА, 2001. № 6. С. 19-24.

89. Betrachtungen zu ausgewählten Aspekten des RWS – Tarifkozeptes. *Verkehr und Techn.* 1995. 48, №12. P.489-490.

90. La gamme des prix du TGV transmarch S'elargit. *Vie rail.* 1996. №2533. С.11.

91. Семкин К. Ф. Организация продажи билетов на железнодорожных направлениях. *Труды Всесоюз. науч.-исслед. ин-та. ж.-д. транспорта.* 1975. Вып. 564. М., Транспорт. 52 с.

92. Caprara A., Kroon L., Monaci M., Peeters M., Toth P. Passenger Railway Optimization. DEIS, Universit'a di Bologna, Italy. *Work supported by the Future and Emerging Technologies unit of the EC (IST priority)*, under contract no. FP6-021235-2 (project ARRIVAL). January 2006. P. 52.

93. Бутько Т. В., Прохорченко А. В. Удосконалення технології оперативного регулювання складових процесів на пасажирських технічних станціях // *Залізничний транспорт України*. 2006. №4. С.43-45.

94. Бутько Т. В., Ломотько Д. В., Прохорченко А. В., Чеклова Є. В. Управління залізничними пасажирськими перевезеннями на основі логістичних принципів. *Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту*. 2009. Вип.1. С.48-51.

95. Никифрук О. І. Становлення і функціонування транспортно-логістичної інфраструктури в Україні: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.10.01 / НАН України. Київ, 2005. 21 с.
96. Бауэрсокс Д., Клосс Д. Логистика: интегрированная цепь поставок. М.: Олимп –Бизнес, 2001. 640 с.
97. Джонсон Дж. С. и др. .Современная логистика. 7-е изд.; пер с англ. М.: Издательский дом “Вильямс”, 2002. 624 с.
98. Gholami O., Sotskov Y. N. (2012) Train routing and timetabling via a genetic algorithm. *IFAC Proceedings*. 45 (6). 158-163.
99. Al-Hinai, N. and ElMekkawy, T.Y. (2011) ‘Robust and stable flexible job shop scheduling with random machine breakdowns using a hybrid genetic algorithm. *International Journal of Production Economics*. 132. 2. 279–291.
100. Burdett R.L. and Kozan. E. (2010) Sequencing approach for train timetabling. *OR Spectrum*. 32. 163–193.
101. Caprara A., Fischetti M. and Toth P. (2002) Modeling and solving the train timetabling problem. *Operations Research*. 50. 851-861.
102. Eiben A. E and Smith J. E. (2003) Introduction to Evolutionary Computing. Springer. 315 p.
103. Hinde C. J., Withall M. S., Phillips I. W., Jackson T., Brown S. and Watson R. (2010) Train Timetabling generation using Genetic Algorithms. *In Proceedings of the International Conference on Evolutionary Computation*. 170-175.
104. Ingolotti L., Tormos P., Lova A., Barber F., Salido M.A. and Abril M. (2003) A decision support system (DSS) for the railway scheduling problem. Department of Railway Engineering University of UMC.
105. Liu and E. Kozan. (2011) Scheduling trains with priorities: a no-wait blocking parallel-machine job-shop scheduling model. *Transportation Science* 45(2). 175-198.
106. Luethi M. and Medeossi G. Rescheduling and Train Control: A New Framework for Railroad Traffic Control in Heavily Used Networks. URL:

<https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/64816/eth-30834-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення 04.09.2019 р.).

107. Nasiri M. M. and Kianfar F. (2011) A GA/TS algorithm for the stage shop scheduling problem. *Computers & Industrial Engineering*. 61. 161-170.

108. Tormos P., Lova A., Barber F., Ingolotti L., Abril M. and Salido M.A. (2008) A Genetic Algorithm for Railway Scheduling Problems. *Studies in Computational Intelligence*. 128. 255-276

109. Wegele S. Schnieder E. (2004) Dispatching of Train Operations Using Genetic Algorithms. *Computers in Railways IX: Dresden, Germany*. 775–784.

110. Werner F. Genetic Algorithms for Shop Scheduling Problems: A Survey. URL: <https://mat.uab.cat/~alseda/MasterOpt/p11-31.pdf> (дата звернення 11.07.2019 р.).

111. A Simulation-Based Genetic Algorithm for the HSR Timetabling Problem. URL: <https://www.pomsmeetings.org/ConfProceedings/011/FullPapers/011-0661.pdf> (дата звернення 16.07.2019 р.).

112. Zhang F., Cao X. ,Yang D. Intelligent Scheduling of Public Traffic Vehicles Based on a Hybrid Genetic Algorithm. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6074178> (дата звернення 19.07.2019 р.).

113. Martinelli D. R., Teng H. (1996) Optimization of railway operations using neural networks. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 4(1). 33-49.

114. Towards the User Equilibrium in Traffic Assignment Using GRASP with Path Relinking. URL: https://www.researchgate.net/publication/276949823_Towards_the_User_Equilibrium_in_Traffic_Assignment_Using_GRASP_with_Path_Relinking (дата звернення 21.07.2019 р.).

115. Origin-based algorithms for transportation network modeling. URL: <https://www.niss.org/sites/default/files/technicalreports/tr103.pdf> (дата звернення 17.08.2019 р.).

116. Haque M.A.; Islam T. and Khalil J. (2014) A trip assignment software for auto trips. B.Sc. Thesis, Ahsanullah University of Science and Technology, Dhaka, Bangladesh
117. Bazzan A. L. C. (2012) Co-evolution of the dynamics in population games: the case of traffic flow assignment. *In Proc. of the 14th An. Conf. on Genetic and Evol. Comp.* 43–50.
118. An evolutionary approach to traffic assignment. URL: https://www.researchgate.net/publication/301410157_An_evolutionary_approach_to_traffic_assignment (дата звернення 10.06.2019 р.).
119. Introduction to Intelligent Systems in Traffic and Transportation. URL: <https://www.morganclaypool.com/doi/abs/10.2200/S00553ED1V01Y201312AIM025> (дата звернення 04.03.2019 р.).
120. Braess D., Nagurney A., and Wakolbinger T. (2005) On a paradox of traffic planning. *Transportation Science.* 39(4). 446–450.
121. Buriol L. S., Hirsh M. J., Pardalos P. M., Querido T., Resende M. G., and Ritt M. (2010) A biased random-key genetic algorithm for road congestion minimization. *Optimization Letters.* 4. 619–633.
122. Dias J. C., Machado P., Silva D. C., and Abreu P. H. (2014) An inverted ant colony optimization approach to traffic. *Engineering Applications of Artificial Intelligence.* 36. 122–133.
123. Galib S. M. and Moser I. (2011) Road traffic optimisation using an evolutionary game. *In Proc. of the 13th GECCO* (companion). 519–526.
124. Individual versus difference rewards on reinforcement learning for route choice. URL: <http://www.inf.ufrgs.br/~goramos/papers/Grunitzki%2B2014bracis.pdf> (дата звернення 01.08.2019 р.).
125. A hybrid model for driver route choice incorporating en-route attributes and real-time information effects. . URL: https://www.researchgate.net/publication/246944763_A_Hybrid_Model_for_Driver_Route_Choice_Incorporating_EnRoute_Attributes_and_Real-Time_Information_Effects (дата звернення 06.08.2019 р.).

126. Pel A. J. and Nicholson A. J. (2013) Network effects of percentile-based route choice behaviour for stochastic travel times under exogenous capacity variations. *In Proc. of the 16th IEEE ITSC*. 1864–1869.
127. Ramos G. de O. and Grunitzki R. (2015) An improved learning automata approach for the route choice problem. In Koch, Meneguzzi, and Lakkaraju, eds., *Agent Technology for Intelligent Mobile Services and Smart Societies*, volume 498 of CCIS. 56–67.
128. Varia H., Gundaliya P., and Dhingra S. (2013) Application of genetic algorithms for joint optimization of signal setting parameters and dynamic traffic assignment for the real network data. *Research in Transportation Economics*. 38(1). 35–44.
129. Экономическая безопасность России: общий курс / под ред. В.К. Сенчагова. 2-е изд. М.: Дело, 2005. 896 с.
130. Максимов В. Государственно-частное партнерство в транспортном секторе: зарубежный опыт. *Международная экономика*. 2008. №1. С. 16-26.
131. Ткаченко А. М. Логістика і територіальний розвиток. *Управління сучасним містом* 2003 №1.3 (9). С.9-17;
132. Логинов Е. Г. Системные проблемы экономической безопасности. В 20-ти томах. Том.6: Экономическая безопасность: Инвестиции. М.: «Научтехлитиздат», 2009. 298 с.
133. Багдаев А. А., Королев С. И., Литвинов А. С., Чекалина М. Н. Экономическая безопасность государства: проблемы и направления обеспечения: монография / под общ. Ред. А. П. Камышникова. М.: Изд-во МГОУ, 2009. 376 с.
134. Гаджинский А. М. Логистика: учебник для студентов ВУЗов. 20-е изд., перераб. і доп. М.: Дашков і К, 2006. 484 с.
135. Неруш Ю. М. Логистика: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 495 с.
136. Транспортная логистика: учебник / под. общ. ред. Л. Б. Миротина. 2-е вид., стереотип. – М.: Экзамен 2005. 512 с.

137. Ейтутіс Г. Оцінка економічної безпеки залізничного транспорту. *Економіст*. 2009. №1. С. 56-59
138. Економіка залізничного транспорту: підручник / за ред. Ю. Ф. Кулаєва, Ю. С. Бараша, М. В. Гненного. Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2014. 480 с.
139. ДБН В.2.3-5-2001. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів. К.: Держбуд України. 2001. URL: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/75.1.%20ДБН%20В.2.3-5-2001.%20Вулиці%20та%20дороги%20населених%20пункт.pdf> (дата звернення 01.05.2019 р.).
140. Управління залізничним транспортом. У чотирьох книгах. Кн. 2. Перевезення. Тарифи / за редакцією Д. В. Зеркалова. К.: Основа, 2004. 280 с.
141. Конкурентоспроможність регіонів України: методологія і практика [за наук. ред. д.е.н., проф. Л.Г. Чернюк] / РВПС України НАН України. К.: РВПС України НАН України, 2009. 108 с.
142. Пассажи́рские автомоби́льные перево́зки: учебник для вузов / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, С. А. Ширяев; под ред. В. А. Гудкова. М.: Горячая линия-Телеком, 2004. 448 с.
143. Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов: учеб. пособие для вузов. Омск: Изд-во СибАДИ, 2000. 221 с.
144. Ольховский С. Ю., Яворский В. В. Моделирование функционирования и развития маршрутизированных систем городского пассажирского транспорта: монография. Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. 136 с.
145. Самойлов Д. С. Городской транспорт: Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1983. 384 с.
146. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки / ДП «ДНДЦ УЗ», ДП «УкрНДІВ». К., 2008. 654 с.
147. Стратегічний план розвитку залізничного транспорту України на період до 2020 року. URL: <https://mtu.gov.ua/files/Стратегія%20Наказ%20547.pdf> (дата звернення 03.04.2019 р.).

148. Мосьпан В. М. Удосконалення функціонування пасажирського транспорту в містах за рахунок об'єднання транспортних підприємств загального користування : автореф.. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Харків Харківський нац. автомобіл.-дорож. ун-т, 2017. 20 с.

149. Ideen für Freizeit und Ferien. URL: Режим доступу: https://www.sbb.ch/de/freizeit-ferien/ideen.html?SBB_lh_snow_n_rail=on (дата звернення 15.08.2019 р.)

150. Макаренко М. В. Основи управління економічними процесами на залізничному транспорті України: монографія. К. : КУЕТТ, 2003. 478 с.

151. Tramtrain: the 2nd generation. New criteria for the 'ideal tramtrain city'. URL: <https://www.lightrail.nl/TramTrain/tramtrain.htm> (дата звернення 10.08.2019 р.).

152. Комбинированные системы общественного рельсового транспорта. URL: <https://web.archive.org/web/20071006230103/http://www.css-rzd.ru/zdm/08-2000/00909.htm> (дата звернення 14.08.2019 р.).

153. Трихунков М. Ф. Транспортное производство в условиях рынка: качество и эффективность. М. : Транспорт, 1993. 256 с.

154. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте: справочник / под ред. Г. В. Фомина. М. : Транспорт, 1990. 223 с.

155. Ozerova O., Yanovsky P., Yanovska V., Lytvynenko S., Lytvynenko L., Martseniuk S. (2019) Estimation of the interaction level between urban passenger transport and city train. *MATEC Web of Conferences*. 294. 04008. (журнал індексується в базі. **Web of Science**).

156. Яновський П. О., Нестеренко Г. І., Озерова О. О. Сучасні особливості організації приміських перевезень європейських країн. *Залізничний транспорт України*. 2012. №5. С.45–47.

157. Озерова, О. О. Прогнозування пасажирських потоків у великих транспортних вузлах. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*.

2013. №6(48) С. 72– 80. (журнал індексується в базах УІНЦ, Ulrich's Periodicals Directory, Index Copernicus, Google Scholar, eLibrary.ru та ін.)

158. Нестеренко Г. І., Яновський П. О., Озерова О. О. Оптимізація технології перевезень пасажирів у великих містах з використанням математичного моделювання. *Вісник Університету митної справи та фінансів*. Збірник наукових праць. Серія: Технічні науки. 2014. №1(51) С.41–47. (журнал індексується в базах УІНЦ, РІНЦ)

159. Озерова, О.О Проблеми стану сучасної транспортної інфраструктури м. Дніпропетровськ. *Транспортні системи та технології перевезень* : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залазн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна. Дніпропетровськ, 2013. Вип. 7. С.51–53. (журнал індексується в базах УІНЦ, РІНЦ)

160. Нестеренко Г. І., Кириченко Г. І., Озерова О. О. Технологічні засади функціонування логістичного центру залізничного транспорту. *Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. Луганськ, 2012. №6(177). Ч.1 С. 169–173. (журнал індексується в базах УІНЦ, РІНЦ)

161. Озерова, О. О. Проблеми функціонування транспорту при обслуговування пасажирів у великих транспортних вузлах. *Залізничний транспорт України*. 2013. № 5-6. С. 75-79.

162. Нестереко Г. І., Озерова О.О. Організація приміських перевезень Європейських країн. *Маркетинг і логістика в системі менеджменту пасажирських перевезень на залізничному транспорті*: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. К.: ДАЗТУ, 2012. С.69–70.

163. Озерова О. О., Нестеренко Г. І. Підвищення ефективності транспортних пасажирських систем великих міст // *Проблеми и перспективы развития ж. д. транспорта*: тези допов. 72-ї міжнар. науково-практ. конф. (Дніпропетровськ, 19.04 – 20.04.2012) Д.: ДНУЗТ, 2012. С.135– 136.

164. Яновский, П. А., Озерова О. А. Использование эффективных моделей прогнозирования пассажирских потоков в крупных узлах.

Безопасность движения поездов: труды XIV науч.-практ. конференции М.: МИИТ, 2013. Вып.140. С.65–66.

165. Швецов В. И. Математическое моделирование транспортных потоков. *Автоматика и телемеханика*. М.: «Наука» 2013. №11. С.3–46.

166. Rajsman M. Compability and competition between transport systems (2013). Presented at the 8 th International Conference on Ports and Waterways POWA, Zagreb, June 2013. 194

167. Акулиничев В. М. Организация перевозок на промышленном транспорте: учебник. М.: Высш.шк., 1983. 247с.

168. Кашталинский А. С., Петров В. В. Влияние дорожно-транспортных факторов на неравномерность транспортных потоков в городах. *Вестник ИрГТУ*. №1(108). 2016. С.116-123

169. Козлова В. П. Системная оценка экономической эффективности инвестиционных проектов на транспорте. монография. М.: ВИНТИ РАН, 2006. 152 с.

170. Rajsman M. Model of development of the traffic system of the Central Croatia. Ph.D. disertation, Faculty of Transport and Traffic Sciences, University of Zagreb. Zagreb, 2005.

171. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М, 2014. 179 с.

172. Кочнев Ф. П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов ж/д транспорта. 6-е изд. М.: Транспорт, 1980. 496 с.

173. Артынов А. П., Дмитриев Н. У. Пригородные пассажирские перевозки. М: Транспорт, 1985. 159с.

174. Иловайский Н. Д. Сервис на транспорте (железнодорожном) :учебник для вузов. М.: Маршрут, 2003. 59 с.

175. Бобровский В. И., Козаченко Д. Н., Вернигора Р. В., Малашкин В. В. Функциональное моделирование работы железнодорожных станций: монография. Днепропетровск: ДНУЗТ, 2015. 269 с.

176. Проекты московских ТПУ. URL: <http://www.mkzd.ru/project/proekty-tpu/> (дата звернення 20.02.2019 р).

177. Левадная Н. В., Черняева В. А., Дудкин Е. П. Современный подход при определении транспортных систем городов. URL: <https://transcience.ru/index.php/MPRTC/article/view/2222-9396-2013-3-1-64-71/63> (дата звернення 15.09.2019 р).

178. Рекомендации по модернизации транспортной системы городов . URL: http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/536806/rekomendatsii_po_modernizatsii_transportnoi_sistemy_gorodov.pdf (дата звернення 10.07.2019 р).

179. Корягин М. Е. Модель управления развитием города: транспортная система и территориальное планирование. *Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XXIII Международной научно-практической конференции*, [Минск, 16-17 июня 2017 г.]. Минск : БНТУ, 2017. С. 35-46.

180. Пугачев И. Н., Куликов Ю. И. Основы современной оптимизации комплексной системы обслуживания населения городским общественным транспортом. *Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XXIII Международной научно-практической конференции*, [Минск, 16-17 июня 2017 г.]. Минск : БНТУ, 2017. С. 66-71.

181. Таубкин Г. В. Рационализация пассажирских перевозок в рамках маршрутного куста. *Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XXIII Международной научно-практической конференции*, [Минск, 16-17 июня 2017 г.]. Минск : БНТУ, 2017. С. 283-288.

182. Таубкин Г. В. Как же проектировать трансформацию маршрутных систем крупных городов? *Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их*

влияния: материалы XXIII Международной научно-практической конференции, [Минск, 16-17 июня 2017 г.]. Минск : БНТУ, 2017. С. 249-259.

183. Таубкин Г. В. Межмаршрутное дублирование: количественные методы анализа. *Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния*: материалы XXIII Международной научно-практической конференции, [Минск, 16-17 июня 2017 г.]. Минск : БНТУ, 2017. С. 260-266.

184. Економіка залізничного транспорту: навч. посібник / Л.О. Позднякова, О.Г. Дейнека, М.Д. Жердев та ін.; за заг. ред. Л.О. Позднякової, О.Г. Дейнеки. Харків: УкрДАЗТ, 2010. 243 с.

185. Абрамов, А. П., Галабурда В. Г., Иванова Е. А. Маркетинг на транспорте: учебник для вузов / под.ред. В. Г. Галабурды. М.: Желдориздат, 2001. 329с.

186. Трихунков, М. Ф. Транспортное производство в условиях рынка: качество и эффективность. М.: Транспорт, 1993. 255с.

187. Буроменко В. Н. Транспорт в территориальных системах. М.: Наука, 1987. 112 с.

188. Колпаков, В. С., Шубко В. Г. Совершенствование пассажирских перевозок. М.:Транспорт, 1983. 194 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Акти впровадження результатів науково-дослідної роботи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Миколаївського коледжу транспортної інфраструктури при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна


В. І. Діданов

«05» «04» 2018 р.

АКТ № 34/18

про використання результатів дисертації Озерової Ольги Олександрівни

м. Миколаїв

«05» «04» 2018 р.

Цей акт складений про те, що у навчальному процесі Миколаївського коледжу транспортної інфраструктури при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна при підготовці молодших спеціалістів за спеціальністю 275 Транспортні технології (залізничний транспорт) «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» використовуються наукові та практичні результати, що отримані в дисертації Озерової О.О., а саме:

1. Теоретичні результати дисертації використовуються при викладанні дисциплін «Організація пасажирських перевезень».
2. Результати дисертації використовуються при виконанні дипломних робіт за спеціальністю 275 Транспортні технології (залізничний транспорт) «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті».

Завідуючий відділенням УПП



К.О. Діданов

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник відділу перевезень ВП
«Херсонська дирекція залізничних
перевезень» РФ «Одеська залізниця»
АТ «Українська залізниця»

В.Г.МЕЛЬНИК

« 12 » 05 2020 року

ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ
результатів науково-дослідної роботи

Цю довідку - акт складено про те, що результати наукових досліджень за темою дисертаційної роботи *Озерової Ольги Олександрівни* використані в практичній діяльності ВП «Херсонська дирекція залізничних перевезень» РФ «Одеська залізниця» АТ «Українська залізниця»

Найменування впровадженого результату	Форма впровадження
Системний підхід визначення параметрів взаємодії системи міського пасажирського транспорту та залізничного транспорту	Застосовуються при підписанні стратегічних та тактичних завдань ВП «Херсонська дирекція залізничних перевезень» РФ «Одеська залізниця» АТ «Українська залізниця», а також при взаємодії місцевими органами влади
Метод ефективного використання засобів транспорту шляхом застосування моделі раціональної організації обслуговування пасажирів в пунктах їх пересадки та розвитку пасажирського пересадочного пункту на основі теорії нечітких множин	Використовується у практичній діяльності ВП «Херсонська дирекція залізничних перевезень» РФ «Одеська залізниця» АТ «Українська залізниця», що дозволяє синхронізувати взаємодію залізничної з іншими видами транспорту

Підтверджуємо, що вище перераховані наукові результати, висвітлені в дисертаційній роботі О.О. Озерової.

Заступник начальника відділу перевезень з оперативної роботи
ВП «Херсонська дирекція залізничних перевезень»
РФ «Одеська залізниця» АТ «Українська залізниця»

« 11 » 05 2020 року

С.М.ЦИБА

ЗАТВЕРДЖУЮ

проректор з науково-педагогічної,
економічної роботи,
перспективного та інноваційного
розвитку Дніпропетровського
національного університету
залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна





А. В. Радкевич

09 09 2020 р.

АКТ

про використання результатів дисертації Озерової Ольги Олексіївни
«УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ СИСТЕМ
ВЕЛИКИХ МІСТ» (№ 30/2020)

м. Дніпро

«01» 04 2020 р.

Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна виконано наступні науково-дослідні роботи, в яких використано результати дисертації Озерової О.О. «Удосконалення транспортних пасажирських систем великих міст»:

1. «Дослідження взаємодії залізничної станції та метрополітену у великих транспортних вузлах» (№ ДР 0117U005458);
2. «Аналіз методів удосконалення транспортної пасажирської системи великих міст» (№ ДР0117U005457);
3. Свідотство про реєстрацію авторського права на твір науково-практичного характеру № 63345 «Оптимізація технології перевезень пасажирів у великих містах із використанням математичного моделювання» від 30.12.15 Л. І. Нестеренко, П. О. Яновський, О. О. Озерова.

Начальник НДЧ
к. е. н., доц.



Д. Ю. Ляшко

Додаток Б

Список наукових публікацій автора за темою дисертації

Публікації у фахових виданнях України:

3. Озерова О. О. Сучасні особливості організації приміських перевезень європейських країн / П. О. Яновський, Г. І. Нестеренко, О. О. Озерова // Залізничний транспорт України. 2012. №5. С.45–47. *Особистий внесок: визначено особливості організації приміських перевезень європейських країн.*

4. Озерова О. О. Прогнозування пасажирських потоків у великих транспортних вузлах // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту 2013. №6 (48) С. 72– 80. (журнал індексується в базах УІНЦ, Ulrich's Periodicals Directory, Index Copernicus, Google Scholar, eLibrary.ru та ін.)

3. Озерова О. О. Проблеми стану сучасної транспортної інфраструктури м. Дніпропетровськ // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна. Дніпропетровськ, 2013. Вип. 7. С.51-53. (журнал індексується в базах УІНЦ, РІНЦ).

4. Озерова О. О. Проблеми функціонування транспорту при обслуговуванні пасажирів у великих транспортних вузлах // Залізничний транспорт України. 2013. №5/6. С.75–79.

5. Озерова О. О. Оптимізація технології перевезень пасажирів у великих містах з використанням математичного моделювання / Г. І. Нестеренко, П. О. Яновський, О. О. Озерова // Вісник Університету митної справи та фінансів. Збірник наукових праць. Серія: Технічні науки. 2014. №1(51) С.41–47. (журнал індексується в базах УІНЦ, РІНЦ). *Особистий внесок: розрахунок розвитку пасажирського пересадочного пункту на основі теорії нечітких множин.*

Публікації у наукових періодичних виданнях інших держав:

6. Ozerova O., Yanovsky P., Yanovska V., Lytvynenko S., Lytvynenko L., Martseniuk S. Estimation of the interaction level between urban passenger transport and city train // MATEC Web of Conferences 294, 04008 (2019) (журнал індексується в базі **Web of Science**). *Особистий внесок: запропоновано систему ефективного використання засобів міського транспорту, здійснено моделювання часових витрат міських пасажирів.*

Праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

6. Озерова О. О. Організація приміських перевезень Європейських країн / Г.І. Нестеренко, О.О. Озерова // Маркетинг і логістика в системі менеджменту пасажирських перевезень на залізничному транспорті: Матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. Київ: ДАЗТУ, 2012. С. 69–70. *Особистий внесок: охарактеризовано організацію приміських перевезень європейських країн.*

7. Озерова О. О. Підвищення ефективності транспортних пасажирських систем великих міст / О. О. Озерова, Г. І. Нестеренко // тези допов. 72-ї міжнар. наук.-практ. конф. «Проблемы и перспективы развития ж/д транспорта». Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2012. С.135– 136. *Особистий внесок: визначено шляхи підвищення ефективності транспортних пасажирських систем великих міст.*

8. Озерова, О. А. Использование эффективных моделей прогнозирования пассажирских потоков в крупных узлах / П. А. Яновский, О. А. Озерова // Труды XIV науч.-практ. конф. «Безопасность движения поездов». Москва: МИИТ, 2013. Вып.140. С.65–66. *Особистий внесок: запропоновано моделі прогнозування пасажирських потоків у великих вузлах.*

9. Ozerova O. O. The issue of transport systems of Ukraine // тези допов. XII Міжнар. студ. наук. конф. «Engineer of the 3-rd Millenniums». Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2013. С.59–60.

10. Озерова О. О. Удосконалення транспортних пасажирських систем великих міст / П. О. Яновський, О. О. Озерова // тези допов. 73-ї міжнар. науково-практ. конф. «Проблеми и перспективы развития ж/д транспорта». Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2013. С. 175– 176. *Особистий внесок: визначено передумови удосконалення транспортних пасажирських систем великих міст.*

11. Озерова О. О. Проблеми взаємодії видів транспорту при обслуговуванні пасажирів у великих транспортних вузлах / П.О. Яновський, О.О. Озерова // тези допов. 3-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств». Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. С.74-75. *Особистий внесок: охарактеризовано проблеми взаємодії видів транспорту при обслуговуванні пасажирів у великих транспортних вузлах.*

12. Озерова О. О. Удосконалення транспортних пасажирських систем великих міст / О. О. Озерова. П.О. Яновський // тези допов. наук.-техн. конф. молодих вчених, магістрантів та студентів «Удосконалення технології та технічного оснащення транспортних систем». Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. С.42-43. *Особистий внесок: запропоновано шляхи удосконалення транспортних пасажирських систем великих міст.*

13. Озерова О. А. Функционирование различных видов транспорта в крупных городах / О. А. Озерова. Г. И. Нестеренко, П. А. Яновский // тезисы докл. Междунар. науч.-практ. конференции «Современные проблемы развития интеллектуальных систем транспорта». Дніпропетровськ: ДНУЖТ, 2014. С.98-99. *Особистий внесок: визначено умови функціонування різних видів транспорту у великих містах.*

14. Озерова О. О. Доцільність розвитку пункту стикування залізниці та метрополітену / Г. І. Нестеренко, С. І. Музикіна, М. І. Музикін, О. О. Озерова // тези допов. Міжнар. науково-практичної конференції «Маркетинг і логістика в системі менеджменту на залізничному транспорті». Київ, 2015. С.63 –65. *Особистий внесок: розрахунок доцільності розвитку пункту стикування залізниці та метрополітену.*

Додаткові праці:

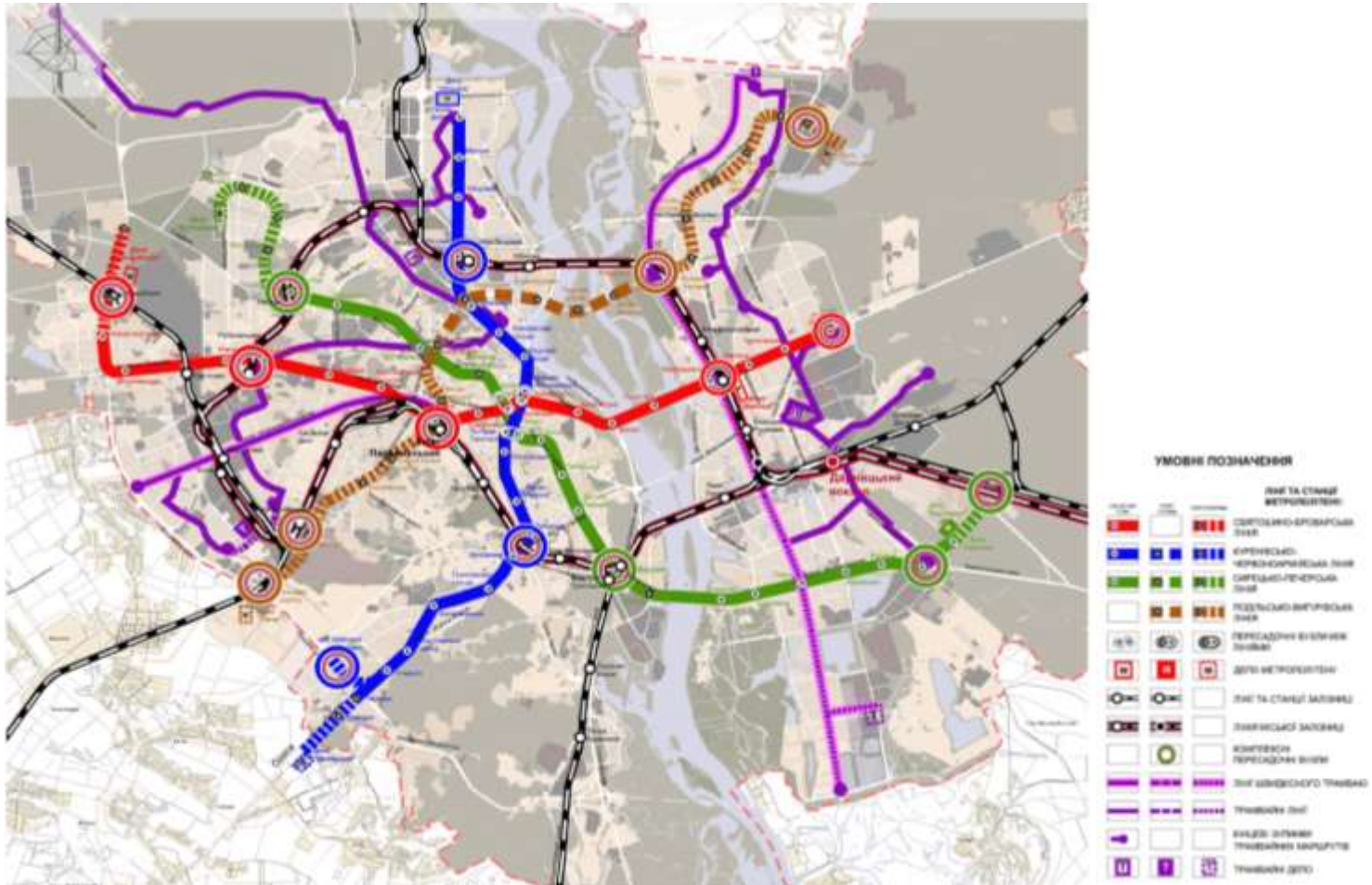
15. Озерова О. О. Технологічні засади функціонування логістичного центру залізничного транспорту / Г. І. Нестеренко, Г. І. Кириченко, О. О. Озерова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Луганськ, 2012. №6(177) ч.1 С. 169–173. (журнал індексується в базах УІНЦ, РІНЦ). *Особистий внесок: огляд наукових джерел.*

16. Ozerova O. O. Integration into European and world transport systems // тези допов. XI Міжн. студ.наук. конф. «Engineer of the 3-rd Millenniums». Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2012. С.64– 65.

17. Свідотцтво про реєстрацію авторського права на твір науково-практичного характеру № 63345 «Оптимізація технології перевезень пасажирів у великих містах із використанням математичного моделювання» від 30.12.15 / Г. І. Нестеренко, П. О. Яновський, О. О. Озерова. *Особистий внесок: розрахунок розвитку пасажирського пересадочного пункту на основі теорії нечітких множин.*

Додаток В

Схема Київського транспортного вузла



Додаток Г
Схема Харківського транспортного вузла



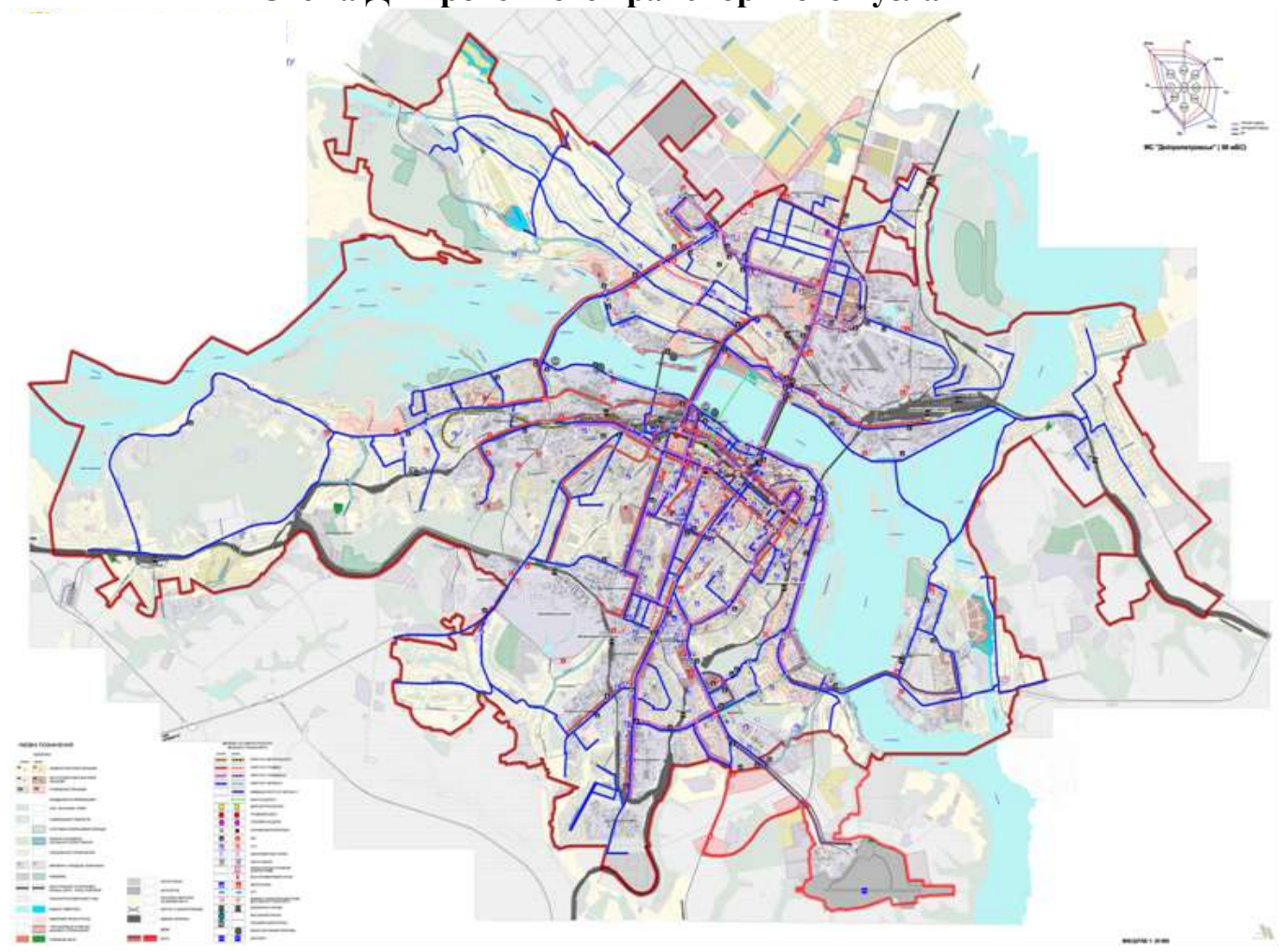
Додаток Д

Схема Одеського транспортного вузла

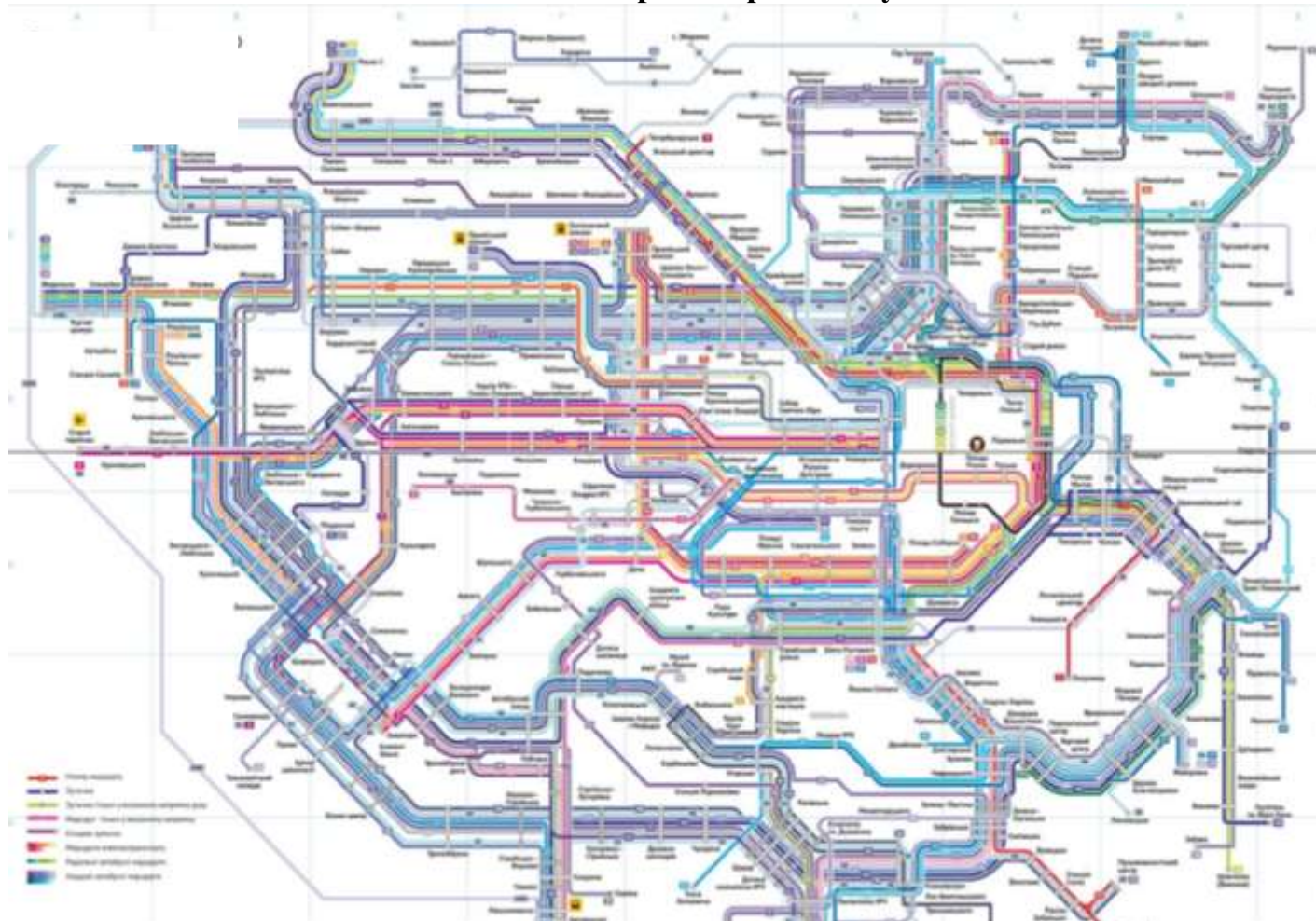


Додаток Е

Схема Дніпровського транспортного вузла

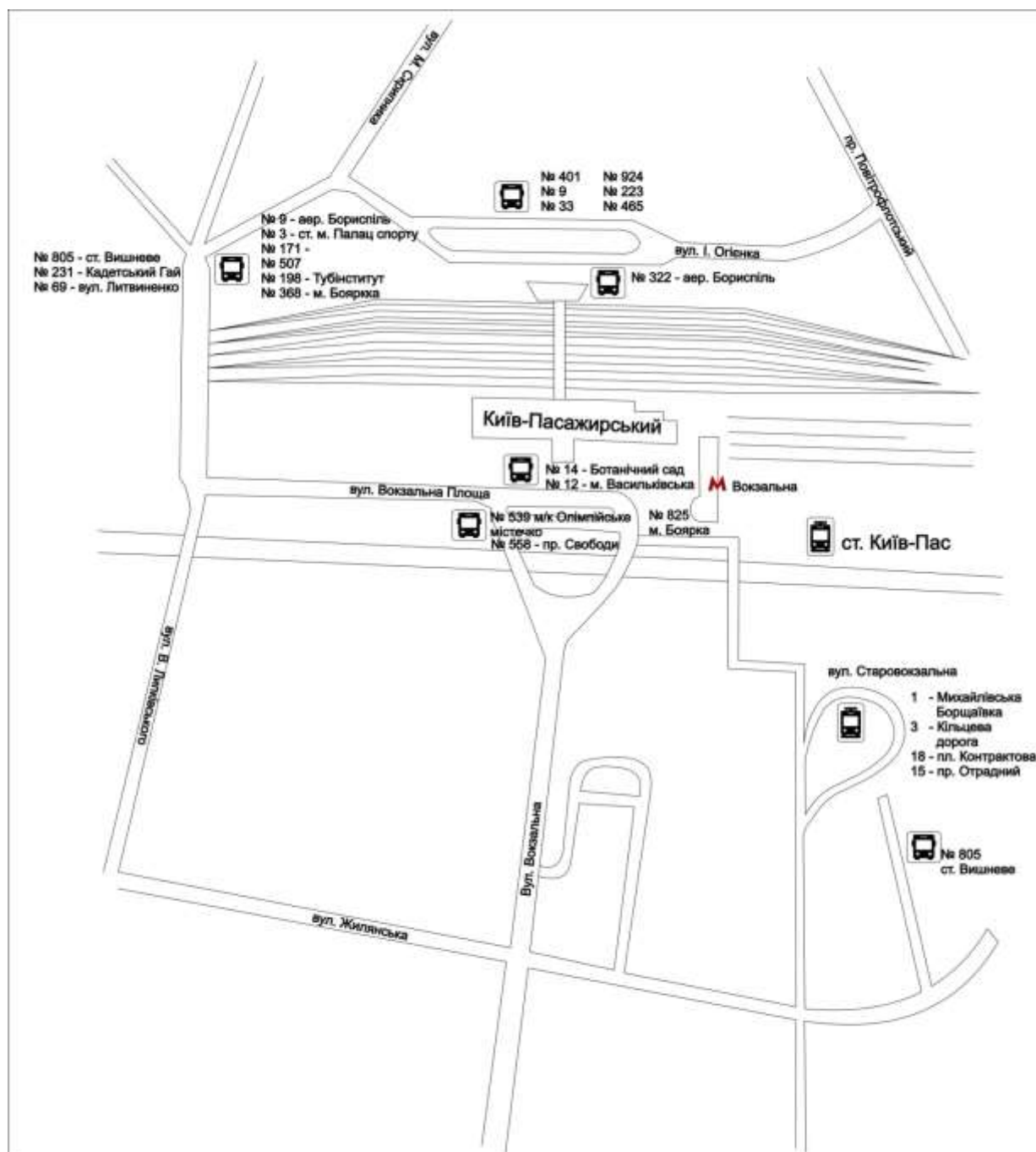


Додаток Ж
Схема Львівського транспортного вузла

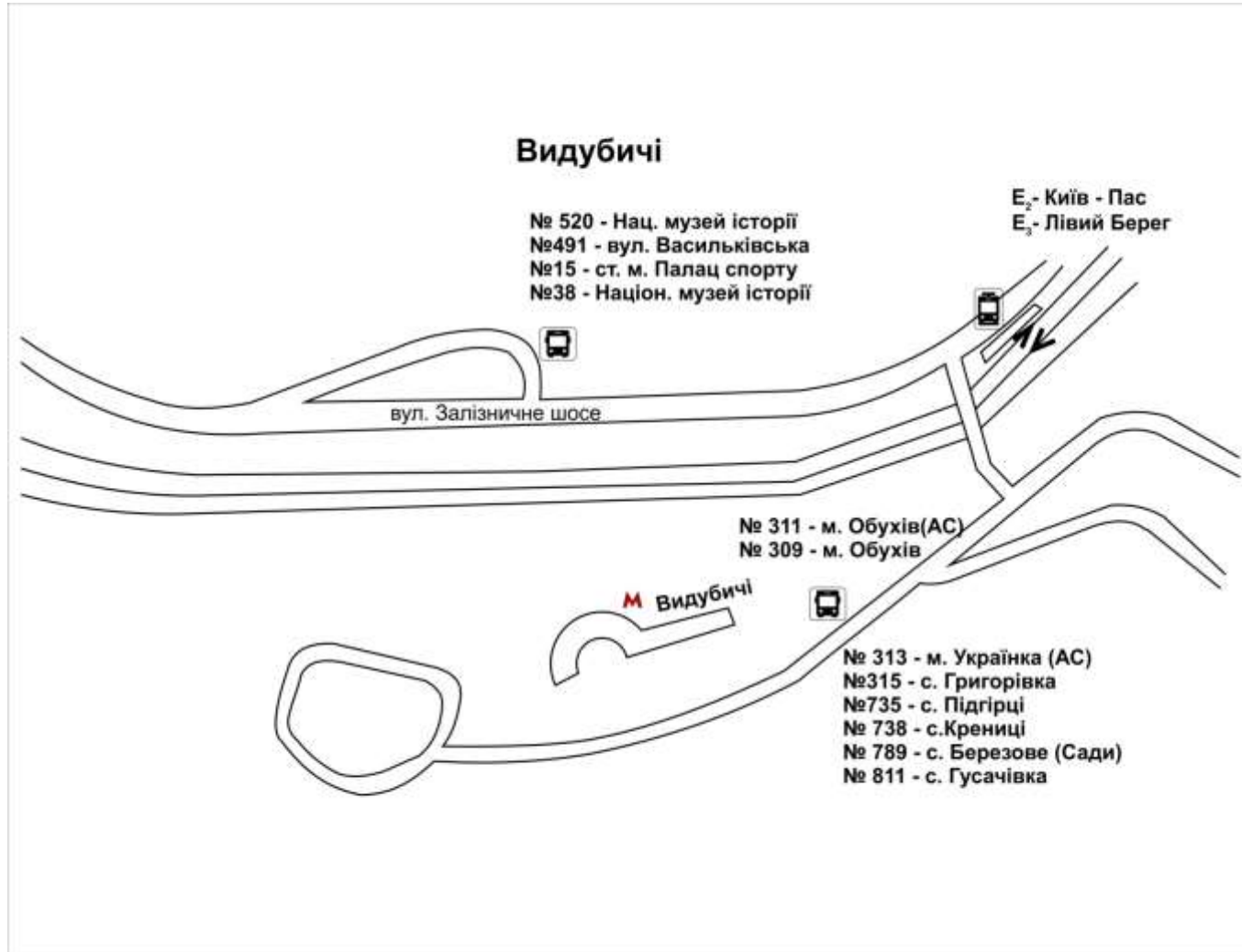


Додаток 3

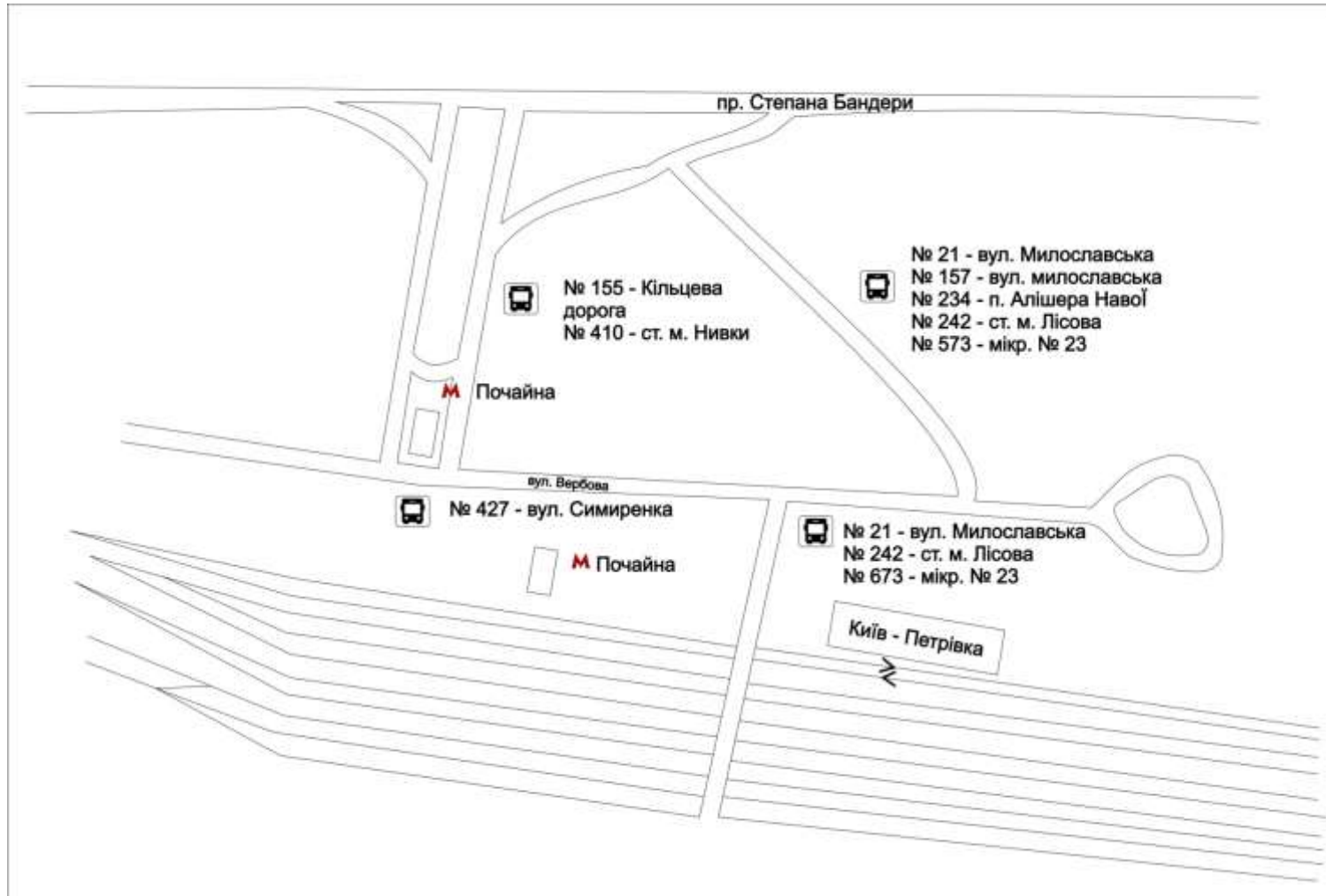
Схема ППШ Київ-Пасажирський



Додаток I
Схема ППП Видубичі



Додаток К
Схема ППП Почайна



Додаток Л
Схема ППП Київ-Волинський

