

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Державний університет інфраструктури та технологій

На правах рукопису

Озерова Ольга Олексіївна



УДК 656.34.078:006.015.2(043.5)

УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ СИСТЕМ ВЕЛИКИХ МІСТ

Спеціальність 05.22.01 – Транспортні системи

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеню

кандидата технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі управління експлуатаційною роботою в Дніпровському національному університеті залізничного транспорту ім. академіка В. Лазяряна Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Яновський Петро Олександрович,
Національний авіаційний університет,
професор кафедри військової підготовки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Лаврухін Олександр Валерійович,
Український державний університет
залізничного транспорту, завідувач кафедри
«Управління вантажною і комерційною
роботою»

кандидат технічних наук
Грушевська Тетяна Миколаївна,
Державний університет інфраструктури та
технологій, доцент кафедри управління
комерційною діяльністю залізниць

Захист відбудеться «26» квітня 2021 р. о 13⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.820.01 в Державному університеті інфраструктури та технологій за адресою: 03049, м. Київ – 49, вул. Івана Огієнка, 19, ауд. 305-а.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного університету інфраструктури та технологій за адресою: 03049, м. Київ – 49, вул. Івана Огієнка, 19.

Автореферат розісланий «18» березня 2021 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради К 26.820.01,
к.т.н., доц.



В.М. Молчанов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

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 пасажиром великих міст та приміським пасажиром 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

пасажи́рського транспорту та міської електрички (МПТ-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 МПТ – 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 пасажирів 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 пасажирів електродіелектрички 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 пасажирів 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)» ОПП «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 [1] автором визначено особливості організації приміських перевезень європейських країн, у [5] – визначено розвиток пасажирського пересадочного пункту на основі теорії нечітких множин, у [6] – 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 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 «Макетинг 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.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** було здійснено обґрунтування загальної актуальності обраної теми, сформульовано мету дисертаційної роботи, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, наведено наукову новизну та розкрито наукове, теоретичне та практичне значення одержаних результатів.

У **першому розділі** дисертаційної роботи проаналізовано стан та якість надання послуг пасажиром у великих транспортних вузлах України та інших країн світу.

Приміські та внутрішньоміські перевезення займають перші місця за кількістю перевезених пасажирів в найбільших містах України, значна частка з яких перевозиться залізничним та автомобільним транспортом. Найбільші транспортні приміські потоки виникають на примиканнях до великих транспортних вузлів, поблизу дачних товариств та місць масового відпочинку. Проблема якості обслуговування пасажирів виходить на перший план в концепції розвитку 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.

Виявлено, що використання залізничного транспорту для міських перевезень у розвинених країнах вважається природним, і воно стає все більш ефективним у вирішенні міських транспортних проблем. Залізничні перевезення міцно вплили в загальну транспортну систему великих міст і стали одним з домінуючих видів транспорту. 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 структурі, параметрам та факторам, що впливають на пасажиропотік.

Проведений критичний 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 проблемам внутрішньоміського руху та є недосконалими. А отже, повинна бути здійснена формалізація методів та засобів раціоналізації взаємодії пасажирських видів транспорту.

У **другому розділі** виявлено формування попиту на перевезення пасажирів у 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», а також фактори впливу на попит користування пасажирськими перевезеннями та транспортну рухливість населення. Ефективність функціонування логістичної системи «міський пасажирський транспорт – міська електричка» визначається факторами, різними за своєю природою та які характеризують способи використання системи, якість її умови функціонування.

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. Це дозволило стверджувати, що ключові аспекти їх роботи опрацьовані в обсязі головної функції – пересадки та пересування.

Обсяги перевезень пасажирів постійно змінюються, тому складно достовірно прогнозувати транспортні потоки для ефективної організації пасажирських перевезень, тому в сучасних умовах прогнозування пасажиропотоку складає вагоме значення для ефективної організації роботи транспорту, використання рухомого складу, вдосконалення технології роботи і технічного оснащення транспортних систем і забезпечення високоякісного обслуговування пасажирів.

У роботі встановлено, що 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. Виявлено, що на залізничний транспорт найбільший вплив чинить фактор чисельності населення (тісний прямиий зв'язок 0,888), тому для визначення перспектив розвитку пасажирського транспорту важливо вивчати демографічний стан нашого суспільства.

У **третьому розділі** представлено методи та моделі забезпечення високоефективного використання засобів транспорту.

В транспортному вузлі здійснюються перетворення вхідних потоків пасажирів у вихідні, для чого використовується його інфраструктура. 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. 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.

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.

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:

$$A = \mu_A(x_1) / x_1 \cup \mu_A(x_2) / x_2 \cup \dots \cup \mu_A(x_n) / x_n, \quad (1)$$

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. Для опису значень інтегрованих показників якості введена змінна – задовільність, терм-множини якої й значення функції приналежності термів.

Для того, щоб вирішити умову (1) та знайти за допомогою визначника матриці кращий варіант для розбудови ППП було проведено опитування та анкетування населення м. Києва щодо пересадочних пунктів на маршруті руху міської електрички. Було отримано значення загальних характеристик підсистем, із яких складаються організаційно-технологічні варіанти обслуговування пасажиропотоків у транспортному вузлі. За допомогою умови (1) вибрано для розбудови ППП станцію Київ – Пасажирський. На майбутнє для розвантаження даного пересадочного пункту, у відповідності до проведеного дослідження, можна розбудувати пасажирський пересадочний пункт на станціях Видубичі (станція А), Почайна (станція Б) та Лівобережна (станція В).

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.

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.

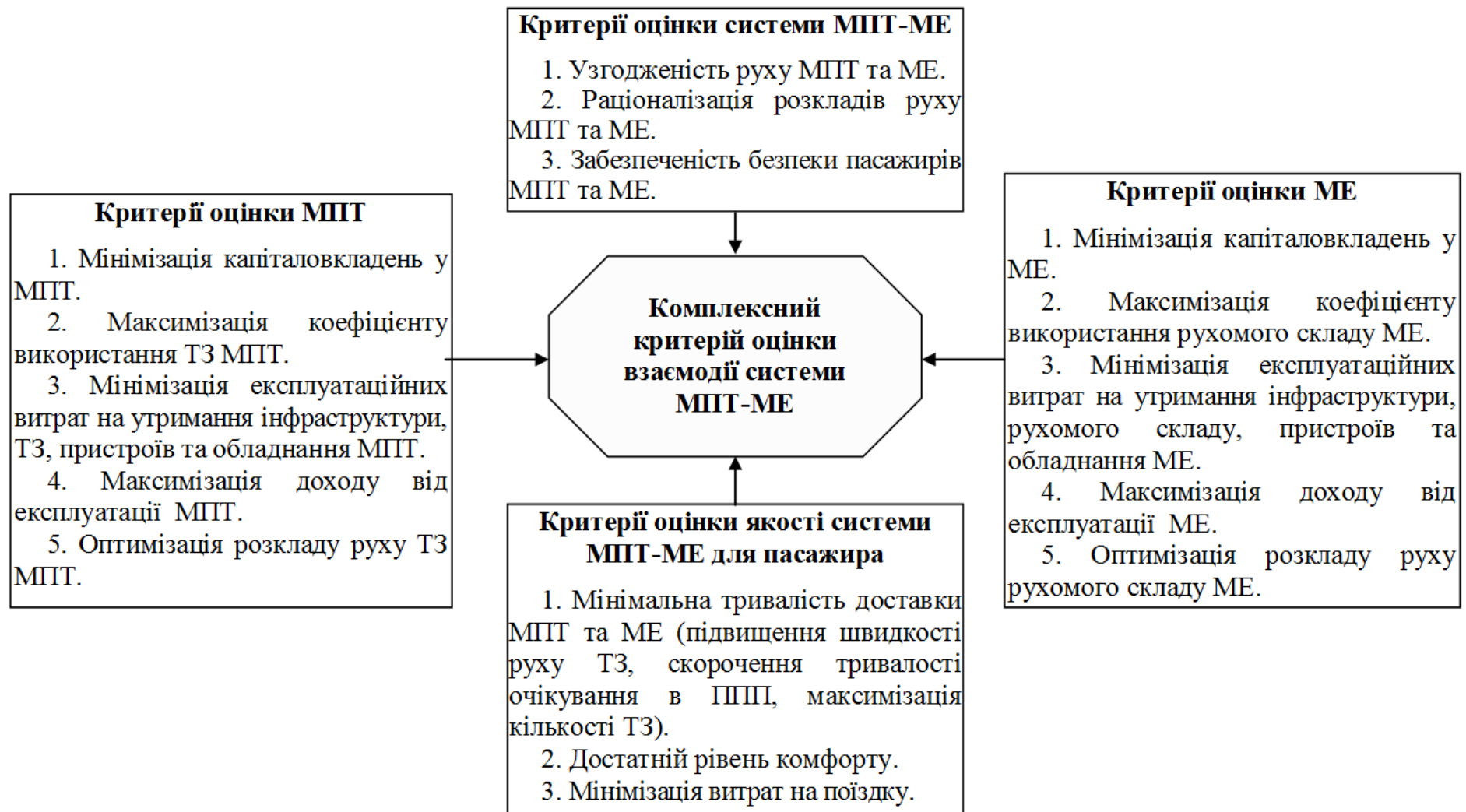


Рис. 1. Система критеріїв оцінки рівня взаємодії МПТ і МЕ

Варіант взаємодії залізничного транспорту та МПТ повинен оцінювати витрати часу пасажиром на поїздку. Крім того, необхідно врахувати додаткові капітальні вкладення і експлуатаційні витрати, викликані розвитком конкретної станції пересадки на залізничному «кільці» у вузлі.

Формалізовано загальні пасажиро-години очікування електропоїзда усіма пасажиром, які підійшли на пасажирську платформу за міжпоїзний інтервал, а також математичне очікування випадкової величини сумарних пасажиро-годин очікування.

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 інших факторів.

У **четвертому розділі** представлено реалізацію системного підходу до визначення раціональних параметрів взаємодії міського пасажирського транспорту.

Організація перевезень пасажирів повинна передбачити комплексне використання усіх видів внутрішньоміського транспорту у взаємодії з приміським сполученням. Раціоналізація частоти обороту і составності електропоїздів міської електрички – важлива основа для побудови раціональної системи управління внутрішньоміськими пасажирськими перевезеннями з використанням міської електрички.

З врахуванням технічного оснащення залізничного «кільця» і обсягів перевезень пасажирів спочатку встановлено бажана частота руху електропоїздів МЕ, а потім визначено масу, составність і швидкість їх руху. Отримані результати розрахунків встановлюють попередні параметри залізничного «кільця» в умовах поточної експлуатації. Крім того, вони дають можливість визначення техніко-економічними розрахунками оптимальної маси і швидкості електропоїзда, підібрати тип рухомого складу.

Розраховано, 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 поїздів МЕ. При оптимізації частоти обороту і составності (населеності) електропоїздів слід знайти таке рішення, яке б одночасно задовольняло і пасажирів, і залізницю одночасно.

Використання наведених методичних рекомендацій дозволяє обґрунтувати раціональну кількість електропоїздів на «кільці» МЕ, а також визначати економічний ефект від реалізації заходів по поліпшенню взаємодії МПТ із залізницею.

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.

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».

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 ділянках 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.

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.

Здійснено формалізацію необхідної умови взаємодії (НУВ) міських видів пасажирського транспорту і залізниці (як з боку МТП так і залізничного «кільця»).

Для визначення необхідних параметрів МПТ і міської електрички в умовах їх повної взаємодії та забезпечення максимальних зручностей пасажирів на станціях пересадки слід враховувати взаємодію пасажиропотоків МПТ і МЕ. 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 ефективно їх функціонування при здійсненні якісних перевезень пасажирів.

Блок-схема обґрунтування раціональних параметрів взаємодії в системі МПТ-ППП-МЕ наведена на рис. 2. 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 МП в загальній системі пасажирського транспорту міста, тобто здійснити вибір виду МПТ.

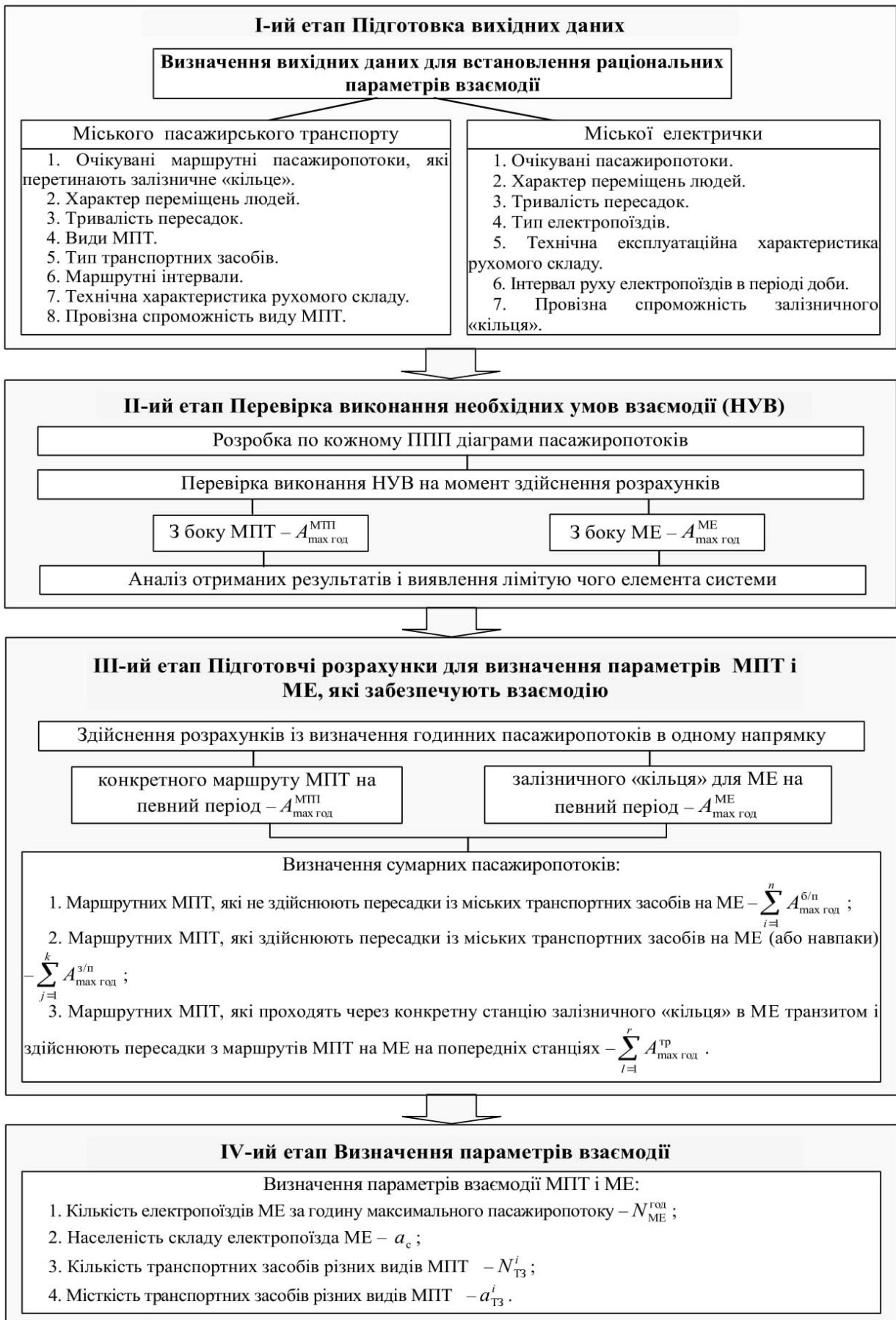


Рис. 2. Блок-схема обґрунтування параметрів при взаємодії в системі МПТ-ППП-МЕ

Слід враховувати, що параметри, отримані із необхідної умови взаємодії, враховують взаємні можливості та інтереси усіх видів транспорту пасажирського комплексу міста. 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.

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

$$F_{заз} = Nl \cdot e_{п-км} + e_{пас-год} \left(\sum_{i=1}^d A_i t_i + \sum_{j=1}^n A_j t_j \right) + \sum_{i=1}^n e_{км}^i \cdot \sum_{j=1}^m L_{заз}^j \rightarrow \min, \quad (4)$$

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 ($j=1,2, 3, \dots, m$); $L_{заз}$ – 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.

При цьому будуть діяти наступні обмеження:

$$n_{ВМЕ}^M \geq a_{пас}^{i МПТ}, i = 1 \dots 5 \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^5 n_{e МПТ}^{iM} \geq A_{МЕ}, \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^5 a_{пас}^{МПТ} \leq a, \quad (7)$$

де $n_{ВМЕ}^M$ – кількість вільних місць в МЕ; $a_{пас}^{МПТ}$ – місткість МПТ; $n_{e МПТ}^M$

– кількість вільних місць в МПТ; $A_{МЕ}$ – місткість МЕ; a – населеність електропоїзда МЕ;

Отже, сутність умови (4) полягає у тому, що високий рівень взаємодії усіх видів МПТ в певному ППП буде забезпечено, коли має місце баланс наявними вільними місцями в ТЗ та реальною кількістю пасажирів, які здійснюють пересадку із ТЗ одного виду МПТ в ТЗ іншого МПТ. Підготовлена для оптимізації задача записувалась у форматі математичного пакету Maple-18 та здійснені розрахунки дозволили визначити оптимальне співвідношення МПТ та МЕ за різними сценаріями.

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.

Виходячи із рис. 2 необхідна умова $НУ_{ППП}$ взаємодії МЕ і видів МПТ в кожному ППП представляється в такому вигляді:

$$\sum_{i=1}^n a_{тз}^B \leq A_{ППП}^3,$$

$$A_{ППП}^B \leq \sum_{i=1}^n a_{тз}^3, \quad (8)$$

де $A_{ППП}^B$ – кількість пасажирів, які вийшли із електропоїзда на залізничній станції (на ППП); $A_{ППП}^3$ – кількість пасажирів, які зайшли в електропоїзд на залізничній станції (на ППП); $\sum_{i=1}^n a_{тз}^B$ – кількість пасажирів, яких доставили на ППП транспортні засоби МПТ протягом інтервалу між моментами прибуття на залізничну станцію I ; $\sum_{i=1}^n a_{тз}^3$ – кількість пасажирів, які залишили транспортні засоби МПТ протягом інтервалу I ;

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

$$\sum_{i=1}^n a_{тз}^3 \leq \sum_{i=1}^n a_{тз}^6,$$

$$A_{ППП}^3 \leq A_{ППП}^6. \quad (9)$$

Отже, виходячи із умов (8) і (9) необхідно кожній залізничній станції кільця (кожному ППП) забезпечити баланс пасажиропотоків для кожного електропоїзда МЕ і маршрутами МПТ.

У випадках, коли виконується умова (8) для МЕ і маршрутів МПТ з метою високого заповнення транспортних засобів і дійсних умов проїзду пасажирів важливо забезпечити таке:

$$\sum_{i=1}^n a_{тз}^6 - \sum_{i=1}^n a_{тз}^3 = \Delta a_{тз} \rightarrow 0,$$

$$A_{ППП}^6 - A_{ППП}^3 = \Delta A_{ППП} \rightarrow 0. \quad (10)$$

Порушення співвідношень (10) не забезпечує комфортний і безпечний проїзд пасажирів в системі МЕ – МПТ. Міські маршрути відрізняються один від одного, незважаючи на наявність однакових характеристик, тому правильність розподілу транспортних засобів за маршрутами необхідно перевіряти по величині коефіцієнта середньодобового наповнення ТЗ. При перевірці дотримання умов (8–10) по всім ППП пасажирської системи «МЕ-МПТ» виявлено, що у 95,53% випадків умови виконуються. Результати реалізації задачі мінімізації витрат і функціонування транспорту та витрат на пас-год очікування транспортних засобів (4)–(7) із врахуванням умов (8–10) за 100 найкращими сценаріями наведені на рис. 3. Максимальну економію експлуатаційних витрат при досягненні високого рівня якості перевезень на суму 219,79 тис. грн. за рік отримано за сценарієм №45.

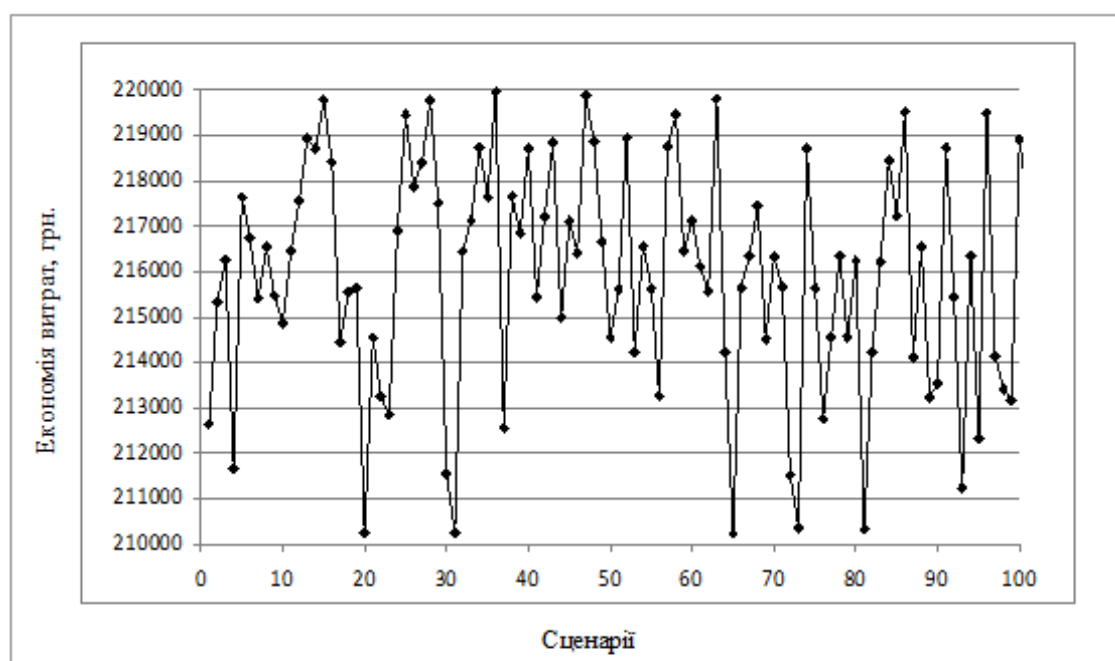


Рис. 3. Результати реалізації задачі мінімізації витрат на функціонування транспорту та витрат на пасажиро-години очікування транспортних засобів за 100 найкращими сценаріями

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.

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 ліній 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 пасажирями електропоїздів міської електрички на

станціях залізничного «кільця» на основі використання методичного підходу із врахуванням математичного очікування випадкової величини сумарних пасажиро-годин, що дозволить 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 частоти електричних поїздів МЕ та надано рекомендації розвитку технологічної взаємодії складових МПТ у великих містах. За найкращим сценарієм реалізація запропонованих інструментів дозволить скоротити витрати міського пасажирського транспорту на майже 220 тис. грн. на рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ 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 залізнич. 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 2012 р.) Кнів: 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. «Проблеми 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. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (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 «Маркетинг 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 Millennium» (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.*

АНОТАЦІЯ

Озерова О.О. Удосконалення транспортних пасажирських систем великих міст. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – Транспортні системи. – Державний університет інфраструктури та технологій МОН України. Київ, 2021 р.

Дисертація присвячена питанням 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.

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.

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.

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

АННОТАЦИЯ

Озерова Е.А. Совершенствование транспортных пассажирских систем крупных городов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – Транспортные системы. – Государственный университет инфраструктуры и технологий МОН Украины. Киев, 2021 г.

Диссертация посвящена вопросам совершенствования организации транспортного обслуживания при обеспечении взаимодействия городского пассажирского транспорта и городской электрички в узлах транспортной сети в крупных городах на основе формализации методов и средств рационализации их взаимодействия.

Для обеспечения взаимодействия, определения количества и населенности электропоездов городской электрички, а также количества и вместимости транспортных средств различных видов транспорта было реализовано системный подход определения рациональных параметров взаимодействия системы «городской пассажирский транспорт – пассажирский пересадочный пункт – городская электричка» в крупных транспортных узлах. Составляющими этого подхода определено программную реализацию модели взаимодействия видов транспорта в узле путем проверки выполнения необходимых условий взаимодействия, а также осуществление подготовительных расчетов для определения параметров городского пассажирского транспорта и городской электрички.

Разработанные практические рекомендации развития технологического взаимодействия составляющих городского пассажирского транспорта в крупных городах позволяют обеспечить сокращение затрат на функционирование городского пассажирского транспорта при достижении высокого уровня качества перевозок.

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт, городская электричка, транспортные системы, транспортный узел, пассажирский пересадочный пункт, крупные города, взаимодействие, поезда.

SUMMARY

Ozerova O.O. Improvement of transport passenger systems of large cities. – Manuscript

The thesis to obtain scientific degree of the candidate of technical sciences in specialty 05.22.01 – Transport Systems. – State University of Infrastructure and Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine. Kyiv, 2021

The thesis is devoted to the issues of improving the organization of transport service while ensuring the interaction of urban passenger transport and city electric train in the junctions of the transport network in large cities on the basis of formalization of methods and means of rationalization of 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.

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.

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.

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.

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