

ЗМІСТ

ВСТУП.....	23
РОЗДІЛ 1. СТАН СУЧАСНОЇ НАУКИ ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ У МІЖМІСЬКОМУ ПАСАЖИРСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ	33
1.1 Сучасні наукові дослідження показників ефективності експлуатації засобів транспорту у міжміському пасажирському сполученні.....	33
1.2 Стан сучасної наукової думки у розрахунку показників ефективності експлуатації засобів транспорту.....	40
1.3 Сучасний стан науково - практичних підходів до організації експлуатації засобів транспорту при перевезенні пасажирів маршрутним транспортом та управління системами міжміських пасажирських перевезень.....	49
1.4 Висновки по розділу.....	60
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕТАПІВ РОЗВИТКУ ОСНОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ ПРИ МІЖМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ.....	63
2.1 Методи рішення задач експлуатації засобів транспорту в процесі перевезень пасажирів автомобільним транспортом.....	63
2.2 Методи вирішення задач експлуатації засобів транспорту в процесі перевезень пасажирів залізничним транспортом.....	83
2.3 Методи вирішення задач експлуатації засобів транспорту в процесі перевезень пасажирів авіаційним	

	20
транспортном.....	87
2.4 Методи вирішення задач з формалізації параметрів експлуатації засобів транспорту на пасажирських транспортних маршрутах.....	94
2.5 Методи вирішення задач з визначення параметрів функціонування та перерозподілу пасажирських транспортних кореспонденцій між видами транспорту.....	104
2.6 Висновки по розділу.....	114
РОЗДІЛ 3. ДО ПИТАННЯ ВПЛИВІВ СЕРЕДОВИЩА ТА МЕРЕЖ ФУНКЦІОНУВАННЯ НА ПАРАМЕТРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ.....	116
3.1. Математичне моделювання впливу середовища експлуатації засобів транспорту на розвиток пасажирських транспортних систем.....	116
3.2 Вплив особливостей малюнку транспортної мережі на довжину їздки між її вузлами на прикладі транспортної мережі України.....	122
3.3 Моделювання полігонів максимальної пасажирської маршрутної транспортної доступності в процесі експлуатації засобів транспорту.....	132
3.4 Моделювання пасажирських транспортних кореспонденцій в певних умовах експлуатації засобів транспорту між обласними центрами в Україні.....	143
3.5 Висновки по розділу.....	153
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ В СИСТЕМІ МІЖМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТА ЇЇ МОДЕЛЮВАННЯ	155

4.1	Формалізація алгоритму математичного моделювання процесу експлуатації засобів транспорту при виконанні задач міжміських пасажирських перевезень.....	155
4.2	Урахування факторів сезонності на параметри експлуатації засобів транспорту.....	174
4.3	Висновки по розділу.....	184
РОЗДІЛ 5.	ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІН ПАРАМЕТРІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ В СИСТЕМІ МІЖМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	186
5.1	Визначення етапів розрахунку параметрів експлуатації засобів транспорту систем міжміських пасажирських перевезень.....	186
5.2	Формування масиву вхідних даних.....	187
5.3	Визначення закономірностей змін функції перерозподілу обсягів перевезень пасажирів від характеристик засобів транспорту.....	190
5.4	Закономірності впливу швидкості сполучення на параметри.....	224
5.5	Вплив вхідного значення середньосистемного коефіцієнту використання пасажиромісткості транспортних засобів на параметри експлуатації.....	255
5.6	Вплив швидкості сполучення в залізничній мережі на експлуатаційні параметри.....	270
5.7	Висновки по розділу.....	293
	ВИСНОВКИ.....	295
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	299

ДОДАТКИ.....	339
Додаток А. Список публікацій здобувача.....	339
Додаток Б. Приклад введення даних щодо мережі автомобільної/залізничної.....	349
Додаток В. Приклад введення даних щодо мережі маршрутів автомобільної/залізничної мережі.....	350
Додаток Г. Приклад розрахунку розподілу пасажиропотоку між вузлами автомобільної маршрутної мережі по існуючих у мережі маршрутах (тис. пас. доб.).....	352
Додаток Д. Приклад розрахунку розподілу пасажиропотоку між вузлами залізничної маршрутної мережі по існуючих у мережі маршрутах (тис. пас. доб.).....	354
Додаток Е. Приклад розрахунку матриці кореспонденції між вузлами автомобільної мережі (тис. пас. доб.).....	356
Додаток Ж. Приклад розрахунку матриці кореспонденції між вузлами залізничної мережі (тис. пас. доб.).....	358
Додаток З. Приклад розрахунку базових характеристик функціонування маршрутів автомобільної мережі.....	360
Додаток І. Приклад розрахунку базових характеристик функціонування маршрутів залізничної мережі.....	363
Додаток К. Акт впровадження.....	365

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Місце експлуатації засобів транспорту пасажирських транспортних систем у розвитку суспільства переоцінити неможливо. Міжміські пасажирські перевезення відіграють важливу роль у реалізації потреб людства з переміщення, тому сучасні питання експлуатації засобів транспорту потребують виважених рішень щодо їх розвитку, змін та адаптації до вимог середовища функціонування цих засобів транспорту. З впливом часу потребують перегляду й адаптації до сучасності підходи з експлуатації засобів транспорту. У зв'язку із цим рішення щодо реформування елементів процесу експлуатації засобів транспорту мають прийматись опираючись на розрахунки проведені в умовах сучасності. Від того, наскільки ефективно та якісно функціонують ці елементи, в значній мірі залежить надійність виробничих, культурних і інших процесів в суспільстві. У сучасних підходах до питань організації надання послуг з перевезень пасажирів визначається пріоритетність підвищення якості транспортних послуг, прийняття ґрунтовних рішень щодо змін елементів самого процесу експлуатації засобів транспорту при забезпеченні процесу перевезення пасажирів. До параметрів процесу експлуатації засобів транспорту можна віднести такі, як: розклад руху, кількість транспортних засобів, тип рухомого складу, вартість перевезень та швидкість сполучення. Зміною визначених характеристик транспортного процесу можна

корегувати експлуатаційні характеристики експлуатації засобів транспорту при міжміських маршрутних пасажирських перевезеннях.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано згідно з «Транспортною стратегією України на період до 2020 року», схваленою Розпорядженням Кабінету міністрів України від 20 жовтня 2010 р. № 2174-р; «Стратегією підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року», затвердженої Розпорядженням Кабінету міністрів України від 14 червня 2017 р. № 481-р.; «Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018-2022 роки», схваленою Постановою Кабінету міністрів України від 21 березня 2018 р. № 382.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є виявлення науково обґрунтованих основ експлуатації засобів транспорту у міжміському пасажирському сполученні.

Для досягнення поставленої мети дослідження вирішувалися такі завдання:

– дослідити стан сучасної науки щодо показників ефективності експлуатації засобів транспорту у міжміському пасажирському сполученні;

– обрати сучасний метод рішення задач з розрахунку параметрів функціонування процесу експлуатації засобів транспорту на міжміських пасажирських маршрутних перевезеннях;

– здійснити моделювання експлуатації засобів транспорту при забезпеченні міжміських пасажирських транспортних кореспонденцій;

– запропонувати та формалізувати алгоритм математичного моделювання процесу експлуатації засобів транспорту при виконанні задач міжміських пасажирських перевезень;

– дослідити зміни параметрів експлуатації засобів транспорту в системі міжміських пасажирських перевезень.

Об'єктом дослідження є процес експлуатації засобів транспорту у міжміському пасажирському сполученні.

Предметом дослідження є закономірності експлуатації засобів транспорту системи міжміських пасажирських перевезень.

Методи дослідження. У проведених дослідженнях використовувались: методи системного аналізу під час аналізу даних проведених досліджень; методи проектування технологічного процесу перевезення пасажирів транспортними засобами на маршрутах міжміського сполучення; математичної статистики під час розроблення моделей зміни параметрів експлуатації засобів транспорту при міжміських пасажирських перевезеннях; графічний (візуальний) при описі та аналізі побудованих графіків винайдених залежностей; емпіричного дослідження при встановленні калібрувального коефіцієнту обраної гравітаційної моделі; експериментальний при використанні імітаційної моделі для визначення змін параметрів системи; кореляційного аналізу та супутніх змін для визначення параметрів і якості співвідношень між параметрами; факторного аналізу для визначення параметрів багатовимірних зв'язків;

аналізу для визначення елементів систем та аксіоматичний при встановленні обмежень цільової функції.

Наукова новизна отриманих результатів. У дисертаційній роботі здобувачем досліджено експлуатацію засобів транспорту у міжміському пасажирському сполученні, маршрутні кореспонденції на різних видах транспорту в Україні й сформульовано цільову функцію їхнього удосконалення. Запропонована автором цільова функція удосконалення експлуатації засобів транспорту у міжміському пасажирському сполученні базується на одночасному урахуванні впливу параметрів вхідних в систему міжміських пасажирських маршрутних перевезень та її підсистем. Відмінністю від раніше запропонованих наукових підходів автором забезпечено урахування людського чинника.

Уперше:

– сформульовано цільову функцію удосконалення експлуатації засобів транспорту у міжміському пасажирському сполученні. Запропонований підхід базується на математичному описі сумісної діяльності не тільки особливостей експлуатації засобів транспорту при міжміському пасажирському сполученні, а й їх впливі на суспільну діяльність, враховуючи транспортну втому; формалізовано закономірності зміни базових показників функціонування системи міжміських пасажирських маршрутних перевезень;

– встановлено раніш невідомі параметри функції тяжіння, що забезпечує можливість в визначенні кореспонденції пасажирів в маршрутній мережі при експлуатації засобів транспорту на маршрутах міжміського сполучення. Встановлено значення

калібрувального коефіцієнту для обраної гравітаційної моделі з розрахунку пасажирських транспортних кореспонденцій між транспортними вузлами, який, в умовах дослідженого процесу експлуатації засобів транспорту на міжміських маршрутах загального користування, для проведення відповідних розрахунків приймає значення від 1,6 до 1,8;

– дано визначення та запропоновано спосіб розрахунку коефіцієнту середньосистемного використання пасажиромісткості засобів транспорту в процесі їхньої експлуатації на міжміському пасажирському сполученні;

– визначено функції впливу швидкості сполучення в мережі при експлуатації засобів транспорту у міжміському пасажирському сполученні на кількість пересувань; обсяг перевезень; транспортну роботу та кількість транспортних засобів із урахуванням системних взаємозв'язків між цими параметрами. Доведено, що швидкість сполучення в мережі не впливає на значення середньої дальності маршрутної їздки та мережної їздки, середньосистемного коефіцієнту використання пасажиромісткості засобу транспорту;

– визначено залежності кількості пересувань та перевезених пасажирів, транспортної роботи, середньосистемного коефіцієнту заповнення салону засобів транспорту, кількості транспортних засобів від зміни розподілу пасажиропотоків між маршрутними мережами.

Удосконалено:

– функцію перерозподілу обсягів перевезень пасажирів на виді транспорту; відносно будь-яких маршрутів різних видів

транспорту, яка на відміну від наявних забезпечує урахування кількості пасажиромісць на маршрутах виду транспорту;

– наукові підходи до визначення кількісного розподілу кореспонденції між видами транспорту, які на відміну від відомих, спираються на закономірності вибору способу пересування між маршрутами на основі комплексного підходу з урахуванням характеристик експлуатації засобів транспорту, часу руху, вартості, заповнення салону тощо;

– науковий підхід до моделювання системи експлуатації засобів транспорту у міжміському пасажирському сполученні, який спирається на сучасні досягнення науки і практики, враховує визначену функцію тяжіння для опису розподілу транспортних кореспонденцій між містами.

Набули подальшого розвитку:

– методи визначення перерозподілів обсягів перевезень між будь-якими видами і маршрутами при експлуатації засобів транспорту у міжміському пасажирському сполученні, у яких, на відміну від відомих, враховано соціально-економічний стан розвитку суспільства;

– методи визначення кількості транспортних засобів, на відміну від відомих забезпечено системне урахування зміни кількості транспортних засобів від змін параметрів інших складових процесу експлуатації засобів транспорту на міжміських пасажирських маршрутах, а не лише від обсягів перевезень;

– методи розрахунку параметрів функціонування маршрутів, які на відміну від запропонованих попередниками

враховує системне функціонування маршруту не в одній маршрутній мережі.

Практичне значення отриманих результатів. Дослідження має безпосереднє значення при розрахунку параметрів функціонування засобів транспорту у міжміському пасажирському сполученні.

Отримано можливість розрахунку параметрів функціонування засобів транспорту у міжміському пасажирському сполученні.

Сформульована функція удосконалення міжміських пасажирських перевезень забезпечує можливість врахування функціонування системи міжміських пасажирських маршрутних перевезень на суспільну діяльність.

Результати досліджень апробовано під час проведення розрахунків параметрів експлуатації засобів транспорту у діяльності ПП «Лозьвське грузопасажирське АТП».

Особистий внесок здобувача.

Автору належать всі наукові результати, що виносяться на захист. У публікаціях зі співавторами особистий внесок здобувача полягає в такому: методика використання геоінформаційних систем для аналізу процесів, дорожніх мереж, мережний аналіз розрахунку параметрів транспортних процесів, інформаційному забезпеченні процесів та моделюванні гетерогенної інформації, визначенні закономірностей змін параметрів маршрутних транспортних систем [2, 3, 6, 10, 18, 21–27, 31, 33, 38, 39, 41, 42 та 44–45 додатку А]; урахування людського фактору в транспортних системах [4, 5, 12 додатку А]; формулювання завдання досліджень, висновків, проведення дослідження [13, 14, 29, 30, 36 та 37 додатку А]; фактори впливу обсягів перевезень на показники

транспортного процесу, аналіз сучасних методів проведення досліджень технологічних процесів та принципи розрахунку кількісних показників транспортних кореспонденцій [16, 17, 19, 20, 27, 32, 35, 40 та 45 додатку А].

Апробація результатів дисертації.

Основні положення та результати дослідження доповідалися і обговорювалися на:

– International Scientific-Practical Conference Modern Transformation of Economics and Management in the Era of Globalization: Conference Proceedings. January 29, 2016. Klaipeda: Baltija Publishing.

– міжнародній науково – практичній конференції присвяченої п'ятдесятиріччю кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харків, 3 листопада 2016 р. ред. кол.: М.К.Сухонос, К.А. Мамонов, Ю.Б. Радзінська. –Харків: ХНУМГ, 2016.

– міжнародній. наук. - практ. конф., Харків, листопад 2017 р. / [редкол. : В. Т. Семенов (відповід. ред) та ін.]; Харків. нац. ун - т міськ. госп– ва ім. О.М. Бекетова. - Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017.

– Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences: international research and practice–conference, 27 - 28 December. –Radom, Republic of Poland, 2017.

– Advances of science: Proceedings of articles the international scientific conference. Czech Republic, Karlovy Vary–Ukraine, Kyiv, 28 September 2018 [Electronic resource] / Editors prof. L.N. Katjuhin, I.A. Salov, I.S. Danilova, N.S. Burina. –Electron. txt.

d. (1 файл 13,5 MB). –Czech Republic, Karlovy Vary: Skleněný Můstek–Ukraine, Kyiv: MCNIP, 2018.

– II Всеукраїнській науково-теоретичній конференції «Проблеми з транспортними потоками і напрям їх розв’язання», 16–18 березня 2017 року: Тези доповідей. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017.

– Міжнародній науково-практичній конференції Європейські стандарти оцінки, землеустрою і кадастру: проблеми впровадження та шляхи їх реалізації в Україні: матеріали, Харків, 28 квітня 2016 р./ ред. кол.: В.Ф. Харченко, К.А. Мамонов, Ю.Б. Радзінська.– Харків: ХНУМГ, 2016.

– Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні аспекти формування ринку нерухомості: вітчизняний та міжнародний досвід», Харків, 9 листопада 2017р./ ред. кол.: М.К. Сухонос, К.А. Мамонов, Ю.Б. Радзінська. – Харків: ХНУМГ, 2017.

– Міжнародній науково-практичній конференції «Європейські стандарти економічного розвитку, оцінки землеустрою та кадастру: шляхи їх реалізації в Україні», Харків, 26 – 27 березня 2015 р./ ред. кол.: В.Ф. Харченко, К.А. Мамонов, Ю.Б. Радзінська. – Харків: ХНУМГ, 2015.

– The international research and practical conference The development of technical sciences: Problems and solutions. - Borno, the Czech Republic, April 27 – 28, 2018.

– Науково–практичній конференції присвяченої міжнародному дню геоінформаційних систем. (Харків, 14 листопада 2018 р.) М-во освіти і науки України, Харків. нац.. ун-т. міськ. госп.; редкол.: К.А. Мамонов, В.Д. Шипулін, Ю.Б. Радзінська. –Харків: ХНУМГ, 2018. – С. 114 – 116.

За темою дисертації автором опубліковано одну одноосібну та 5 колективних монографій; 24 статті у виданнях іноземних держав та у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз; 4 статті у фахових виданнях; 11 тез доповідей на конференціях, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації; 4 праці, які додатково відображають наукові результати дисертації. Основний зміст дисертації опубліковано в 30 наукових працях, з яких 7 написані без співавторів.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 303 найменувань на 40 сторінках, та 11 додатків на 35 сторінках. Загальний обсяг дисертації – 368 сторінок, із них 275 – сторінки основного тексту, 68 рисунків і 52 таблиці.

РОЗДІЛ 1

СТАН СУЧАСНОЇ НАУКИ ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ У МІЖМІСЬКОМУ ПАСАЖИРСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ

1.1 Сучасні наукові дослідження показників ефективності експлуатації засобів транспорту у міжміському пасажирському сполученні

Питання розрахунку показників експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях розглянуто багатьма науковцями і є предметом досліджень й донині. Основними напрямками досліджень були виявлення закономірностей зміни такого показника експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях, як обсяг перевезень пасажирів. Вивчалось питання впливу факторів середовища оточуючого експлуатацію засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях. Окремо слід визначити наукові дослідження направлені на вивчення впливу змін кількісних характеристик експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях на кількісні значення інших.

В роботі [1] приділено увагу дослідженням останніх тенденцій в області пасажирських перевезень на далекі відстані в Європі. Мета роботи полягає у визначенні можливостей розрахунку настання піка поїздок на далекі відстані, і якщо так, то які можуть бути варіанти дій послідовної політики. Для спрощення

встановлення залежностей авторами запропоновано врахування двох видів пасажирського транспорту загального користування, а саме: автомобільний та авіаційний. В роботах [2-3] викладено результати досліджень щодо планування транспортної мережі. Визначено, що транспортні мережі, як підсистема експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях, визначають як технічні характеристики маршрутів так і їхню востребованість пасажирями. Авторами [2-3] визначено, що до основного параметру, характеристик якого впливають на обсяги перевезень пасажирів на маршрутах, можна віднести швидкість сполучення. Якісно змінювати цей показник авторами запропоновано через такі параметри, як кількість смуг та тип проїзду на перехрестях. Це, на думку авторів, мають визначати планувальники руху транспорту у мережі розширюючи існуючу мережу або зміненням характеристик існуючих мережевих елементів, або цілих мережевих блоків.

Не без уваги залишено вплив експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях на середовище їхнього функціонування. Авторами [4] викладено дослідження щодо доцільності розширення мереж експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях з підходу порівняння збільшення їхньої ефективності (у грошовому еквіваленті) із змінами екологічного навантаження на регіон.

Авторами визначено, що мається доцільність врахування показників роботи експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях, що спричиняють вплив на середовище функціонування та відповідність існуючої політики розвитку країн. Робота зосереджена на вивченні автомобільних та повітряних перевезеннях, оскільки вони зосереджують основну

частину впливів на навколишнє середовище розвинутих країн, принаймні з точки зору шумового навантаження. Крім того авторами враховано такі тенденції, як збереження найбільшої частки загальної кількості поїздок проїзд на автомобілі, а експлуатація засобів авіаційного транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях є динамічною та розвивається у Європі, що обґрунтовує увагу до обох режимів. Стійкий розвиток авіаперевезень, на думку авторів, обумовлено стабільним та стійким зростанням попиту, що зумовлене стратегією надання послуг аеропортами та авіакомпаніями, спрямовану на збільшення попиту шляхом зменшення грошового навантаження на пасажира при користуванні і послугами як портів так і послугами перевізників. На думку авторів роботи [4] забезпечення обох тенденцій потребують дій урядів.

Потреба в комплексному підході до збереження тенденцій із забезпечення доступності маршрутного пасажирського транспорту виправдана двома соціально-економічними факторами: населення, яке зосереджене саме в цих країнах, більш зацікавлене у користування транспортом загального користування ніж власним, та наявний стабільний дохід від таких перевезень, чим зберігається тенденція зменшення середніх показників стагнацій.

В роботах [5-6] авторами визначено важливість урахування впливу на загальнодержавні показники ефективності пасажирських перевезень й розглядає питання розподілу пасажирів між залізничними та автобусними маршрутами. Такий розподіл пасажирів між двома транспортними мережами авторами було досліджено й визначено підходи до вирішення питання доцільності введення в експлуатацію додаткових маршрутів у залізничній мережі. Визначено, що у певних умовах, є доцільним розширення

залізничної мережі для введення нових маршрутів. При цьому, автори намагались розглянути, як приміські так і міжміські кореспонденції із введенням маршрутів з більш швидкісними режимами руху. Зміну швидкості руху на залізничних маршрутах авторами запропоновано розглядати у якості фактору привабливості до функції визначення обсягів перевезень, а безпосередньо збільшувати швидкість пропонувалось через оновлення рухомого складу та залізничної колії.

Також авторами роботи [7] викладено результати розгляду питання ефективності експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях із урахуванням пішохідної доступності. Тобто, у якості фактору впливу на вибір пасажирів між маршрутними мережами, якими він може реалізувати свої потреби у переміщенні обрано транспортну доступність таких мереж. Визначено, що експлуатація засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях автобусного сполучення, на відміну від залізничниці, має менше обмежень, зокрема в питаннях планування маршрутів. Це обумовлено особливостями функціонування автомобільної маршрутної мережі, а саме: можливість розміщення автовокзалів в населених пунктах та відносна вартість розміщення автовокзалів. На відміну від аеропортів автовокзали займають менші площі, несуть менше шумове навантаження та можуть розміщуватись близько існуючої дорожньої мережі. Цим обумовлено наявність автовокзалів у містах в безпосередній близькості до місць мешкання пасажирів. На відміну від автомобільного виду транспорту авіаційний потребує додержання особливих технічних вимог при розміщенні аеропортів.

Розрахунку параметрів пасажирських транспортних кореспонденцій між містами присвячено роботи авторів [9-10]. У

своїх роботах ними представлені дві гравітаційні моделі для розрахунку обсягу пасажирських перевезень між парами міст. В роботах авторів було визначено, що на кількісні характеристики таких кореспонденцій впливають, як фактори середовища реалізації таких перевезень так і характеристики самих маршрутів, якими здійснюються перевезення.

Аналогічно питаннями визначенням кількісних характеристик обсягів перевезень між великими містами займались й автори робіт [11-12]. Авторами запропоновано підхід, який дозволяє моделювати попит на поїздки та його розподіл відповідно до соціально-економічних особливостей регіонів які з'єднує маршрут й технічних характеристик самого маршруту. Основну увагу авторами приділено визначенню можливостей регулювання обсягів перевезень за допомогою регулювання вартості такого переміщення. Метою такого дослідження було визначити таку максимальну вартість переміщення, при якій транспортні засоби були б максимально заповнено пасажирами.

Дослідженням питання з визначення факторів, які впливають на кількісні значення міжрегіональних транспортних пасажирських кореспонденцій займались автори робіт [13-14]. У своїх роботах авторами визначено наявні нереалізовані кореспонденції, що стається за умов недостатньої пропускної здатності доріг. Одночасно авторами запропоновано введення в експлуатацію деяких елементів інтелектуальних транспортних систем, а саме запропоновано поширення інформації серед пасажирів і населення регіону про особливості надання послуг пасажирського автотранспорту за допомогою «Автоматизованої системи інформування пасажирів». Результатом такого інформування пасажири заздалегідь планували свої поїздки не в пікові проміжки

часу. Під піками пасажирського попиту на переміщення авторами прийнято сезонні й тижневі коливання обсягів перевезень. За допомогою введення таких інформаційних елементів, якими доводилось до відома пасажирів про можливість здійснення їздки у певний час, пасажери могли обрати час їздки із значно меншою її вартістю. При цьому цими авторами визначено недоліками свого дослідження відсутність урахування впливу погоди на міжобласні пасажирські перевезення.

Аналогічними питаннями дослідження коливань попиту на пасажирські транспортні послуги займались автори робіт [13-14]. Відповідно до їхніх досліджень можна стверджувати про наявність характерних особливостей у обсягах та напрямках переміщень пасажирів, як влітку так і в зимовий період часу. Одночасно із цим ними в проведеному дослідженні ураховувались такі фактори, як мінімальна і максимальна температури, опади, сніг та час доби. Дослідження регіональної пасажирської автомобільної системи [2, 3, 8, 13, 14] показують, які ці фактори потребують враховувати для ефективного функціонування міжміського пасажирського транспорту. Відповідно до результатів згаданих досліджень, на думку авторів, на кількісні значення обсягів перевезень впливають: періоди доби, тижня та року; погодні умови у пунктів відбуття та прибуття; час, комфортність та вартість їздки. При цьому визначається можливість регулювання таких кількісних характеристик, а саме: часом, комфортністю та вартістю таких перевезень.

Здебільш параметр часу їздки розглянуто, як похідну від технічних особливостей виконання перевезень, тобто зазначено, що час їздки залежить від: пропускної здатності доріг та

аеропортів; характеристик транспортних засобів; мережних можливостей.

Аналогічно авторами роботи [15] висвітлено результати проведених досліджень до питання на зростання кількості транспортних засобів та недостатньої пропускної здатності доріг, що приводять до перевантаження та збільшення часу проїзду пасажирів і, як наслідок, зменшення ефективності функціонування транспортних маршрутних мереж загального користування. При цьому авторами [16] в роботі висвітлено, що існує проблема недостатнього задоволення попиту на користування пасажирським транспортом загального користування із більш високим рівнем комфорту, при цьому ця частка пасажирів готова прийняти значно вищі витрати на проїзд для підвищення комфортності їздки.

В роботі [17] авторами визначено, що міжміська транспортна мережа із усіма необхідними для перевезення пасажирів елементами інфраструктури і забезпечує здійснення пасажирської транспортної кореспонденції між регіонами. На думку авторів, саме від якості такої мережі та її устаткування залежить якість транспортних послуг більше ніж від елементів або підсистем самих міжміських пасажирських маршрутних транспортних систем. Визначено, що від характеристик згаданих мереж залежать і можливі режими перевезень, а як наслідок, їхні економічні характеристики. Викладено застосування нових технологій і появу високошвидкісних поїздів, що помітно змінює характеристики транспортного режиму, такі як потужність і швидкість. Авторами роботи [18] визначено, що сучасний транспорт являє собою взаємопов'язаний комплекс господарства, де діють різні види транспорту. Основним завданням пасажирського транспорту є

забезпечення повного задоволення потреб населення у перевезеннях.

1.2 Стан сучасної наукової думки у розрахунку показників ефективності експлуатації засобів транспорту

На даному етапі науковцями запропоновані деякі відомі підходи для формалізації параметрів пасажирських транспортних кореспонденцій. Об'єктами таких досліджень були міські, приміські, міжміські, міждержавні, міжконтинентальні пасажирські маршрути. Окремо слід визначити сучасні дослідження в галузі розрахунків параметрів і характеристик пасажирських кореспонденцій при плануванні швидкісного залізничного сполучення та чартерних авіарейсах. Особливостями таких розрахунків є намагання урахування наявних альтернативних шляхів реалізації пасажирських транспортних потреб.

Так, в роботі [19] досліджено обсяги перевезень з метою визначення особливостей коливань кількісних значень пропускної здатності аеропортів. У своїй роботі автори запропонували визначити закономірності коливання попиту на послуги авіаспорту і планувати всю діяльність цього транспортного вузла у відповідності до попиту на його послуги. Цим авторами роботи запропоновано регулювати витрати на утримання аеропорту й не допустити стану нехватки або перебільшення кількості обслуговуючого персоналу.

Авторами роботи [20-21] описано нелінійну регресійну модель для розрахунку обсягів перевезень пасажирів між різними географічними пунктами (містами). При цьому авторами висунуто ствердження, що така модель є унікальною й може застосовуватись

до розрахунків при різних умовах. Однак, слід зазначити, що запропонована ними модельне містить можливості розподілу пасажиропотоку між видами транспорту.

Питання розрахунків обсягів пасажирських перевезень висвітлено авторами роботи [22]. Запропоновано модель, яка моделює кількісні характеристики із задоволення пасажирських транспортних кореспонденцій у різні засоби, а саме літаком та автомобілем. Запропонована модель надає результати розрахунків на кожен рік від нині і до 2030 року. Модель аналізу експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях використовує процес моделювання такої експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях двох кроків: розподілу поїздки між видами транспорту та вибору режиму пересування. Відповідні розрахунки модель здійснює окремо для пункту прибуття або відправлення. В модель включений графічний користувальницький інтерфейс з можливістю використання географічних інформаційних систем.

Автори роботи [23] розглядають поняття нового методу прогнозування повітряних пасажирських потоків на глобальному рівні з використанням соціально-економічної характеристики досліджуваного регіону. Так, авторами роботи стверджується, що окремий регіон генерує й поглинає транспортну пасажирську кореспонденцію у кількості, яка є функцією від соціально-економічного стану розвитку регіону. При цьому авторами роботи запропоновано нехтувати іншими факторами, що можуть формувати такі пасажирські кореспонденції.

В роботі [24-26] авторами на основі аналізу характеристик пасажиропотоку сформулюється класифікація поїздок за допомогою методу конструктивної матриці і методу вторинного

моделювання. За результатами чого отримано відповідні моделі, які розділені на основі анкетного опитування. Авторами роботи [24] визначено, що глобальний потік пасажирів авіа перельоту змінюється з часом і місцем, але дослідження цієї динаміки і її інтеграції потребує доповнень, а сама запропонована модель не ураховує можливих коливань обсягів перевезень, наприклад, за фактом настання особливих з обставин економічного або безпекового характеру. Авторами роботи [27] ураховано настання подібних обставин й припущено, що при відносно різкому збільшенні кількості пасажирів у подібних ситуаціях не є практично неможливим збільшення кількості транспортних засобів. На думку авторів [27] у подібних ситуаціях основним елементом пасажирських транспортних систем є її підсистема дорожніх мереж, пропускну здатність яких неможливо збільшити відносно максимальної. При цьому розглядається вплив збільшення міжнародних повітряних маршрутів на привабливість аеропорту, для вивчення його конкуренції.

Розробка моделей попиту на пасажирські перевезення для всієї області було завданням авторів у роботах [28-30]. Об'єктом досліджень у цих роботах науковців була Канада. Головною причиною складності розробки цієї моделі автори визначали відсутність всіх необхідних для них даних для виконання цього завдання.

Ствердження про вплив доступності пасажирських транспортних систем на параметри попиту з користування цими системами знайшло відображення в роботах авторів [29-30]. У цих роботах авторами представлено розробки основ для оцінки доступності міжміських транспортних мереж та оцінки впливу параметрів цієї доступності на параметри експлуатації засобів

транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях автомобільного транспорту. Доступність визначається як міра легкості, з якою особа може здійснювати діяльність бажаного типу в потрібному місці, в потрібний час і в потрібному режимі. На думку авторів доступність пасажирської маршрутної мережі для користувачів впливає на вибір відповідного виду транспорту, віддаючи перевагу громадському транспорту. На думку авторів оцінка параметрів доступності пасажирів до громадської транспортної системи є основою для моделювання поведінки окремих людей при прийнятті рішення з вибору режиму пересування між власним та громадським транспортом.

Авторами робот [31-33] запропоновано, щоб пасажирів вирішували їх час прибуття до зупинки на основі безперервної моделі, яка розглядає ризик затримок у пересуванні за маршрутом. Розрахунковий час очікування пасажирів не враховується при експлуатації засобів транспорту автобусних пасажирських міжміських перевезеннях. Запропоновано алгоритм, щоб отримати час затримки подальших автобусів, які обслуговують зупинку для того, щоб проілюструвати, коли може відбутися затор з автобусів. Показано, що неоднорідні прибуття можуть істотно вплинути на процес згрупування автобусів. За конкретними дослідженнями знайдено, що навіть без затримок, групування може виникнути, коли швидкість посадки недостатня, враховуючи рівень загального попиту. Крім того, в разі затримки, нерівномірні прибуття можуть або погіршити або поліпшити умови групування, в залежності від рівня затримки. Таким чином авторами отримано висновок, що слід розглядати ці впливи, коли обговорюються заходи контролю послуг. Авторами [34-35] розглянуто питання планування

пасажирами вибору маршруту переривання з урахуванням параметрів часу й вартості їздки.

В роботі [36] визначено необхідність планування затримок пасажирських маршрутних транспортних засобів. Авторами пропонується, що затримки зазвичай займають значну частину часу поїздки, а мінливість у часі затримки завжди робить важким точне прогнозування часу прибуття та часу в дорозі. З іншого боку авторами [36], описана експлуатація засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях та автоматичні лічильники пасажирів, які все частіше застосовуються для транзитних операцій й дають величезну кількість даних у реальному часі. Основна увага в дослідженні [36] приділена розробці моделі часу зупинки транспортного засобу на базі динамічних даних автоматичної системи визначення місцеположення рухомого складу та автоматичних лічильників пасажирів, які здатні надавати інформацію про час прибуття автобусів в режимі реального часу.

В роботах [37-38] досліджено ефекти впровадження варіацій попиту та гнучкості маршруту при плануванні евакуації на автобусах. Запропонована модель попиту на маршрутні перевезення при проведенні евакуації для автобусу.

Авторами робіт [39-42] розглянуто можливість застосування інтегрального підходу до вирішення питання визначення вибору потенційним пасажиром виду транспорту для пересування. Визначені дослідження авторами проведено для реалізації міжрегіональних пасажирських транспортних переміщень. Для повноти проведення аналізу авторами запропоновано врахування залізничного, автобусного, швидкісного залізничного сполучення й власного автомобільного парку.

В роботах [43-44] авторами обрано основною характеристикою транспортної системи її доступність, географічну перевагу області (регіону, міста чи коридору) по відношенню до всіх областей. На думку авторів важлива роль транспортної інфраструктури (тобто мереж та транспортних послуг) для просторового розвитку в її найбільш спрощеній формі передбачає, що регіони з кращим доступом до місць розташування сировини та ринків будуть більш продуктивними, більш конкурентоспроможними та, отже, більш успішними, ніж більш віддалені та ізольовані ділянки. У роботі представлено підхід до моделювання регіональної доступності транзитного мультимодального транспорту з оцінкою моделювання мережі в рамках регіональної інтелектуальної транспортної системи з багатьма специфічними аспектами аналізу та моделювання доступності: багаторівневими структурами ієрархій; багатофункціональними об'єктами моделювання; різними характеристиками транспортного потоку (пасажирського та вантажного); гетерогенними компонентами системи моделювання; мультимодальними транспортними інфраструктурами та іншими.

Сучасними дослідниками визначено [45-46], що в даний час міське населення переживає бурхливе зростання, а також загальної мобільності. Міські інфраструктури та економічні ресурси не можуть слідувати за тим же темпом, що і підвищення мобільності. Дуже часто, прогнозоване збільшення транспортних потреб виходить за рамки прогнозованого розширення транзиту пропускної здатності мережі [31, 37, 45]. Ця асиметрія між попитом і пропозицією транспорту безсумнівна: затори, неприємні умови поїздки та інші явища, які вже засвідчені в nag.evgeniy@gmail.com громадського транспорту. Продуктивність

громадського транспорту обмежується не тільки його доступністю, але і його потужність.

Фактично, пропускна здатність транспортної лінії визначається робочою частотою, а також фізичними можливостями кожного транспортного засобу [22, 26, 45]. Взаємозв'язок між завантаженим попитом та потужністю сприяє встановленню рівнів комфорту, зокрема, і якості обслуговування в цілому.

Моделювання цих явищ в моделі, що описує користувача маршруту та режим вибору, перевезення поставок повинні піддаватися ряду обмежень: потужності транспортних засобів (сидячи та стоячи місця), посадка і висадка, лінії і мережеве навантаження [42-46].

До недавнього часу в більшості тематичних досліджень, включаючи нові транспортні проекти, переповненість не була прийнята до уваги при моделюванні транспорту, в той час як завантаженість повинна бути інтегрована в моделюванні, зокрема, з метою ефективного управління дорожнім рухом.

На думку авторів роботи [47-48] громадський транспорт важливий, оскільки поточна експлуатація засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях стикається з відомими проблемами, такими як затори, вплив на навколишнє середовище та використання громадського простору. Щоб мати змогу належним чином оцінити вплив заходів управління такою експлуатацією засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях, необхідно змоделювати реальну поведінку пасажирів [43, 47]. Цей момент, який є складно прогнозований у багатьох сучасних моделях є жорстким розділенням між режимами пересування: в рамках моделі пасажир може перемикатись між режимами, тому мультимодальні поїздки, які поєднують поїздки

громадського транспорту з автомобілем чи велосипедом, відсутні (або принаймні як не прямі), тоді як використання велосипеда як режиму доступу дуже популярне в багатьох інших країнах [47]. Використання автомобіля як виду транспорту для реалізації пасажирських транспортних кореспонденцій є дуже популярним у США. Крім того, важливим є багатократна маршрутизація, оскільки різні користувачі мають різні налаштування (тобто швидкий маршрут або маршрут без трансферу). Ці два аспекти розглянуті в [47], щоб досягти більш реалістичного транзитного моделювання. Кілька маршрутизацій включаються шляхом подальшого розроблення методу оптимальних стратегій, де враховується час відправлення транспортних засобів, щоб визначити, чи є вибір найкоротшого маршруту на певний момент часу. Результатом цього є статичний алгоритм вибору маршруту, здатний оцінювати великомасштабні мережі. Визначивши радіус пошуку для різних режимів доступу та виходу, а також шляхом визначення розумного набору транзитних маршрутів, час розрахунку алгоритму зберігається обмежено [24, 31, 47]. Моделі вибору використовуються для вибору зупинки та вибору лінії, для розрахунку частки мандрівників, які приймають альтернативні маршрути.

Авторами робіт [49-50] визначено моделювання маршрутної мережі, як засіб прогнозування майбутніх обсягів перевезень пасажирів в мережі. Для цього авторами зібрано відомості про всі наявні міжміські маршрути протягом декількох років. Потрібно зауважити, що на думку [49] реальні обсяги пасажирських перевезень враховують весь спектр мотивації руху.

Громадський транспорт відіграє важливу роль у перевезеннях пасажирів [51], як доступний та ефективний режим, який сприяє

стабільному транспортуванню за рахунок скорочення заторів і забруднення повітря. Однак, авторами визначено, що ці переваги знижуються, якщо експлуатація засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях не забезпечує постійної доступності та стабільної можливості реалізації пересувань. Визначено, що важливо оцінювати показники експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях на основі просторових та тимчасових властивостей. Для виявлення якості такої експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях авторами [51] використовуються два індикатори: охоплення транспортної мережі (прямий та непрямий напрямки) та можливість припинення процесу перевезення. Ці показники використовуються для виявлення проблем з перевезенням пасажирів в маршрутних мережах. Кожен із запропонованих авторами індикаторів забезпечує засоби для визначення причин з точки зору охоплення мережі, структури маршрутів та їх охоплення, місцеположення зупинки, частоти та синхронності функціонування маршрутів.

В роботах [52-53] авторами визначено, що має враховуватись економічний стан регіону перевезень для визначення режимів перевезень. Дослідження присвячені розгляду питання доцільності використання транспортних засобів з різними пасажирськими місткостями в різних режимах однією траєкторією руху із введенням особливих тарифних засобів регулювання обсягів перевезень пасажирів між транспортними засобами. Це передбачає певний методологічний підхід, заснований на стійкому порівняльному аналізі регіональних можливостей до сплати за проїзд у відповідності до режимів роботи маршрутів (поїзда чи автобуса).

1.3 Сучасний стан науково - практичних підходів до організації експлуатації засобів транспорту при перевезенні пасажирів маршрутним транспортом та управління системами міжміських пасажирських перевезень

Структура перевезень має великий вплив на ефективність комплексної регіональної системи руху. Раціоналізація та оптимізація структури перевезень – це один із важливих напрямів управлінської діяльності [54]. Визначено, що пора року є значним фактором, що впливає на характеристики поїздок на далекі відстані [52-56]. Для соціальних поїздок за межі окремого регіону запропоновано використання поїздів, тоді як для поїздок, що здійснюються всередині району, перевага віддавалася автобусам [55].

З урахуванням зростаючого попиту в створенні дорожньої інфраструктури для приватного транспорту спостерігається загальна тенденція у зміні (реконструкція, розширення, введення нових ланок) дорожніх мереж за для їхнього пристосування до вимог із забезпечення пропускну здатності. Результати планування розширення дорожньої інфраструктури обговорюються із громадськістю. Мешканцям регіону доводять різні наслідки такого розширення. Такими діями урядовці підкреслюють й доводять до громадськості важливість поліпшення послуг громадського транспорту для поїздок на великі відстані.

При оцінці якості обслуговування пасажирів споживачами, здебільш вважається, що час поїздки є найбільш важливим параметром при виборі способу пересування. До такого часу пасажирів відносять час витрачений на поїздку тобто починаючи із входу на вокзал і закінчуючи виходом з вокзалу у пункті

призначення [55]. Такий підхід пасажира обумовлює більшу привабливість швидкісних залізничних маршрутів перед авіаційними перельотами на відстані – 350 км, при яких час проведений в аеропорті значно перевищує час самого перельоту. Час очікування транспорту, як видається [55-56], найбільш залежить від організації процесу надання послуг з перевезень пасажирів. Щоб поліпшити якість транспортних послуг, необхідно використовувати передові інструменти організації, управління, моніторингу та координації пасажирських перевезень.

Визначають різні види поїздок на далекі відстані [55-56], що здійснюються в країні:

- соціальні поїздки;
- паломницькі поїздки;
- торгові поїздки;
- робочі поїздки.

Дослідження поведінки поїздки в основному обмежувалося розумінням транспортних моделей в міських і міжрегіональних районах [54-56]. Таких як виїзд за межі вашого «звичайного місця проживання» з використанням громадського транспорту, а саме автобусами.

Модальний вибір для поїздок на великі відстані залежить від різних характеристик поїздки, включаючи мету поїздки і пункт призначення, до якого здійснюється поїздка. Моделі вибору довічного логістичного режиму були створених для нічних і одиночних поїздок [55-56]. Також, час року був значним фактором, що впливає на поїздку на далекі відстані [52-56].

Всі пасажири розподіляються на декілька класів за певними економічними характеристиками [55]. Також є декілька засобів перевезення пасажирів на їх вибір. Зазвичай пасажири вибирають

транспортні засоби на основі своїх уявлень про якість свого переміщення ніж про щось інше. Відповідно до характеристик структури пасажирських перевезень, встановлена організаційна структура перевезень пасажирів з урахування вартості, часу, безпеки та комфорту пасажира, з точки зору середньостатистичного пасажира. Це демонструє справедливість організаційної моделі міжрегіональних пасажирських перевезень [55-56], в якій ураховано ці фактори.

Аналіз передової практики організації і управління міськими пасажирськими перевезеннями показує, що основна мета громадського транспорту-не тільки надавати послуги в необхідній кількості, але і також для задоволення зростаючих потреб населення в якості обслуговування пасажирів [34, 35, 57, 58]. Якість пасажирського автомобільного транспорту грає велику роль у формуванні розміру реалізованого попиту міського та міжобласного пасажирського транспорту [57-58]. Оцінка пасажира послуг залежить від різних чинників, які оцінюються за показниками якості.

З огляду на переваги громадського транспорту в плані економії і зниження негативного впливу транспорту на навколишнє середовище і т. д., владою Канади поставлено перед собою наступну основну мету: привернути населення до більш широкого використання громадський транспорт [54, 57, 58].

На думку науковців, цього не може бути досягнуто без підвищення якості послуг пасажирського транспорту. З цією метою вживаються наступні заходи [57-58]:

- мінімальний час поїздки;
- гарантована доступність транспортної інфраструктури;

- пропозицію різних транспортних послуг;
- забезпечення комфорту при подорожі, очікуванні, посадці;
- швидке надання доступної інформації про транспортні послуги;
- зручна оплата за транспортні послуги;
- стабільне функціонування маршрутів всіх видів транспорту;
- безпеку міського пасажирського транспорту і т. д.

Рівень якості обслуговування пасажирів оцінюється за такими показниками [57-58]:

- безпека;
- регулярність;
- інформаційна підтримка;
- комфорт;
- доступність

Проведені дослідження різної якості з точки зору споживачів показують, що найбільш значущим параметром є час поїздки, який складається з наступних елементів: час досягнення зупинки, час очікування транспортного засобу, час поїздки в транспортному засобі, час досягнення пункту призначення. У зв'язку з цим при оцінці якості обслуговування пасажирів пропонується використовувати не тільки індикатор регулярності руху, а також індикатор надійності транспортування. Щоб обчислити надійність, необхідно встановити інтервали і відхилення від середнього інтервалу [57-58].

Певні індикатори використовуються для математичного обґрунтування вибору системи управління доступності транспорту.

З точки зору оцінки рівня обслуговування пасажирів, такий показник може бути представлений часом, витраченим на посадку, що визначається часом, проведеним пасажирським транспортом в межах зупинки. З точки зору роботи пасажирського транспорту такий показник може бути представлений його робочою швидкістю який безпосередньо залежить від часу перебування пасажирського транспорту в точці зупинки [59]. Основною проблемою при аналізі руху транспортних потоків на міжрегіональних дорогах в будь-якій країні є неоднорідність транспортного потоку [60-61], який складається з різних видів і типів транспортних засобів.

В роботі [62] визначено, що розвиток процесу експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях є однією з основних цілей соціальної політики, адже це забезпечує реалізацією різних стратегічних цілей, таких як: підвищення якості життя населення; розвиток споживчого ринку. Процес формування мережі міжрегіонального пасажирського рухомого складу переважно керується досягненням соціальних цілей, таких як: підвищення транспортної безпеки на дорозі, зменшення вартості пасажирської поїздки, розвиток конкурентного ринку транспортних послуг, максимізація внутрішнього попиту, забезпечення високого рівня життя населення.

Дослідження міжрегіональної експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях показує, що аналізуючи транспортну функціональність та обсяги цивільного пасажиропотоку, необхідно враховувати наступні фактори [62-65]: кількість мешканців населених пунктів розташованих на маршруті, відстань між населеними пунктами; наявність сервісних комплексів.

В роботі [66] визначено, що прогнозування обсягу пасажирських перевезень є основою планування обсягів та будівництва транспортних засобів у відповідній кількості і якості та безпосередньо відіграє важливу роль для здорового розвитку транспорту. Відповідне прогнозування запропоновано підтримувати інформацією в роботі [57].

Дослідження викладені у роботах [67] визначають, що загальносвітова тенденція запровадження надшвидкісних маршрутів пасажирського транспорту із підвищеним рівнем комфорту набули популярності у всьому світі особливо в Європі, Південній Америці та в Азії. Одночасно, авторами акцентується увага на зростанні пасажирського попиту на такі маршрути, при порівняно більш вартісним навантаженням, як на пасажира так і на організатора перевезень

Авторами робіт [67-70] надано характеристики сучасного досвіду формування тарифів на перевезення пасажирів автомобільним і залізничним транспортом. У своїх роботах [67-68] автори запропонували комплексний підхід до визначення та планування залізничного транзитного коридору в місті, який має потенційний попит на нову систему транзитних перевезень на залізничному транспорті. Крім системи поточного транзиту та існуючої залізничної системи, авторами [71-72] розкрито питання проблеми ліній залізничного транспорту, розташованих в лінійному міському транспортному коридорі.

В роботі [73] авторами стверджується, що транспорт лежить в основі потреби в переміщенні пасажирів і вантажів з одного місця в інше. Відповідно до наведених авторами [73] статистичних даних в Австралії, загальне число поїздок в міських районах за останні шістдесят років збільшилася в десять разів, а соціальна вартість

простою на дорогах у наслідок їхньої недостатньої пропускної здатності, за оцінками, в 2005 році склала 9,4 млрд. дол.

В даному контексті, давно визнано [37, 47, 57, 73], що впровадження і надання послуг громадського транспорту які є привабливими, ефективними і доступними, є ключовим елементом для сьогодення і майбутнього стійкості наших міст і якість життя їх жителів. Ця теза пов'язана з ціноутворенням і проектуванням міських транспортних систем; в зокрема, ми вивчаємо оптимальний дизайн і ефективну роботу автобусних служб, ціноутворення як державного, так і приватного транспорту, а також роль транспортних альтернатив в розробці політики ціноутворення на транспорті [57, 67-73]. Забезпечення ефективного функціонування громадського транспорту пов'язане з великою кількістю рішень, які вимагають ретельного вивчення, такі як дизайн мережі, вибір режиму, режим тарифу, характер і рівень інвестиції в інфраструктуру, кількість послуг в день або годину, збір за проїзд метод і розташування станцій або автобусних зупинок, серед кількох інших [73-74].

Проведені в роботах [73-74] дослідження показали, що автомобільний транспорт може бути економічно ефективним способом надання високопродуктивної транспортної послуги., навіть при значних державних асигнуваннях, якими штучно зменшується тарифи. Фінансову доцільність таких перевезень, які значно датуються із бюджетів, дослідники аргументують збільшенням привабливості маршрутного автомобільного транспорту перед власним. Завдяки цьому суспільство, на думку авторів, виграє у зменшенні навантаження на дорожню мережу, чим досягається покращення її пропускної здатності, зменшенні

часу їздки та покращення екологічної складової процесу перевезень.

Доступність, час у дорозі, скупченість, комфорт та інші фактори, важливі для користувачів, залежать від якості послуги і, отже, розуміння економічного характеру діяльності громадського транспорту продовжує привертати увагу дослідників, практиків і розробників [54, 59, 63, 57, 67-76].

Міжміські зв'язки відіграють ключову роль у системі громадського транспорту на різних рівнях пропонувані міжміських транспортних комунікацій: від місцевого або регіонального транспорту через національний та міжнародний транспорт [74].

Ретельно продумана маршрутна мережа та належним чином виконані засоби взаємодії між різними видами транспорту полегшують інтеграцію між різними видами громадського транспорту, дозволяють пасажиром скоротити тривалість подорожі та скоротити зусилля, необхідні для зміни транспортних засобів [74-76].

Громадська транспортна система може стати привабливою, з точки зору більш швидкої подорожі, зручності і комфорту для користувача [75-76]. Це також підвищить ефективність кожного доступного громадського транспорту, оскільки вони будуть доповнювати один одного, а не конкурувати [75-77]. Основними параметрами, які визначені в [75-76], при плануванні проекту залізничного транзитного маршруту, є лінія залізничного транспорту, довжина, кількість місць та розташування станцій, проїзду.

Щільність міського населення безпосередньо впливає на рівень пасажиропотоку, тому важливо враховувати зв'язок між

проектними параметрами лінії залізничного транспорту та щільністю міського населення [77-79]. Існують різні компроміси між продовженням лінії залізничного транспорту та пов'язаними з нею витратами [77]. Наприклад, довжина залізничної лінії тісно пов'язана з його послугами, його капіталом та операційними витратами. Більш довга залізнична лінія забезпечує більш широке покриття послуг, але надає більші капітальні та експлуатаційні витрати, тоді як менша залізнична лінія має менший капітал та операційні витрати, але забезпечує менше обслуговування [77]. Дослідження [76] розглядають проблеми планування транспортного обслуговування декількох маршрутів однотипними транспортними засобами.

Авторами робіт [80-83] приділено увагу вивченню різних типів системи автобусного швидкого транзиту, що, на думку авторів, впливає на вибір користувачів приватних транспортних засобів. В роботі [82] стверджується, що фактор людини є параметром, що формує параметри й обумовлює розвиток й експлуатацію транспортних систем.

Дослідження, викладені у роботі [84], вводять поняття про транспортну спроможність, а також будують модель оптимізації транспортної структури, щоб визначити обґрунтовану структуру поїздки з мінімальним споживанням ресурсів та аналізують фактори впливу та закони розвитку транспортної структури. В роботі авторів [85-86] визначено, що складність транспортних кореспонденцій полягає у взаємодії між різними видами транспорту і є наслідком недостатньо вірної стратегії з точки зору транспортної політики, планування, управління та операцій.

Авторами робіт [85-90] розглядались регулювання функціонування маршруту у режимі реального часу. Таким

підходом авторами запропоновано вирішувати таких проблем, як прибуття у пункти призначення у не час пік, чим зумовлюється зменшення загального часу їздки пасажирів «від порогу до порогу». Авторами робіт [91-93] досліджувались у тому числі питання забезпечення можливості налагодження взаємного розподілу поїздок між власним транспортом та загального користування. У результаті ними було висвітлено висновки про необхідність забезпечення співпраці різних транспортних операторів, інтелектуальну інтеграцію інформації в режимі реального часу, зручний дизайн процесу сплати за проїзд та зобов'язання уряду у впровадженні цих заходів, як основних факторів підтримки реалізації пасажирських транспортних кореспонденцій.

В [99-102] автори визначають, що дані мобільних телефонів є новим джерелом збору інформації про стан процесу пасажирських перевезень. Запропоновано здійснювати збір даних на основі мобільних додатків, якими реєструються основні характеристики пасажирської їздки, а саме: місце початку й кінця їздки, швидкість їздки, тип обраного маршрутного транспорту. Такі дані, на думку авторів, забезпечують організатора перевезень даними по пасажирські кореспонденції й можуть бути використані, як для планування маршрутної мережі цвілому так і для окремого маршруту. Авторами робіт [100-104] висвітлено думку про те, що підвищення ефективності використання маршрутних транспортних мереж можливо досягти завдяки раціональному використанню транспортних засобів з транспортним обслуговуванням декількох матеріальних потоків одночасно. В дослідженні [105] розглядається проблема того, як розподіл місткості населення в певному місті може вплинути на ефективність експлуатації засобів

транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях у мультимодальному транспортному коридорі та який найкращий профіль розподілу щільності населення, якщо бажано оптимальну ефективність експлуатації засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях, що також успішно включає схему тарифів на основі часу та відстані у формулюванні моделі, щоб розглянути оптимальну стратегію ціноутворення для транспортної системи.

В роботі авторів [106] досліджено способи оптимізації роботи залізничного транспорту для поліпшення використання його основного комплексу та технічних засобів, управління транспортом, використовуючи складні системи інтервального контролю руху поїздів і забезпечення. Вивчено ряд заходів для забезпечення безпеки швидкісних поїздів, таких як зміцнення залізничні колії, оновлення розмірів зупинок, зміна конфігурації перемикачів, досліджено математичну модель залізниці на локомотиві, де пошкоджено одну з рейок. Було розглянуто державне регулювання пасажирськими перевезеннями. Також, було досліджено конкурсні режими і можливі режими конкуренції на «ринку», і обстеження поведінки пасажирів щодо вибору поїздок.

В роботі [107] висвітлено питання оптимальних параметрів довжини залізничних ліній. Визначення сучасного стану питання адміністрування пасажирських транспортних систем розкрито авторами роботи [108], якими зазначено, що експлуатація засобів транспорту при пасажирських міжміських перевезеннях не може дотримуватися традиційних економічних методів планування їй потрібні були інші адміністративні підходи та рішення з введенням нормативно-правових актів. Також, в своїй роботі [108-118] автори зазначили, що транспорт є галуззю громадського виробництва, він

не належить до сфери матеріального виробництва (який цим часом, визнається деякими економістами і транспортними фахівцями), але належить до сфери послуг. У свою чергу, цей вид діяльності, який полягає в наданні послуг населенню і громадському виробництву стали початком логістичних основ. Дослідження викладені в [119-126] висвітлюють результати аналізу сучасних підходів до питання управління маршрутними пасажирськими системами й дістаються висновків про необхідність лібералізації залізничного транспорту.

1.4 Висновки по розділу

1. Аналіз наукових підходів до обґрунтування теоретичних основ експлуатації засобів транспорту систем міжміських пасажирських маршрутних перевезень свідчить про те, що нині процес функціонування визначених перевезень не в повній мірі враховує комплексність взаємозв'язків базових характеристик таких систем та їхнього взаємного впливу.

2. Підсистеми міжміських пасажирських маршрутних перевезень не є ізольованим у загальному тому середовищі їхнього функціонування де показники експлуатації засобів транспорту таких підсистем є взаємозалежними.

3. Теоретичні основи дослідження базових закономірностей експлуатації засобів транспорту міжміських пасажирських маршрутних перевезень мають базуватися на наукових підходах, що ураховують зміни вхідних в цю систему параметрів.

4. Подальший розвиток наукових підходів щодо особливостей урахування взаємного впливу кількісних характеристик параметрів елементів експлуатації засобів транспорту систем міжміських

пасажирських маршрутних перевезень є актуальним і може позитивно вплинути на розвиток сучасної науки і практики.

5. Для дослідження параметрів елементів експлуатації засобів транспорту систем міжміських пасажирських маршрутних перевезень можна виділити такі основні етапи: обрання сучасних методів рішення задач з розрахунку параметрів функціонування систем міжміських пасажирських маршрутних перевезень; формалізація моделі функціонування систем міжміських пасажирських маршрутних перевезень; визначення параметрів перерозподілу пасажиропотоку між альтернативними маршрутними системами; розрахунку параметрів функціонування систем міжміських пасажирських маршрутних перевезень при різних вхідних в систему параметрах; проаналізувати зміни параметрів функціонування систем міжміських пасажирських маршрутних перевезень від вхідних в систему параметрів в залежності від змінних у систему параметрів.

6. Урахування географічного розміщення транспортних вузлів, їхні соціальні та економічні характеристики використовуються в якості факторів привабливості або ж супротиву пасажирським кореспонденціям, що впливає на параметри елементів експлуатації засобів транспорту. Одночасно із цим, на даному етапі розвитку наукових підходів до формалізації параметрів пасажирських транспортних кореспонденцій, на недостатньому рівні визначено комплексне врахування впливу технічних та економічних параметрів їздки на задоволення попиту. Тому вивчення питання комплексного підходу до моделювання пасажирських транспортних кореспонденцій з урахуванням визначених параметрів є актуальним.

7. Проведений аналіз сучасних наукових методів щодо розрахунків пасажирських транспортних кореспонденцій в процесі експлуатації засобів транспорту виявив, що вони є не достатньо вивченими. Це обумовлює потребу проведення експериментальних досліджень параметрів функціонування піддослідної системи й подальше встановлення корегувальних коефіцієнтів відомих залежностей визначення пасажирських кореспонденцій у системі. Доцільним є гравітаційне моделювання пасажирських транспортних кореспонденцій, як прийнятне для досліджень.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕТАПІВ РОЗВИТКУ ОСНОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ ПРИ МІЖМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

2.1 Методи рішення задач експлуатації засобів транспорту в процесі перевезень пасажирів автомобільним транспортом

Аналізом сучасного стану розвитку наукової думки про розрахунок параметрів експлуатації засобів транспорту при міжміських пасажирських перевезеннях визначено, що є актуальним розрахунок таких значень, а саме: відправлень з міста i й прибуття у місто i ; пасажирських транспортних кореспонденцій між парою міст i та j ; перерозподілу кореспонденцій між альтернативними маршрутами й видами транспорту; визначення характеристик потоку на ланках маршрутної мережі.

Авторами у роботі [11] запропоновано рішення задачі із розрахунку параметрів пасажирських транспортних кореспонденцій між парою міст, при цьому ними розкривається питання розрахунку параметрів не загальної кореспонденції, а окремої категорії пасажирів. Запропонована модель розрахунку параметрів кількості пасажирів категорії m з i – го регіону в регіон j на пасажирські перевезення у регіоні:

$$T_{ij}^m = P_i^m \cdot \frac{C_j^m \cdot f_{Lij}^{\lambda_m}}{\sum_j C_j^m \cdot f_{Lij}^{\lambda_m}}, \quad (2.1)$$

де T_{ij}^m – потік пасажирів категорії m з i – го регіону в регіон j , пас.;

P^m_i – кількість пасажирів категорії m , які генеруються у регіоні i , пас.;

C^m_j – кількість пасажирів категорії m , які генеруються у регіоні j , пас.;

f_{Lij} – просторове розділення між двома зонами, функція впливу відстані між парою i – го й j – го регіонів на потік пасажирів категорії m ;

λ_m – параметр привабливості для пасажирів категорії m .

Запропонована авторами модель забезпечує можливість проведення розрахунків кількості пасажирів лише певної категорії, наприклад туристів. Цим зумовлено відсутність можливості використання запропонованої авторами моделі для розрахунку параметрів загальної кореспонденції, однак авторами така мета не переслідувалась.

Можна відзначити, що запропонована модель (2.1) містить елементи, що є притаманними моделям для розрахунку пасажирських транспортних кореспонденцій, які використовують гравітаційний підхід. Такими елементами моделі (2.1) є λ_m – параметр привабливості та f_{Lij} – просторове розділення між двома зонами, функція впливу відстані між парою i – го й j – го регіонів.

Авторами роботи [51, 127] запропоновано модель, для визначення корисності пересування m варіантом від зони i до j . Запропонована авторами модель може бути використана й для розрахунку корисності обраного пасажиром m варіанту проїзду від зони i до j й при користуванні маршрутами різних видів транспорту, а також містить урахування соціально-економічних параметрів зони призначення j :

$$U_{mij} = \sum \alpha_m \cdot NS_{mij} + \ln(\sum \exp(p_j) \cdot T_j), \quad (2.2)$$

де α_m – коефіцієнт якості обслуговування пасажирів на маршрутах для режиму m ;

NS_{mij} – лінійна комбінація якості обслуговування для режиму m та

потоку ij ;

p_j – коефіцієнт соціально-економічної привабливості району j ;

U_{mij} – корисність;

T_j – привабливість району j .

Як визначено авторами модель (2.2) визначає корисність пересування в режимі m містить в собі складові, які потребують встановлення у подальшому. Отже модель (2.2) потребує додаткових досліджень й не може бути використана для вирішення поставленої задачі.

В роботах [12, 128–129] враховано, що вплив відстані між парою i – го й j – го районів на значення параметрів пасажирських кореспонденцій є значним. На думку авторів відстань у тому числі є параметром, що впливає на значення часу й вартості їздки, які у свою чергу є факторами супротиву у реалізації кореспонденцій. Цим обумовлено визначений авторами у роботі підхід для розрахунку кількості поїздок пасажирів групи p генерованих зоною e :

$$H_e = \sum_p SV_p \cdot BP_{ep} \cdot u_{ep}, \quad (2.3)$$

де BP_{ep} – кількість осіб в групі p в зоні e , од.;

H_e – кількість генерованих поїздок в зоні e , од.;

SV_p – мобільність людини групи p ;

u_{ep} – частка внутрішніх зональних поїздок для групи p в зоні e .

В даному випадку авторами роботи прийнято, що мобільність людини групи p , це є частка мешканців певної групи p , що здійснюють їздки на пасажирському маршрутному транспорті. Одночасно, мобільність людини групи p запропоновано розуміти, як функцію від доходу мешканців певної групи p й вартістю користування маршрутним транспортом:

$$SV_p = f(D_p \cap C), \quad (2.5)$$

де D_p – дохід осіб в групі p в зоні e , грн.;

C – вартість користування маршрутним транспортом в зоні e , грн..

Відповідно до викладеного можна визначити, що вартість проїзду й доходи громадян є параметрами, яким обумовлюється кількість поїздок з відповідної території.

При цьому кількість пасажирів які приїжджають до зони j регіону Z , запропоновано розраховувати наступним рівнянням [12]:

$$Z_j = \frac{\sum_r ER \cdot SZ_{rj}}{\sum_{j'} \sum_r ER_r \cdot SZ_{rj'}} \cdot \check{U}_{rj}, \quad (2.5)$$

де ER_r – параметр фактору привабливості кореспонденції;

SZ_{r_j} – коефіцієнт кількості/обсягу фактору привабливості кореспонденції r в зоні j ;

\check{U}_{rj} – коефіцієнт навантаження на зону j відносно фактору привабливості кореспонденції r ;

Z_j – кількість пасажирів, які приїжджають до зони j регіону Z , пас.

Відповідно до запропонованою залежністю (2.5) можна визначити кількість пасажирів, які приїжджають до зони j регіону Z , як частку від усіх пересувань в регіоні Z .

Максимальна кількість пасажирів які приїжджають до зони j регіону Z , запропоновано розраховувати:

$$Z_{\max j} = \frac{\sum_r \ddot{U}_{rj} \cdot ER_r \cdot SZ_{rj}}{\sum_{j'} \sum_r ER_r \cdot SZ_{rj'}} \cdot \ddot{U}_{rj}, \quad (2.6)$$

де $Z_{\max j}$ – максимальний залучений обсяг перевезень у зону j , пас.

Наведені у запропонованих моделях складові SZ , ER і \ddot{U} є складниками, які підлягають визначенню за даними національного обстеження.

Запропонована модель (2.5) може бути використана для розрахунків відносно територіальних зон, що може охоплювати країну або ж країни. При цьому у залежності містяться класичні елементи гравітаційної моделі фактори привабливості регіону й супротиву кореспонденції.

Для визначення способу реалізації пасажиром потреби у пересування дослідниками запропоновано:

$$W_{ijk} = P(W | (A_i \cap E_j \cap M_k)), \quad (2.7)$$

де A_i – зона i обрана в якості місця відправлення;

E_j – зона j обрана в якості місця призначення;

M_k – метод режиму їздки на маршрутному транспорті k ;

P – вірогідність обрання маршрутного виду транспорту;

W – загальна кількість поїздок від i до j , пас.;

W_{ijk} – поїздка від i до j , що використовує режим їздки на маршрутному транспорті k , пас.

В роботі [33] розглянуто час їздки, як фактор супротиву кореспонденції. Визначено, що загальний час їздки не є сталим й здебільш коливається від змін часу обслуговування транспортних засобів на зупиночних пунктах. Дослідженнями висвітлено питання розрахунків часу очікування автобусів. Запропонована "модель надійності", в якій розглядається дублювання функцій щільності ймовірності, що приймаються, для декількох автобусів на зупинці одночасно, отже, розглядають графік, а також можливі ранні чи пізні виїзди, щоб мінімізувати їх час очікування.

Запропонована авторами рівняння має наступний вигляд:

$$E(W(t)) = [1 - p(t)] \cdot W(t) + P(t) \cdot W'(t), \quad (2.8)$$

де $E(W(t))$ – ймовірний час очікування, год.;

$P(t)$ – вірогідність того, що пасажир, що прибув до місця посадки, не відповідає очікуваному автобусу в t ;

t – розрахунковий час прибуття транспортного засобу на зупинку, год.;

$W(t)$ – ймовірний час очікування у разі прибуття передбачуваного автобусу після t ;

$W'(t)$ – ймовірний час очікування у випадку, коли автобус відправиться до t .

Авторами роботи визначено, що за результатами їх досліджень автомобільний вид транспорту є найбільш ненадійним у дотриманні розкладів руху.

Цим зумовлено підсвідоме надання пасажиром пріоритету залізничному та авіаційному маршрутному транспорту, як таким що є надійнішими.

В роботі авторів [131] використано метод статистичного аналізу, за результатами чого запропоновано залежність для розрахунку кількості пасажирів на автобусному маршруті:

$$Pb_{n+1}^{k+1} = \lambda_{n+1} (PT_{n+1,A}^{k+1} - T_{n+1,A}^k) + R_{n+1}^k, \quad (2.9)$$

де Pb_{n+1}^{k+1} – прогнозована кількість пасажирів для автобуса ($k+1$) на зупинці

($n+1$), пас.;

λ_{n+1} – прогнозований показник прибуття пасажирів на зупинку

($n+1$), год.;

$PT_{n+1,A}^{k+1}$ – прогнозований час прибуття автобуса ($k+1$) на зупинці

($n+1$), год.;

$T_{n+1,A}^k$ – фактичний час прибуття автобуса k на зупинку ($n+1$),

год.;

$PT_{n+1,A}^k - T_{n+1,A}^k$ – передбачуваний пробіг для автобусу k на

зупинці ($n+1$), км.;

R_{n+1}^k – частка пасажирів, яка передбачається залишатись в

автобусі після від'їзду автобуса k від зупинки ($n+1$), %.

Кількість пасажирів в транспортних засобах дослідниками запропоновано розрахувати як:

$$N_{n+1}^k = N_n^k + b_{n+1}^k - a_{n+1}^k, \quad (2.10)$$

де N_{n+1}^k – кількість пасажирів автобуса k після відправлення з зупинки $(n + 1)$, пас.;

N_n^k – кількість пасажирів в автобусі k після відправлення з зупинки n , пас.;

b_{n+1}^k – кількість пасажирів, які скористуються транспортним засобом k на зупинці $(n + 1)$, пас.;

a – кількість пасажирів, які вийдуть з транспортного засобу k при зупинці $(n + 1)$, пас.

У своїй роботі автори висувають ствердження про суттєвість урахування фактичного використання пасажиромісткості. На думку авторів є доцільним урахування параметру S_{n+1}^k який вказує, чи досягнутий потенціал використання пасажиромісткості й запропоновано розраховувати його параметри за залежністю:

$$S_{n+1}^k = C_k - N_{n+1}^k, \quad (2.11)$$

де S_{n+1}^k – використання місткості для автобуса k після відправлення з пункту $(n + 1)$, якщо в $S_{n+1}^k = 0$, то говорять, що кількість пасажирів у автобусі k досягла потенційного значення;

C_k – максимальна кількість пасажирів в автобусі k , пас.

Авторами роботи допускається припущення можливості наявності частки пасажирів, що залишено без задоволення потреб у проїзді коли $S_{n+1}^k = 0$.

Такі пасажирів мають чекати наступного автобуса. Кількість пасажирів, що залишаються, може розраховуватись так:

$$R_{n+1}^k = \begin{cases} Pb_{n+1}^k - b_{n+1}^k, S_{n+1}^k \leq 0 \\ 0, S_{n+1}^k > 0 \end{cases}, \quad (2.12)$$

де Pb_{n+1}^k – прогнозовані кількісні значення пасажирів для їздки на автобусі $(k + 1)$ на зупинці $(n+1)$, пас.

Кількість пасажирів, що від'їжджають в автобусі з зупинки, може бути розрахована:

$$P_{a_{n+1}^{k+1}} = \sigma_{n+1} \cdot N_{n+1}^{k+1}, \quad (2.13)$$

де Pa_{n+1}^{k+1} – прогнозований вихід пасажирів з автобусу $(k+1)$ на зупинці $(n + 1)$, пас.;

N_{n+1}^{k+1} – кількість пасажирів в автобусі k після відправлення з зупинки $(n + 1)$, пас.;

σ_{n+1} – прогнозований відсоток пасажирів що виходять на зупинці $(n + 1)$.

Параметр ∂_{n+1} розраховується за історичними даними:

$$\partial_{n+1} = \frac{\theta_{n+1}}{\sum_{n+1}^m \theta_i}, \quad (2.14)$$

де θ – відсоток пасажирів, що відправляються в зупинці i бере участь у статистиці даних історії;

m – загальна кількість зупинок на автобусній лінії, од.

Запропоновані авторами підходи можуть визначити параметри кількості транспортних засобів на маршрутах при певних умовах використання місткості для автобуса.

Авторами роботи [105] описано час затримки пасажирів, як фактор супротиву під час визначення пасажиром способу поїздки між видами транспорту. На думку дослідників час затримки у подорожі є лінійна функція від кількості пасажирів під час посадки, на яку впливають певні параметри, що відображають швидкість входу та виходу, а також невизначений час для відкриття та закриття дверей.

Запропоновано залежність для визначення та потенціал якості обслуговування для часу зупинки:

$$t_d = P_a \cdot t_a + P_b \cdot t_b + t_{oc}, \quad (2.15)$$

де t_d – час зупинки на автобусній зупинці, год.;

P_a – висадка пасажирів з автобуса через найбільш завантажені двері, год.;

t_a – час обслуговування висадки пасажирів, год.;

P_b – посадка пасажирів на автобус через найбільш завантажені двері, год.;

t_b – час обслуговування посадки пасажирів, год.;

t_{oc} – час для відкриття та закриття дверей, год..

Європейський досвід у врахуванні часу простою автобусу на зупинці при посадці й висадці пасажирів визначає, що мінімізація цього параметру призводить до збільшення обсягів пасажирів на таких маршрутах.

Розрахунок такого часу запропоновано [73] проводити за залежністю:

$$T = C + \max \left\{ \sum_{i=1}^m a_i; \sum_{j=1}^n b_j \right\}, \quad (2.16)$$

де T – час зупинки на автобусній зупинці, год.;

a_i – час, який кожен пасажир бере на висадку, год.;

b_j – час, який кожен пасажир бере на посадку, год.;

m – кількість пасажирів, що висадились, пас.;

n – : кількість пасажирів, що сіли, пас.;

C – час для відкриття та закриття дверей, год..

Запропоновано й розрахунок часу висадки на одного пасажирів і час посадки на одного пасажирів:

$$\rho_{n+1}^{k+1} = (N_{n+1}^{k+1} - S_{k+1}), \quad (2.17)$$

де ρ_{n+1}^{k+1} – зменшення кількості пасажирів в транспортному засобі (k+1) на

зупинці ($n + 1$), пас.;

N_{n+1}^{k+1} – кількість пасажирів в транспортному засобі (k+1) на зупинці

($n+1$), пас.;

S_{k+1} – кількість сидінь у транспортному засобі ($k + 1$), од.

Цим обумовлено можливість розрахунку загального часу простою на зупинках за умов відомих параметрів загального пасажиропотоку.

Однак, авторами визначено, що час зупинки на автобусній зупинці не є постійним. Визначено необхідність урахування коливання пасажиропотоків у часі. Вводиться елемент корекції часу, який відображає вплив часу пік на маршруті:

$$tb_{n+1}^{k+1} = \begin{cases} tb + m_b \cdot (\rho_{n+1}^{k+1} - \rho_b), & \rho_{n+1}^{k+1} - \rho_b > 0 \\ tb, & \rho_{n+1}^{k+1} - \rho_b \leq 0 \end{cases}, \quad (2.18)$$

$$ta_{n+1}^{k+1} = \begin{cases} ta + m_a \cdot (\rho_{n+1}^{k+1} - \rho_a), & \rho_{n+1}^{k+1} - \rho_a > 0 \\ ta, & \rho_{n+1}^{k+1} - \rho_a \leq 0 \end{cases}, \quad (2.19)$$

де tb_{n+1}^{k+1} – середній час посадки в автомобіль ($k+1$) на зупинці ($n+1$), год.;

tb – середній час посадки на пасажира, год;

ρ_b – вірогідність, що скупчення людей починає впливати на час посадки пасажирів;

m_b – коефіцієнт посадкової компенсації;

ta_{n+1}^{k+1} – середній час висадки з автомобіля ($k+1$) на зупинці ($n+1$), год.;

ta – середній час висадки на пасажира, год.;

m_a – коефіцієнт випадкової компенсації;

ρ_a – вірогідність, що швидкість скупчення людей починає впливати на час висадки пасажирів.

В роботі обумовлено, що урахування такого часу зупинки на автобусній зупинці потрібно використовувати при складанні розкладів руху. Авторами запропоновано визначати загальний час їздки для урахування впливу його на привабливість маршруту. У разі падіння пасажиропотоку на маршруті за рахунок значень часу

зупинки на зупинці для міжміських маршрутів запропоновано зменшення кількості проміжних зупинок, цим на думку авторів обумовиться перерозподіл пасажирів між маршрутами й зменшиться час зупинки на автобусній зупинці.

В роботі [132] наведено метод моделювання перевезень пасажирів маршрутним транспортом до центрів масового скупчення людей. Формулювання змішаного цілого лінійного програмування моделі короткочасної масової їздки для автобусу в умовах динамічної потреби використовує два змінних рішення. Модель мінімізації часу:

$$\sum_{(i,j) \in A} t_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min, \quad (2.20)$$

де t_{ij} – час їздки потоку пасажирів з пункту i до пункту j , год.;

x_{ij} – безперервна цільна змінна, яка відображає потік пасажирів з точки i до точки j .

Висвітлений в роботі [132] результат суперечить загальноприйнятій практиці призначення фіксованого маршруту для масового виїзду, який вважається більш ефективним. Запропонована авторами роботи [132] модель може бути безпосередньо використана органами управління транспортом для оцінки впливу різних практичних підходів, спрямованих на обмеження транспортного навантаження на інфраструктуру та для загальної ефективності дорожньої мережі. В роботі визначено, що в складній мережі загального маршрутного та приватного автомобільного транспорту, модель використовується як функція розподілу ефективності, що відображає вибір пасажира між автобусом та особистою машиною.

Модель запропонована авторами робіт [132–133] представлена для відображення таких факторів, як індивідуальні переваги, комфорт, час очікування, час подорожі для вибору пасажирами способу пересування. Класичний метод розподілу пасажирів між видами транспорту наведено у рівнянні:

$$\hat{q}_{rs} = \frac{1}{1 + e^{\theta(\hat{t}_{rs} - t_{rs} + \phi_{rs})}}, \quad (2.21)$$

де θ – позитивний параметр поїздок на автобусі між вузлами мережі $r - oі$ пари, пас./доб.;

\hat{t}_{rs} – загальна потреба в поїздках між вузлами мережі $r - oі$ пари, пас./доб.;

\hat{q}_{rs} – частка розподілу пасажирів між видами транспорту по $r - oі$ парам відправлення – призначення;

t_{rs} – мінімальний час проїзду приватним транспортним засобом між вузлами мережі $r - oі$ пари в мережі дорожнього руху та мінімальний час проїзду в режимі автобуса, год.;

ϕ_{rs} – частка пасажирів, що використовують приватний транспорт.

Модель розрахунку випадку розподілу пасажиропотоку по дугах мережі із урахуванням варіантів використаних видів транспорту авторами записана у вигляді:

$$m = \begin{cases} \sum_k f_{rs,k}^1 = q_{rs} - \hat{q}_{rs}, \quad \forall r,s \\ \sum_k f_{rs,k}^2 = \hat{q}_{rs}, \quad \forall r,s \\ f_{rs,k}^i \geq 0, \quad \forall r,s,k,i=1,2 \\ x_{a1} = \sum_r \sum_s \sum_k f_{rs,k}^1 \cdot \delta_{a,k}^1, \quad \forall a,r,s \\ x_{a2} = \sum_r \sum_s \sum_k f_{rs,k}^2 \cdot \delta_{a,k}^2, \quad \forall a,r,s \end{cases}, \quad (2.22)$$

де rs – пара вузлів між початку їздки r та пунктом призначення s ;

\widehat{q}_{rs} , \overline{q}_{rs} та $q_{rs} - \widehat{q}_{rs}$ – автобусні поїздки, поїздки на машині та загальний попит на поїздки, відповідно, між парою вузлів r та s , (пас./доб.);

m – варіант методу реалізації поїздки;

f_{rs}^i ($i = 1,2$) – потік модального i на шляху k між парою вузлів r та s , пас.;

$\delta_{a,k}^i$ ($i = 1,2$) – змінна співпадіння шляху до лінії: 1, якщо посилення a використовує шлях k модальної i та 0 в іншому випадку;

x_{ai} – потік модального i на посилення a , (пас./доб.).

Цим авторами описано підхід до моделювання розподілу пасажиропотоку між вузлами по дугах мережі. Однак, запропонована модель не містить урахування факторів швидкості, часу, вартості, привабливості та можливості наявності декількох мереж видів транспорту.

Наступним питанням, яке розглянуто сучасними науковцями є розрахунок загальної потрібної кількості транспортних засобів для мережі. Дослідження підходів до визначення таких параметрів викладено у роботі [133]. У рівнянні наведено запропонований авторами метод розрахунку верхньої очікуваної межі щорічного

випуску пасажирського автотранспорту на пасажирські перевезення:

$$RF_{\max} = \frac{RF_{\text{annual}} \cdot a \cdot b \cdot (1 - \alpha)}{365 \cdot \bar{d}}, \quad (2.23)$$

де RF_{\max} – щоденна верхня очікувана межа міського пасажирського перевезення, пас./доб.;

RF_{annual} – щорічна кількість залучених до перевезень пасажирських транспортних засобів на душу населення в міській місцевості міста, од./пас.;

a та b – частки приватного та пасажирського транспорту відповідно ($a = 0,87$ і $b = 0,13$);

α – коефіцієнт зменшення;

$RF_{\max} (1 - \alpha)$ – верхній очікуваний ліміт на рік, од./пас.;

365 – одиниця коригування константи, що представляє рік який включає 365 днів;

d – середня відстань поїздки, км.

Значення параметрів моделі авторами визначено на основі регресійного аналізу. Запропонований підхід для вирішення проблем оптимізації мережі міжміських пасажирських автобусних перевезень. Для прогнозування обсягів пасажирських перевезень ними було обрано наступне рівняння:

$$Q_{ij} = k \frac{P_i^a \cdot P_j^b}{R_{ij}^c}, \quad (2.24)$$

де R_{ij} – відстань між населеними пунктами I та j , км;

P_i – розмір населення населеного пункту на початку руху маршруту, чол.;

P_j – розмір населення на термінальному маршруті населеного пункту j , чол.

a, b, c, k – калібрувальні коефіцієнти.

Не менш важливим питанням є й визначення параметрів грошових потоків у маршрутних мережах. Розрахунок доходів маршрутної мережі (D_{MC}) в роботі авторів [54] визначається за залежністю:

$$D_{MC} = \sum_{i=1}^N D_i, \quad (2.25)$$

де D_i – дохід i – ого маршруту, грн.;

N – кількість маршрутів, од.

Розрахунок витрат під час роботи маршрутної мережі:

$$C_{MC} = \sum_{i=1}^N C_i, \quad (2.26)$$

де C_i – витрати i – ої маршрутної мережі, грн..

Визначення прибутковості маршрутної мережі (R_{MC}) в цілому автори пропонують за залежністю:

$$R_{MC} = \frac{D_{MC} - C_{MC}}{C_{MC}} \cdot 100. \quad (2.27)$$

В роботі [136] запропоновано розрахунок параметру роботи маршрутної мережі із урахуванням коефіцієнту заповнення салону транспортного засобу (γ), який розраховується відповідно за рівнянням:

$$\gamma = \frac{Q_{сл}}{q}, \quad (2.28)$$

де $Q_{сл}$ – кількість пасажирів в салоні транспортного засобу, пас.;

q – пасажиромісткість салону транспортного засобу, пас.

Та розрахунок статичного коефіцієнту заповнення салону:

$$\gamma_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \gamma_i, \quad (2.29)$$

$$\gamma_c = \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \sum_{i=1}^n \gamma_i l_i, \quad (2.30)$$

де n – кількість перегонів, од.;

γ_i – коефіцієнт заповнення салону на i – му перегоні;

l_i – довжина i – го перегону, км.;

γ_c – (статичне) середнє арифметичне коефіцієнтів заповнення салону на всіх перегонах рейсу чи оберту;

γ_d – (динамічне) середня зважена за довжинами перегону величина коефіцієнтів заповнення салонів на перегонах рейсу чи оберту.

В роботі [137] автором запропоновано при проведенні розрахунків показників ефективності функціонування маршрутного пасажирського транспорту враховувати транспортну втому, яка є наслідком пересування в транспортних засобах. Автором зазначається, що транспортна втома впливає на результативність прикладання праці пасажирами після здійснення проїзду в

громадському транспорті. Одночасно, в [136–137] авторами доводиться, що транспортна втома впливає на підсвідомий вибір пасажиром способу реалізації пересування, тобто вибір маршруту або маршрутів із запропонованих пасажиру варіантів. При цьому, визначається, що коефіцієнт заповнення салону, є такими, що пропорційно впливає на розмір транспортної втоми.

В роботі [138–139] авторами запропоновано моделі загального часу зупинки автобуса для автобусних зупинок, розташованих в середині кварталів та поблизу перехресть, розроблені на основі багатовимірної регресійного аналізу з використанням методу найменших квадратів звичайне.

На думку авторів [138] час затримання можна визначити за залежністю:

$$t^i = t_{depart}^i - t_{arrive}^i, \quad (2.31)$$

де t^i – час зупинки для автобуса i , год.;

t_{depart}^i – час, відправлення автобусу i , год.;

t_{arrive}^i – час, прибуття автобусу i , год..

Загальний вигляд моделі для розрахунку часу зупинки транспортного засобу на проміжній зупинці авторами роботи [138] запропоновано із використанням такого рівняння:

$$t^i = t_{depart}^i - t_{arrive}^i, \quad (2.32)$$

де t^i – час зупинки для автобуса i , год.;

t_{depart}^i – час, відправлення автобусу i , год.;

t_{arrive}^i – час, прибуття автобусу i , год..

Для розрахунку загального часу затримок транспортного засобу на зупинках [138] запропоновано наступну функцію:

$$T_{zag} = D_t k_1 + P_b k_2 + P_k k_3 + L_n k_4 + B_p k_5 + P_a k_6 + \varepsilon, \quad (2.33)$$

де D_t – час затримування, год.;

P_b – кількість пасажирів, що знаходяться в автобусі, год.;

T_{zag} – час затримування, год.;

P_k – наявність паркової стоянки, од.;

L_n – кількість смуг для під'їзду, од.;

B_p – довжина автобусного майданчика (в дюймах);

P_a – кількість пасажирів, що висаджуються, пас.

Загальний час зупинки автобусу авторами [139] представлено, як залежну змінну, а D_t , P_b , P_k , L_n та B_p – незалежні змінні. Крім того, k_1 , k_2 , k_3 , k_4 та k_5 представляють коефіцієнти регресії з пов'язаною похибкою ε [$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$].

Моделі регресії загального часу зупинки автобусу авторами [138] були встановлені на основі часу дня та типу зупинки автобуса, використовуючи дані, зібрані для вибраних автобусних зупинок.

У наведених методах розрахунку параметрів експлуатації засобів транспорту при міжміських пасажирських перевезеннях вирішувались такі задачі як: мінімізація часу руху; визначання оптимальної кількості транспортних засобів; урахування заповнення салону; розподілу потоку між альтернативними маршрутами й видами транспорту; визначення параметрів фінансових потоків.

2.2 Методи вирішення задач експлуатації засобів транспорту в процесі перевезень пасажирів залізничним транспортом

Залізничні перевезення пасажирів є доступні не у всіх країнах світу. Однак, у Європі, північній Америці та на більшості Азійського простору залізниця розпочала свій стрімкий розвиток на початку 19-го сторіччя разом із виникненням великих промислових підприємств та збільшенням населення міст. Нині у сучасній Україні залізниця приймає участь у маршрутних пасажирських перевезеннях поряд із автомобільним транспортом.

У сучасності перед науковцями поставлені задачі розрахунків параметрів залізничних пасажирських перевезень, здебільш, полягають у визначенні доцільності введення додаткових ланок або маршрутів. Не без уваги науковцями залишено питання розрахунку параметрів маршрутів. Основними параметрами, які мають розраховуватись є безпека, швидкість та вартість їздки, загальна пасажиромісткість потягу.

Авторами роботи [8] визначено підхід до розрахунку попиту на пасажирські перевезення. В розробленій авторами моделі, що ґрунтується на нечіткій логіці враховано такі визначальні фактори як вартість проїзду, середня довжина їздки пасажирів на маршруті і наповненість потягу. Різне поєднання цих факторів формує привабливість як критерій для визначення оптимального маршруту майбутнього пасажира. Авторами стверджується, що чим менша наповнюваність потягу пасажирами, плата за проїзд у транспорті та інтервал поїздки, тим вище критерій привабливості, що наведено у рівнянні:

$$P = f(T, I, q), \quad (2.34)$$

де P – ймовірність вибору маршруту;

f – функція привабливості маршруту;

T – тариф на перевезення одного пасажира на маршруті, грн.;

I – інтервал руху на маршруті, грн.;

q – номінальна місткість потягу, пас.

Запропоновано прийняти ступінь привабливості маршруту з такими характеристиками: $T = 0.1T_{max}$, $I = 0.4I_{max}$, $q = 40\%$, $P = 0,8$, що забезпечує авторів можливістю записати (2.34) наступним нечітким правилом:

$$P = \left\{ \begin{array}{l} (T = 0.1T_{max}, I = 0.4I_{max}, q = 40\%, P = 8) \\ T = 0.1T_{max} \text{ [max: 1 в M]} \\ I = 0.4I_{max} \text{ [max: 0.6 в S]} \\ q = 40\% \text{ [max: 0.6 в S]} \rightarrow \\ P = 8 \text{ [max: 0.9 в B]} \end{array} \right\}. \quad (2.35)$$

Усунення розбіжностей авторами було проведено згідно з формулою:

$$SP(R) = \mu_M(T) \cdot \mu_S(I) \cdot \mu_S(q) \cdot \mu_B(P), \quad (2.36)$$

де $SP(R)$ – кількість спірних правил, од.;

$\mu_M(T)$, $\mu_S(I)$, $\mu_S(q)$, $\mu_B(P)$ – реальна ступінь вартості проїзду, інтервалу руху і місткості потягу у відповідних областях.

З викладеного можна визначити, що авторами розглянуто можливість використання пасажиромісць у салоні потягу від 0,4 до 0,6. Збільшення цього показника від 0,6 до 1 призводить до

зменшення вірогідності вибору пасажиром маршруту із такими показниками. Одночасно, на таку вірогідність впливають вартість і час їздки.

Визначено, що вірогідність вибору маршруту серед набору варіантів зростає при відносно менших значеннях вартості їздки, швидкості маршрутної їздки та заповненні салону у вагонах.

Аналогічно до автомобільних перевезень розглядалось питання розрахунку H_{Bi} – кількості відправлень з району i або ємність району за відправленням:

$$H_{Bi} = \frac{Q}{\sum_{i=1}^n P_i} \cdot P_i, \quad (2.37)$$

де H_{Bi} – кількість відправлень з i або ємність району за відправлень, пас.;

Q – обсяг пасажирських перевезень, од.;

P_i – ймовірність вибору маршруту i .

В роботах авторів [31, 141] визначено модель встановленої вартості поїздки, враховуючи вартість часу розподілу пасажирів, часу відправлення та відповідний індекс комфорту. При цьому комфортність їздки було запропоновано ураховувати відповідною функцією залежності від часу та вартості їздки.

Врахування загального часу їздки на міжміських їздках запропоновано здійснювати для пасажира в точці P_i , який хоче доїхати на залізницю з пункту j до пункту призначення k . Прийнято, що час проїзду – це найкоротший час всіх шляхів від станції j :

$$\min t_j = t_{P_{ik}} + t_{P_{jk}}, j \in A, \quad (2.38)$$

де $\min t_j$ – мінімальний час їздки з точки j , год.;

$t_{P_{ik}}$ – час їздки маршрутом P_i з точки k , год.;

$t_{P_{jk}}$ – час їздки маршрутом P_i з точки j , год.;

A – набір варіантів реалізації їздки.

При цьому час їздки маршрутом P_i з точки k визначається рівнянням:

$$t_{P_{ik}} = \frac{l_{P_{ik}}}{v_{P_{jk}}}, \quad (2.39)$$

де $l_{P_{ik}}$ – відстань їздки маршрутом P_i з точки k , км;

$v_{P_{jk}}$ – швидкість їздки маршрутом P_i з точки j , км/год.

Враховуючи, що відстань їздки маршрутом P_i з точки k є сталою величиною можна стверджувати про можливість підвищення вірогідності вибору маршруту пасажиром можна підвищити збільшенням фактичного значення швидкості їздки маршрутом P_i з точки j .

Іншим підходом визначено зменшення відстані між вузлами на маршруті шляхом введення додаткових ланок, тобто будівництво нових колій між вузлами мережі. Однак, такий підхід є відносно вартісним і тому не є поширеним.

Питання розрахунку грошових параметрів функціонування залізничних мереж розкрито у роботах авторів [76, 135, 141–142]. В своїх роботах авторами розглядались методи прийняття рішень доцільності інвестицій в транспортну інфраструктуру. У сучасності такі інвестиції мають місце у проектах високошвидкісної залізниці.

При вирішенні таких задач авторами запропоновано використовувати методи комп'ютерного моделювання грошових потоків [144–145].

Автори дістаються висновків, що підвізні автобуси міського залізничного транспорту необхідні для сталого розвитку систем транзиту та визначають модель макета регіону для підвізних автобусів.

В роботі авторів [151] визначено, що у всьому світі високошвидкісна залізниця розглядається як спосіб зменшення навантаження на автомагістралі та в авіалінії. На думку авторів [152–157] міжміські поїздки мають вирішальне значення для економічного розвитку будь – якої країни. Високошвидкісні засоби транспорту, такі як високошвидкісні залізниці, можуть суттєво зменшити географічні та тимчасові обмеження переміщень для бізнес-операцій, туризму, пост-міграційних подорожей, щоб підтримувати зв'язки з друзями та родичами, академічне співробітництво та політична діяльність – все це має важливе значення для сприяння формуванню функціональних мереж [158–162].

2.3 Методи вирішення задач експлуатації засобів транспорту в процесі перевезень пасажирів авіаційним транспортом

Авіаційні перевезення пасажирів порубують розрахунків параметрів їхнього функціонування й на даний час сучасниками запропоновано методи вирішення таких задач. Так, авторами

роботи [9] представлені моделі для розрахунку обсягу пасажирських перевезень між парами міст:

$$H_{ij} = a \cdot \frac{\varphi_{\text{тр}} \cdot (f_i \cdot f_j) \cdot p_f}{\ell_m^{mp}}, \quad (2.40)$$

де H_{ij} – обсяг пасажирських перевезень між містами i і j , пас.;

f_i, f_j – фактори привабливості для міст i і j ;

ℓ_m^{mp} – загальна довжина маршруту між початковим і кінцевим пунктами маршруту;

a – емпірична константа;

$\varphi_{\text{тр}}$ – коефіцієнт користування транспортом;

p_f – параметр привабливості їздки.

Така модель використовує підхід гравітаційного моделювання, яке було використано попередниками при розрахунку параметрів функціонування пасажирських перевезень на автомобільному транспорті.

У роботі дослідників [9, 13] запропоновано й такий підхід розрахунку обсягу пасажирських перевезень між містами:

$$H_{ij} = e^\varepsilon \cdot Z_{ij}^\pi \cdot Z_{ij}^\chi \cdot F^\beta VVP_{ij}^\gamma \cdot l_m^\delta \cdot T_{\text{тр}}^\tau, \quad (2.41)$$

де P_{ij} – ймовірність того, що пересування почнеться в районі i і закінчиться в районі j ;

$\varepsilon, \pi, \chi, \beta, \gamma, \delta, v$ та τ – емпіричні константи;

Z_i – зона обслуговування;

F – фактор купівельної спроможності, грн./чол.;

VVP_{ij} – загальний внутрішній валовий продукт міста i та j , чол./грн.;

T_{mp} – час руху пасажирів у транспортному засобі, год.

На відміну від попередньо розглянутих моделей у запропонованій (2.41) враховано соціально-економічні характеристики сполучених регіонів, через введення загального внутрішнього валового продукту з'єднаних міст. Таким чином урахування фактору купівельної спроможності й внутрішнього валового продукту з'єднаних міст одночасно втілюють притаманні гравітаційним моделям як фактору привабливості регіоні і супротиву реалізації кореспонденції.

Також у роботах [9, 13] запропоновано модель розрахунку кількості пасажирів, які обслуговуватимуться у конкретному авіа порту серед можливого набору варіантів:

$$H_{ij} = e^{\epsilon} \cdot P_{ij}^{\pi} \cdot \ell_{ij}^{\lambda} \cdot B_{ij}^{\beta} \cdot VVP_{ij}^{\gamma} \cdot \ell_m^{\delta} \cdot t_{ij}^{\tau} \cdot n_{ij}^{\nu} \cdot \ell_{ij}^{\alpha} \cdot \ell_{dij}^{\omega}, \quad (2.42)$$

де n_{ij} – кількість конкуруючих аеропортів, од.;

\check{l}_{ij} – середня відстань до конкуруючих аеропортів, км;

l_{dij} – кількість конкуруючих аеропортів, зіставлених за відстанню між ними, км.

Моделі (2.41) та (2.42) містять змінні, що характеризують загальну економічну активність і географічні особливості міст.

Модель (2.42) обмежується парами міст з аеропортами, які не підлягають конкуренції серед аеропортів в безпосередній близькості, в той час як інша модель (2.41) включає в себе всі пари міст. Обидві моделі підходять для спостережуваних даних, статистично перевірених і підтверджених.

В роботах [116–118, 163–164] авторами визначено, що модель повітряної транспортної мережі, а також дані про повітряний рух розглядаються як один з найпростіших критеріїв оцінки стану розвитку мережі.

Представлені в роботі [9, 11, 22, 56, 108] гравітаційні моделі (2.41) та (2.42), які можуть бути використані для розрахунку обсягу кореспонденції пасажирів між містами. Обидві моделі використовують в основному геоелектричні змінні як незалежні фактори.

Авторами роботи [27] запропоновано модель для визначення привабливості авіаційного транспорту. Для цього використано метод розрахунку найбільшого числа міст, які будуть з'єднані авіарейсами:

$$F^i = \sum \left[Q_{\text{бп}} / \exp(k_L \times T_{ij}) \right], \quad (2.43)$$

де F^i – фактор привабливості i – го регіону для вираження кількості потенційних пасажирів, можливо приїхавших у місто i з міста j ;

$Q_{\text{бп}}$ – кількість пасажирів, які бажають здійснити поїздку, пас.;

k_L – коефіцієнт супротиву кореспонденції від L ;

j – місце вибуття;

$T_{\text{сер}ij}$ – середній тариф поїздки між містами i та j , грн.

При цьому вважається, що:

$$Q_{\text{бп}} = \frac{d}{1 - b \cdot e^{-cY}}, \quad (2.44)$$

де b , c , d – параметри, які оцінені на основі історичних даних.

Запропоновані сучасними дослідниками гравітаційні моделі для розрахунку параметрів пасажирських транспортних кореспонденцій мають такі складові якими завдано фактори зменшення чи збільшення кореспонденції. У сучасній літературі фактори збільшення кореспонденцій визначено як «атрактори» або привабливості, а фактори зменшення – супротиву кореспонденції.

У рівнянні коефіцієнт супротиву кореспонденції запропоновано розраховувати за залежністю:

$$k_L = \ln \left(\frac{H_{ij}}{H_{ej} \cdot H_{nj}} \right) / T_{\text{сер } ij}, \quad (2.45)$$

де H_{ij} – кількість кореспонденції з i в j , пас.;

H_{ei} – кількість відправлень з i – го району чи ємність району за відправленнями, пас.;

H_{nj} – кількість прибуттів у район i чи ємність району по прибуттях, пас.;

Тобто запропоновано ураховувати середній тариф поїздки між містами i та j як супротив кореспонденції через грошове навантаження на пасажира. Можна відзначити, що таке навантаження здебільш є похідною від довжини їздки, а отже відображає не тільки грошове навантаження на пасажира, а й витрати часу на пересування. Слід, визначити, що витрати часу на пересування у свою чергу є складовою комфортності їздки.

Тариф на перевезення авіа лініями – T_{ij} запропоновано розраховувати за залежністю:

$$T_{ij} = \sum_{n=N} S_{ji}^{\text{navio}} (T_{\text{сер } ij} + C_{\text{тс}} \cdot V_{\text{поїзд}}), \quad (2.46)$$

де n – кількість авіаперевізників;

S_{yi}^{navio} – частка ринку зайнятого n_{avio} при виконанні сполучень між містами i та j ;

$V_{\text{поїзд}}$ – час поїздки на маршруті, год.;

C_{TC} – тимчасова вартість повітряного транспорту, грн.

Авторами роботи [123, 165–169] запропоновано метод прогнозування повітряних пасажирських потоків з використанням соціально-економічної характеристики пари міст. Метод складається з двох етапів: прогнозування топології вихідної і кінцевої точки мережі попиту; прогнозування кількості пасажирів на існуючих і нових з'єднаннях.

Основаючись на принципах гравітаційного моделювання авторами [123, 165–169], у тому числі, запропоновано розраховувати кількість пасажирських транспортних кореспонденцій на авіа лініях із урахуванням соціально-економічних характеристик з'єднаних міст. Соціально-економічний стан запропоновано виразити через внутрішній валовий продукт міст. На основі цього ствердження припущено рівняння, й представлена через адаптовану гравітаційну модель визначення фактору привабливості i – го району:

$$F_i = \frac{VVP_i \cdot H_{mi} \cdot VVP_j \cdot H_{mj}}{(l_{mij} \cdot T_{серіj})^2}, \quad (2.47)$$

де F_i – фактор привабливості i – го району для вираження кількості потенційних пасажирів, що можливо приїхали в місто i із міста j ;

VVP_i, VVP_j – внутрішній валовий продукт міст i та j відповідно, грн./чол.;

H_{mi}, H_{mj} – кількість жителів в місті i та j відповідно, чол.;

$T_{серij}$ – середня вартість їздки між містом i та j , грн.

В роботі [169] авторами запропоновано модель яка розглядає потік авіаційних перевезень пасажирів, як результат просторових взаємодій між парою походження і призначення аеропортів, які можна сформулювати в мультиплікативну функцію вузла і характеристики лінії показану у рівнянні:

$$H_{pi} = S(t) \prod_{k=1}^n Node_{i,k}(t)^{\alpha_k(t)} \prod_{k=1}^n Node_{j,k}(t)^{\beta_k(t)} \prod_{l=1}^m Route_{ij,l}(t)^{\gamma_l(t)} \quad (2.48)$$

де H_{pi} – обсяг прибуття в транспортний район i за розрахунковий період

часу, пас.;

$S(t)$ – постійна константа;

$Node_{i,k}(t)$ і $Node_{j,k}(t)$ – характеристика впродовж місяця t відносно i походження і аеропорту призначення j відповідно, для соціально – економічних, демографічних, метеорологічних і мережевих характеристик;

$Route_{ij,l}(t)$ – вимір відстані між i та j аеропорту впродовж місяця t , км;

$\alpha_k(t), \beta_k(t), \gamma_l(t)$ – відповідні коефіцієнти.

Для підвищення продуктивності своєї моделі авторами також розглянуто умови взаємодії між країнами походження і призначення вузлів, що означають як взаємодію пункту початку руху i та пунктом призначення j .

2.4 Методи вирішення задач з формалізації параметрів експлуатації засобів транспорту на пасажирських транспортних маршрутах

Дослідниками [12] розглядались методи розрахунку параметрів експлуатації засобів транспорту при міжміських пасажирських перевезеннях. У роботі визначено модель розрахунку кількості потенційних пасажирів, які продукує певна зона i :

$$H_{Bi} = \sum_p SV_p \cdot P_p \cdot u_{ep}, \quad (2.49)$$

де P_p – кількість мешканців p – го району, чол.;

H_{Bi} – кількість поїздок p – го району, пас.;

SV_p – коефіцієнт користування транспортом загального користування мешканцями регіону p при здійсненні міжрегіональних поїздок;

u_{ep} – частка внутризональних поїздок в зоні p .

Запропонований авторами [12, 17] підхід, який дозволяє моделювати попит на поїздки та його розподіл відповідно до обмежень природного обсягу на зональному рівні, які є такими ж обов'язковими, як обмеження пропускної здатності загальних посилянь. В роботі [136] автором запропоновано забезпечення розрахунків коефіцієнту користування транспортом, рухливості населення та користування масовим пасажирським транспортом за залежністю:

$$P_T = 2 \cdot (D_p - D_e - D_{ce} - D_{en} - D_{xe}), \quad (2.50)$$

де P_T – трудова рухливість;

D_p – число днів у році, од.;

D_B – число вихідних днів на рік, од.;

D_{CB} – число святкових днів на рік, од.;

$D_{ВП}$ – середнє число робочих днів відпустки, од.;

$D_{ХВ}$ – середнє число робочих днів хвороби, од.

$$P_{заг} = P_T + P_{к.п.}, \quad (2.51)$$

де $P_{заг}$ – загальна рухливість;

P_T – трудова рухливість;

$P_{к.п.}$ – культурно-побутова рухливість;

$$\varphi_{м.тр} = \frac{P_{м.тр}}{P_{тр}} \quad (2.52)$$

де $\varphi_{м.тр}$ – коефіцієнт користування масовим пасажирським транспортом;

$P_{м.тр}$ – транспортні пересування на масовому пасажирському транспорті;

$P_{тр}$ – загальна кількість транспортних пересувань.

В [170–173] запропоновано метод розрахунку матриці кореспонденції, який наведено у наступних залежностях:

$$F(H_{ij}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (B_{ij} - H_{ij})^2 \rightarrow \min \quad (2.53)$$

де $F(H_{ij})$ – функція квадратного відхилення кореспонденції від потенційних кореспонденцій;

B_{ij} – потенційні кореспонденції між районами, отримані відповідно до повної аналогії гравітаційного закону тяжіння тіл, пас;

H_{ij} – кореспонденції між транспортними районами, пас.

$$\sum_{j=1}^n H_{ij} = H_{ni}, \quad (2.54)$$

де H_{ej} – обсяг відправлення з транспортного району за розрахунковий період часу, пас;

H_{nj} – обсяг прибуття в транспортний район за розрахунковий період часу, пас.

Запропоновано розрахунок відхилення суми потенційних кореспонденцій, що приїжджають в i – й район, від фактичного обсягу прибуття в цей район:

$$P_i = H_{ni} - \sum_{j=1}^n b_{ij} \quad (i=1, (2n-1)), \quad (2.55)$$

де P_i – відхилення суми потенційних кореспонденцій, що приїжджають в i – й район, від фактичного обсягу прибуття в цей район.

Або відхилення суми потенційних кореспонденцій, які виїжджають

з i – го району від фактичного обсягу відправлення із цього району:

$$O_i = H_{bi} - \sum_{j=1}^n b_{ij} \quad (i=1, n), \quad (2.56)$$

де O_i – відхилення суми потенційних кореспонденцій, які виїжджають

з i – го району від фактичного обсягу відправлення із цього району, пас.;

b_{ij} – система обмежень.

В свою чергу запропоновано розрахунок b_{ij} запропоновано здійснити за залежністю:

$$d_{ij} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-t_{ij}^2/(2\sigma^2)}, \quad (2.57)$$

де t_{ij} – витрати часу на пересування до центра тяжіння j , що розглядається, год.;

σ – параметр закону розподілу певної у функції прийнятих граничних труднощів сполучення:

$$\sigma = \frac{T_{\max}}{3}, \quad (2.58)$$

де T_{\max} – граничні задані труднощі сполучення для центра тяжіння, що розглядається, год.

В роботі [20] авторами запропоновано нелінійну регресійну модель для розрахунку обсягу пасажирського потоку між різними містами:

$$H_{vi,j} = \frac{(H_{mi} \cdot H_{mj})^\theta}{(l_{i,j})^\tau} \exp(a + (c_{(i)} + c_{(j)})P_{\text{заг}} + g_{(i,j)} \cdot \gamma_c + V_{i,j}), \quad (2.59)$$

де $H_{vi,j}$ – кількість відправлень з транспортного району i в j район за розрахунковий період часу, пас.;

$a^{H_{vi}}, P_{\text{заг}}^{H_{vi}} = (P_{\text{заг}1}^{H_{vi}} P_{\text{заг}2}^{H_{vi}} \dots P_{\text{заг}m}^{H_{vi}})^T$ та $\gamma_c^{H_{vi}} = (\gamma_{c1}^{H_{vi}} \gamma_{c2}^{H_{vi}} \dots \gamma_{cm}^{H_{vi}})^T$ – невідомі параметри регресії;

$P_{\text{заг}}$ – загальна рухливість населення;

γ_c – коефіцієнт середньостатистичного використання місткості салону;

$c_{(i)} = (c_{i,j} \dots c_{i,m})$ та $g_{(i,l)} = (c_{i,1}c_{j,1} \dots c_{i,m}c_{j,m})$ – m масиви даних;

$\{V_{i,j}\}$ – є незалежними і однаково розподіленими випадковими величинами з середнім нульовим і невідомої дисперсією σ^2 ;

$l_{i,j}$ – відстань між районами i і j , км;

H_{mi}, H_{mj} – кількість жителів в районах i і j відповідно, чол.

З моделі (2.59) авторами запропоновано рівняння для формалізації кількості відправлених пасажирів з району i .

$$E \cdot (H_{vi,i}) = \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n E \cdot (H_{vi,j}), \quad (2.60)$$

Також в [20] оцінено дисперсію H_{vi} :

$$D(H_{vi}) = E \cdot (H_{vi} - E \cdot (H_{vi}))^2. \quad (2.61)$$

В роботі [20] визначено, що між H_{vi} и $E(H_{vi})^*$ є слабка залежність, оскільки останній розраховується на основі багатьох значень $\{H_{vi}\}$.

Параметр дисперсії σ^2 оцінено за допомогою рівняння (2.61). Шляхом підсумовування одиниці для $i=1, \dots, n$ [20] визначено:

$$\sum_{i=1}^n D(H_{Vi})^* = \sum_{i=1}^n D(H_{Vi})^{**}. \quad (2.62)$$

В роботах [174–179] авторами розглядається метод підрахунку кількості пасажирів, які очікують на станціях. На думку авторів [43] доступність транспорту загального користування визначається як міра тієї легкості, з якою людина може проводити активність бажаного типу, в потрібному місці, за допомогою бажаного режиму, і в потрібний час. Для цього авторами було використано методи статистичного аналізу застосовані данні отриманих за допомогою анкетного опитування, опитування було підготовлено таким способом, яким він робить запис доступного відстані пасажирів, час і вартість поїздок від їхнього будинку до місця призначення включаючи передачі, системи глобального позиціонування та електронних квитків.

Попередньо авторами [43] місце дислокації вокзалів прийнято вважати зонами притягнення пасажирів, за чим висунуто ряд стверджень. Припущено, що доступність кожної зони може бути визначена з використанням рівняння:

$$P_{Aij} = \ln \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \frac{O_j^a}{F_{Cij}^\mu}, \quad (2.63)$$

де P_{Aij} – вірогідність реалізації транспортних потреб між пунктом i та j за допомогою маршрутного транспорту загального користування;

O_j – транспортна активність в зоні j ;

α, μ – калібрувальні коефіцієнти;

J – загальна кількість зон в області, од.;

F_{Cij} – загальний опір кореспонденції.

Застосування методів з використанням мультимодальної моделі авторами [43] отримано рівняння для розрахунку вірогідності реалізації транспортних потреб між пунктом i та j за допомогою маршрутного транспорту загального користування:

$$P_{Ai}(Z_1, M_1, T_1, P_1) = \ln \frac{1}{J} \sum_j \exp(\alpha \cdot \ln F_{P1j} \mu \cdot \ln F_{1jT1}) = \ln \frac{1}{J} \sum_j \frac{O_{A,j}^\alpha}{C_{i,j,T1}^\mu}, \quad (2.64)$$

де Z_1 – зона 1;

M_1 – режим 1;

T_1 – час 1, год.;

P_1 – призначення 1;

F_{P1j} – функція сполучення для призначення $P1$ в зоні j ;

F_{1jT1} – функція опору кореспонденції для зони 1 до зони j протягом часу .

В роботі [22] авторами запропоновано розраховувати не вірогідність реалізації їздки, а кількість поїздок з району i в район j із застосуванням методу гравітаційного моделювання, а саме:

$$H_{ij} = H_{vi} \left[\frac{H_{пj} \cdot F_{tij} \cdot F_{ij}}{\sum_j H_{пj} \cdot F_{tij} \cdot F_{ij}} \right], \quad (2.65)$$

де H_{ij} – кількість поїздок з району i в район j , пас.;

H_{vi} – кількість відправлень з транспортного району i за розрахунковий період часу, пас.;

$H_{пj}$ – кількість по прибутті в транспортний район j за розрахунковий період часу, пас.;

F_{tij} – фактор опору поїздки;

F_{ij} – фактор соціально-економічної адаптації для наявності й можливості реалізації кореспонденцій між пунктами i та j .

Ймовірність того, що пересування почнеться в районі i та закінчиться в районі j для режиму m запропоновано розраховувати за наступною залежністю:

$$P_{ij}^m = \frac{e^{k_{ij} \cdot \log(e^{f_{пij}^m})}}{\sum_{m=1} k_{ij} \cdot \log(e^{f_{пij}^m})}, \quad (2.66)$$

де P_{ij}^m – ймовірність того, що пересування почнеться в районі i та закінчиться в районі j для режиму m ;

k_{ij} – коефіцієнт калібруючий кількість відправлень та прибуттів з району i з кількістю прибуттів в район j ;

$f_{пij}^m$ – функція корисності для поїздки між районами i та j для режиму m .

Одночасно із цим в роботі не визначено, що є i як розраховується функція корисності для поїздки між районами i та j для режиму m .

Розгляд питання визначення параметрів грошових потоків дослідниками відображено у визначенні підходу до розрахунку споживчої вартості поїздки між областями i та j :

$$C_{nij} = \alpha_t \cdot t_{nij} + \alpha_c \times C_{zij}, \quad (2.67)$$

де C_{nij} – споживча вартість поїздки між областями i та j , грн.;

t_{nij} – витрати часу одним пасажиром для поїздки між областями i та j , грн.;

C_{zij} – витрати на поїздку між областями i та j , грн.;

α_t, α_c – калібруючі коефіцієнти.

В роботі [24] авторами метод гравітаційного моделювання використано для формалізації параметрів пасажиропотоку в i з k в авіаційних перевезеннях пасажирів в межах однієї країни:

$$H_{ij} = F_j \cdot \frac{(a_0 + a_1 \cdot H_{mj} + a_2 \cdot H_{ТУР})}{\sum_{k, k \neq i} (a_0 + a_1 \cdot H_{mjk} + a_2 \cdot H_{ТУРk})}, \quad (2.68)$$

де H_{ij} – кількість прибуттів у транспортний район j за розрахунковий період часу, пас.;

H_{mj} – кількість жителів в районі j , чол.;

F_i – функція привабливості районі j ;

$H_{ТУР}$ – є щорічним середньо щоденним об'ємом туристів транспортного району j , чол.;

k – транспортний район генерації кореспонденції;

a_0, a_1, a_2 – параметри, отримані з соціально-економічних показників за роки обслуговування аеропорту, які є калібрувальними коефіцієнтами.

Одночасно запропоновано залежність для розрахунку функції привабливості районі j :

$$F_j = H_{\Pi i} \cdot \frac{(b_0 + b_1 \cdot VVP_j + b_2 \cdot H_P)}{\sum_{k, k \neq i} (b_0 + b_1 \cdot VVP_{jk} + b_2 \cdot H_{Pk})}, \quad (2.69)$$

де VVP_j – внутрішній валовий продукт на одну людину транспортної

зони j , грн./чол.;

H_P – кількість робочих місць в районі j , од.;

$H_{\Pi j}$ – кількість прибуттів у транспортний район j за розрахунковий період часу, пас.;

b_0, b_1, b_2 – калібруючі коефіцієнти, отримані з соціально-економічних показників за роки обслуговування аеропорту.

Недоліком запропонованих моделей (2.68) та (2.69) є неможливість їхніх використання для розрахунку транспортних кореспонденцій всіх типів їздок, тобто не лише туристичних поїздок. При цьому, доведено можливість використання гравітаційного моделювання для розрахунків пасажирських транспортних кореспонденцій.

Модель запропонована авторами [29] використовує поняття «корисності» для опису прийняттого рівня обслуговування жителів різними видами транспорту.

Функція корисності виражається у вигляді лінійної функції:

$$U_{ki} = V_{ki} + \varepsilon_{ki}, i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m, \quad (2.70)$$

де V_{ki} – комплексне використання k -го режиму руху для групи мандрівників i ;

ε_{ki} – випадкове використання k -го режиму руху для групи мандрівників i .

А вірогідність того, що мандрівник, який має конкретну мету поїздки, вибере певний режим руху розраховується за залежністю:

$$P = \frac{\exp(b \cdot Q_{ij})}{\sum_{k=1}^M \exp(b \cdot Q_{ij})}, \quad (2.71)$$

де P – вірогідність вибору маршруту;

Q_{ij} – існуючий обсяг пасажирів на ділянці між вузлами i та j , пас.;

M – кількість маршрутів у місті, од.;

b – калібруючий коефіцієнт.

2.5 Методи вирішення задач з визначення параметрів функціонування та перерозподілу пасажирських транспортних кореспонденцій між видами транспорту

Сучасні наукові підходи до вирішення задач з розрахунку параметрів пасажирських маршрутних перевезень у частині перерозподілу потоків між альтернативними маршрутами та видами транспорту, здебільш, спираються на способи гравітаційного моделювання та визначення вірогідності. В роботах дослідників [44, 180–185] запропоновано інтеграційний підхід для моделювання

процесу вибору пасажиром виду маршрутного транспорту між залізничним і автомобільним. Дослідження спираються на ствердженні, що пасажиром обереться той вид транспорту, який на його переконання є кориснішим. Визначено, що пасажиром інтуїтивно приймається рішення про корисність того чи іншого виду транспорту. Запропонований для розрахунку корисності системний компонент корисності V_{ir} альтернативи використання транспорту загального користування r в частковому експерименті i запропоновано описати залежністю:

$$V_{ir} = X_{ir} \cdot \beta_i + G_{rj} \cdot \gamma_j, \quad (2.72)$$

де X_{ir} – коефіцієнт калібрування корисності використання автотранспорту;

β_i – коефіцієнт корегування кількості користувачів власними автотранспортними засобами;

G_{rj} – загальна кількість мешканців, що користується, чол.;

γ_j – частка мешканців, що використовують власний автомобіль.

Одночасно, запропоновано імовірнісний підхід до визначення вірогідності вибору пасажиром конкретного маршруту з запропонованого набору варіантів. Результатами досліджень авторами запропоновано поліноміальну модель ймовірності вибору альтернативного маршруту r з множини маршрутів C :

$$P_{ir} = \frac{e^{\mu_i V_{ir}}}{\sum_{s \in C} e^{\mu_i V_{is}}} = \frac{e^{\mu_i (X_{ir} \beta_i + G_{rj} \gamma_j)}}{\sum_{s \in C} e^{\mu_i (X_{is} \beta_i + G_{sj} \gamma_j)}}, \quad (2.73)$$

де μ_i – параметр масштабу, який не визначений в запропонованій моделі, тому зазвичай встановлюється до 1,0.

В роботі [186] розподіл поїздок між видами транспорту запропоновано розрахувати на основі економетричної теорії максимізації. Це формулювання для режиму пересування m комбінованими видами транспорту та з вибором місця призначення, в тому числі, для відправлення та призначення від зони i до j , враховано характеристики режиму та соціально-економічних параметрів зони призначення j :

$$U_{mij} = \sum \alpha_m \cdot NS_{mij} + \mu \cdot \ln(\sum \exp(p_j) \cdot T_j), \quad (2.74)$$

де α_m – рівень коефіцієнта обслуговування для режиму m ;

U_{mij} – розподіл поїздок між видами транспорту m між пунктами i та j ;

NS_{mij} – лінійна комбінація рівнів обслуговування для режиму m та потоку між пунктом i та j ;

μ – ваговий коефіцієнт привабливості області;

p_j – параметр розміру привабливості;

T_j – привабливість району j .

Авторами запропоновано у моделі (2.74) забезпечити через μ – ваговий коефіцієнт привабливості області урахування соціально-економічних параметрів зони призначення j .

В роботах авторів [187–188] запропоновано моделювання для визначення вибору пасажиром режиму пересування між різними за видами маршрутного транспорту мережами із урахуванням можливості користування всіма запропонованими мережами при здійсненні однієї подорожі. На думку авторів такий вибір пасажира

є статичним й спирається на вартісні характеристики варіантів їздки. Для безпересадочної поїздки функція вартості проїзду запропонована відповідно до залежності, яка має лінійну форму:

$$C_{ma} = \alpha_m \cdot K_a + \beta_m \cdot T_{am}, \quad (2.75)$$

де C_{ma} – вартість проїзду a режимом m , грн.;

K_{am} – довжина їздки в режимі використання m , грн.;

T_{am} – час проїзду режиму m , год.;

α та β – коефіцієнти, які відрізняються в режимах пересування, наприклад, прогулянка, велосипед, автомобіль.

В роботі [44, 189–191] авторами визначено характеристики пересаджуваності пасажира з одного маршруту на інший для реалізації потреб з переміщення. Що є характеристикою маршрутної мережі в цілому й характеризується атрибутами як простору, так і часу. Оцінка потенціалу пересадки ґрунтується на можливих відстанях протягом визначеного проміжку часу та дистанції. Авторами [192-198] запропонована методика для кількісного визначення параметрів роботи системи міського транспорту за допомогою засобів GPS – технології низької вартості.

В роботах дослідників [199-202] розглянуто підходи до розрахунку параметрів грошових потоків системи маршрутних перевезень пасажирів. Запропоновано розраховувати дохід від пасажирських перевезень у маршрутній мережі – D , як суму добутків об'єму перевезень за період для даного маршруту:

$$D = \sum_{i=1}^n (Q_i \cdot T_i), \quad (2.76)$$

де D – доходи за розрахунковий період, грн.;

Q – обсяг перевезень на маршруті за період, пас;

T – тарифна маршруті, грн.;

i – номер маршруту;

n – кількість маршрутів у мережі, од.

Витрати на функціонування системи запропоновано [136, 199–202] визначати на основі значень постійних, змінних витрат, довжини та експлуатаційної швидкості:

$$B = \sum_{i=1}^n (T_{\text{пнк}} \cdot A^j \cdot (C_{\text{зм}}^j \cdot L_{Mi} + C_{\text{ст}}^j \cdot \frac{L_{Mi}}{V_e})), \quad (2.77)$$

де B – витрати за розрахунковий період, грн.;

$C_{\text{зм}}^j$ – змінні витрати для j – ої марки транспортного засобу, експлуатованого на маршруті, грн./км;

$C_{\text{ст}}^j$ – постійні витрати для j – ої марки транспортного засобу, експлуатованого на маршруті, грн./год.;

LM_i – довжина маршруту, км;

A^j – кількість ТЗ j – ої марки на маршруті, од.;

$T_{\text{пнк}}$ – тривалість розрахункового періоду, год.

Труднощі сполучення і функція тяжіння в [136, 203–206] описані наступними залежностями:

$$d_{ij} = \frac{K_k \cdot H_{ij}}{H_{B_i} \cdot H_{П_j}}, \quad (2.78)$$

де d_{ij} – функція тяжіння;

K_k – коефіцієнт балансування розмірностей;

H_{ij} – кількість кореспонденцій з i в j , пас.;

H_{Bi} – кількість відправлень з i чи ємність району j за відправлення, пас.;

$H_{\Pi j}$ – кількість прибуттів у район j чи ємність району j по прибуттях, пас.

$$H_{ij} = H_{\Pi j} \frac{K_{ik} \cdot H_{Bi} \cdot d_{ij}}{\sum_{i=1}^n K_{ik} \cdot H_{Bi} \cdot d_{ij}}, \quad (2.79)$$

де K_{ik} – калібруючий множник, що нормує та дозволяє збалансувати суму відправлень у місті з кількістю прибутків.

$$K_{ik} = \frac{H_{Bi}}{\sum_{i=1}^n H_{ij} \cdot (K_{ikn} - 1)}, \quad (2.80)$$

де K_{in} – попереднє значення K_{ik} ; $K_{ik} = 1$

Функції тяжіння, представляючи її гіперболічну залежність вигляду [136, 203–206]:

$$d_{ij} = \frac{a}{t_{ij}^k}, \quad (2.81)$$

$$d_{ij} = \frac{a}{t_{ij}}, \quad (2.82)$$

$$d_{ij} = \frac{a}{t_{ij}^2}, \quad (2.83)$$

де t_{ij}^k – час на пересування з району i в район j , год.;

a – калібруючий коефіцієнт.

Експоненційні моделі функції тяжіння:

$$d_{ij} = ae^{-bt_{ij}}, \quad (2.84)$$

Модель перерозподілу пасажиропотоків на маршрутній мережі в [136, 207–211] представлено, як імовірність вибору маршруту з безліч можливих, що проходять цією ділянкою:

$$P_i = \frac{N_i \cdot f_i}{\sum_j N_i \cdot f_i}, \quad (2.85)$$

де N – інтенсивність руху транспортних засобів на маршруті, авт./год.;

f – функція привабливості маршруту на сполученій ділянці;

r – кількість маршрутів, що проходять сполученою ділянкою.

$$f_n = \Phi \left(\left(\frac{\tau_{сер}}{\tau_n} \right), \left(\frac{q_n}{q_{сер}} \right), \left(\frac{T_{сер}}{T_n} \right) \right), \quad (2.86)$$

де τ_n – час проходження ділянкою на маршруті n , год.;

$T_{сер}$ – середній час пересування на маршрутах, що проходять ділянкою, год.;

q_n – рівень наявності вільного місця в салоні транспортного засобу на маршруті n , пас/м²;

$q_{сер}$ – середній рівень наявності вільного місця в салоні транспортного засобу на маршрутах, що проходять сполученою ділянкою, пас/м²;

T_n – тариф на маршруті n , грн.;

$T_{сер}$ – середній тариф на маршрутках, що проходять сполученою ділянкою, грн.

Модель функціонування маршрутної мережі в [136, 212–213] представлено, як.

$$Q = P \cdot H_{ij}, \quad (2.87)$$

де P – імовірність вибору маршруту;

H_{ij} – обсяг кореспонденції за розрахунковий період, пас.

Функція привабливості маршруту в цілому залежить від значення цього показника на кожній ділянці маршруту і може бути визначена як середньозважена за формулою [136, 214–216]:

$$F_i = \frac{\sum_{k=1}^s f_{ik} \times l_{ik}}{\sum_{k=1}^s l_{ik}}, \quad (2.88)$$

Функцію привабливості маршруту розраховують за формулою:

$$f_z = \left(\frac{\tau_{сер}}{\tau_z} \right) K_\tau \cdot \left(\frac{q_{сер}}{q_z} \right) K_q \cdot \left(\frac{T_{сер}}{T_z} \right) K_T, \quad (2.89)$$

де f_z – функція привабливості маршруту z ;

$T_{сер}$ – середній час сполучення на маршрутах, що проходять сумісною ділянкою, год.;

T_z – час сполучення на маршруті z , год.;

$q_{сер}$ – середній рівень наявності вільного місця в салоні транспортних засобів на маршрутах, які проходять сумісною ділянкою, пас/м²;

q_z – рівень наявності вільного місця салоні транспортного засобу на маршруті z , грн.;

$T_{сер}$ – середній тариф на маршрутах, що проходять сумісною ділянкою, грн.;

T_z – тариф на маршруті z , грн.;

K_T, K_q, K_T – емпіричні коефіцієнти, що враховують ступінь впливу на функцію привабливості відповідно часу руху, рівня заповнення салону і тарифу на перевезення.

Розрахунок поточного значення обсягу перевезень [136, 214–216] на кожному маршруті Q_{ijz} за формулою:

$$Q_{ijz} = P_z \cdot H_{ij}, \quad (2.90)$$

де Q_{ijz} – обсяг перевезень на маршруті z за період часу T_{pn} , пас.

Авторами [217] розглянуто процес вибору маршруту безліччю пасажирів при оцінці потоків і прогнозуванні попиту. У роботі розглядаються основні обмеження маршруту, визначено, що розклад поїзду якого важливим параметром, для розподілу потоків пасажирів між залізничною та автобусною мережами. Запропоновану до використання авторами [217] парадигму при прогнозі вибору, яка обговорена в літературі і є корисною. Ця парадигма вказує, що ймовірність пасажира P_i , щоб вибрати

альтернативу r з набору варіантів CS_i , визначається таким виразом[136, 214–216]:

$$P_i(r|US_i) = \sum_{CS_i \in US_i} p_i(r|CS_i) \cdot p(CS_i|US_i), \quad (2.91)$$

де $P_i(r|US_i)$ – ймовірність того, що пасажир i вибере альтернативу r від універсальної множини US_i всіх альтернатив, доступних для i ;

$p_i(r|CS_i)$ – це умовна ймовірність того, що пасажир i вибере альтернативу r , враховуючи, що CS_i його розгляд множини, де CS_i це підмножина US_i ;

$p(CS_i|US_i)$ – ймовірність того, що CS_i є розгляд безлічі пасажирів i , враховуючи його універсальний набір US_i .

Запропонована авторами [217] модель вибору маршруту виражена таким чином:

$$p_k^{rs} = \frac{U_k^{rs}}{\sum_k U_k^{rs}}, \quad (2.92)$$

де U_k^{rs} – це утиліта маршруту k для $O - D$ пари (rs) , припускаючи, що корисність найкоротшого маршруту максимальна і дорівнює 1;

p_k^{rs} – ймовірність вибору маршруту k для даного для $i - j$ пари (rs) ;

ΔC_k^{rs} – різниця узагальненої вартості поїздки між найкоротшим маршрутом і маршрутом k , грн.

$$U_k^{rs} = e^{\frac{(\Delta C_k^{rs})^2}{2\sigma^2}}, \quad (2.93)$$

$$\Delta C_k^{rs} = \frac{C_k^{rs} \cdot \Delta C_{\min}^{rs}}{\min\{\delta \cdot C_{\min}^{rs}, \Delta G \cdot C\}}, \quad (2.94)$$

де σ – стандартне відхилення нормального розподілу, яке є константою

О – D парам і може бути проаналізовано і спроектовано через результати оглядів подорожі.

Запропонований авторами [98] метод може бути інтегрований в систему призначення пасажиропотоку метро і моделювання, а також допомогти владі метро забезпечують більш точну інформацію про подорожі наведених для пасажирів.

2.6 Висновки по розділу

1. Проведений аналіз методів моделювання експлуатації засобів транспорту при міжміських пасажирських перевезеннях встановив, що для визначення кількісних параметрів зміни базових показників експлуатації засобів транспорту при міжміських пасажирських маршрутних перевезень доцільно використовувати методи математичного та комп'ютерного моделювання.

2. Визначено в якості базових, показники експлуатації засобів транспорту наступні параметри: кількість пересувань в мережі; обсяг перевезень; коефіцієнт пересаджуваності; транспортну роботу; середню дальність маршрутної їздки; середню дальність мережної їздки; коефіцієнт середньосистемного використання пасажиромісткості; потрібну кількість транспортних засобів.

3. Аналіз методів та моделей розрахунків базових показників експлуатації засобів транспорту при міжміських пасажирських

перевезеннях, що більшість із них є таким, що можуть залежати від кількісних характеристик інших параметрів.

4. Визначено сучасні методи розрахунків розподілу кореспонденції між видами транспорту спираються на вірогідності вибору способу пересування з запропонованих варіантів. При цьому визначення параметрів такої вірогідності запропоновано здійснювати з підходу конкретної ефективності їздки.

5. Результатами проведеного аналізу сучасних методів розрахунку параметрів експлуатації засобів транспорту визначено доцільність використання гравітаційного підходу до питання формалізації пасажирських транспортних кореспонденцій. Встановлено методи для розрахунків перерозподілу пасажиропотоків між альтернативними маршрутами одного різних видів транспорту, які здебільш спираються на урахування значення використання салону, швидкості та часу їздки, територіальної та тарифної доступності.