

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ВДОВИЧЕНКО ВОЛОДИМИР ОЛЕКСІЙОВИЧ



УДК 656.072

**РОЗВИТОК НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСНОВ ВЗАЄМОДІЇ
МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В ТРАНСПОРТНО-
ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛАХ**

Спеціальність 05.22.01 – транспортні системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Нагорний Євген Васильович,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри транспортних технологій.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Лобашов Олексій Олегович,
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, завідувач кафедри транспортних систем і логістики

доктор технічних наук, доцент
Лановий Олександр Тимофійович,
Національний транспортний університет, професор кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху

доктор технічних наук, професор
Алексієв Володимир Олегович, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, професор кафедри інформаційних систем

Захист відбудеться «29» травня 2019 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.059.02 у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті за адресою: вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського національного автомобільно-дорожнього університету за адресою: вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002.

Автореферат розісланий «25» квітня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О.П. Смирнов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Сучасний етап розвитку міських пасажирських транспортних систем характеризується гострою необхідністю реформування, реорганізації та пошуку ефективних методів підвищення якості транспортного обслуговування населення. Потреба у реформуванні міських транспортних систем ґрунтується на вимогах суспільства щодо економії усіх видів наявних ресурсів, зниження негативного впливу транспорту, зростанні вимог населення до міської мобільності та необхідності всестороннього впровадження стратегії сталого розвитку міських середовищ, що спрямована на підвищення якості життя населення та забезпечення розвитку їхнього майбутнього потенціалу.

У структурі транспортної системи міста важливою складовою є транспортно-пересадочні вузли (ТПВ) міського пасажирського транспорту (МПТ), що разом із магістральними транспортними лініями виконують роль основоположних інфраструктурних елементів. Ефективна взаємодія у ТПВ позитивно впливає на якість транспортного обслуговування населення та поряд із завданням підвищення швидкісних режимів руху на маршрутах є дієвим методом скорочення часу переміщення. Аналіз роботи маршрутів МПТ показав, що час простою транспортних засобів (ТЗ) у зупинних пунктах (ЗП) ТПВ доходить до 30 % від загальної тривалості рейсу, а питома вага непродуктивного простою складає майже 60 %. Передусім наявна ситуація значно погіршується конфліктністю взаємодії суб'єктів МПТ, що є наслідком відсутності її чіткої організації. Результатом цього є виникнення тривалих непродуктивних простоїв ТЗ, необхідність компенсації провізних можливостей маршрутів випуском додаткових одиниць рухомого складу, збільшення часу переміщення пасажирів, зниження якості транспортного обслуговування населення, погіршення безпеки дорожнього руху та зростання екологічного забруднення довкілля. Вирішення відокремленого кола проблемних аспектів потребує розвитку досліджень у напрямку розробки та впровадження нових науково обґрунтованих методів та способів організації взаємодії суб'єктів МПТ в ТПВ, що спрямовані на підвищення ефективності їхнього функціонування та забезпечення всесторонньої реалізації стратегії сталого розвитку міст.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана згідно з Транспортною стратегією України на період до 2030 року; стратегічними напрямками розвитку транспортної галузі України у післякризовий період; Концепцією сталого розвитку населених пунктів, схваленою постановою Верховної Ради України від 24 грудня 1999 року; Муніципальними програмами сталого розвитку міст України та регіональними програмами розвитку міського пасажирського транспорту. Відповідає сучасним тенденціям забезпечення сталого розвитку транспортних систем, сформованим у Білій книзі Європейської Комісії «План розвитку Єдиного європейського транспортного простору – на шляху до конкурентоспроможної та ресурсоефективної транспортної системи».

Дисертаційна робота є складовою частиною досліджень Харківського національного автомобільно-дорожнього університету з науково-дослідницьких тем: «Розробка схеми маршрутів пасажирського транспорту міста Мелітополь» (ДР №0103U002521); «Розробка раціональної маршрутної мережі міського пасажирського транспорту м. Кривий Ріг» (ДР №0108U006960); «Підвищення ефективності функціонування міських пасажирських систем з позиції стійкого розвитку» (ДР №0115U003264).

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення сервісно-ресурсних параметрів функціональної сталості транспортно-пересадочних вузлів МПТ.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати тенденції розвитку сучасних міських пасажирських транспортних систем та обґрунтувати напрямок підвищення ефективності ТПВ;
- розробити методологію оцінювання інтегральної ефективності елементів МПТ із багаторівневої позицій їхнього розгляду у структурі міського середовища;
- сформуванати концепцію підвищення сервісно-ресурсних параметрів взаємодії суб'єктів МПТ у ТПВ за умови забезпечення їхньої відповідності загальноутворювальному характеру сталого розвитку міського середовища;
- на основі аналізу структури технологічних операцій, що реалізуються в ТПВ виділити характеристичні умови ефективної взаємодії суб'єктів обслуговуючого та споживчого потоків;
- у межах виділеної багаторівневої структури представлення МПТ сформуванати комплекс керуючих дій, спрямованих на підвищення ефективності функціонування ТПВ;
- для оцінювання ефективності запропонованих керуючих дій щодо стабілізації внутрішніх технологічних процесів функціонування ЗП ТПВ розробити імітаційну модель взаємодії суб'єктів обслуговуючого та споживчого потоків;
- провести експериментальні дослідження оцінювання параметрів функціональної сталості ЗП ТПВ для типових умов формування вхідних маршрутних потоків.

Об'єкт дослідження: процес функціонування транспортно-пересадочних вузлів міського пасажирського транспорту.

Предмет дослідження: вплив технологічних параметрів та умов взаємодії суб'єктів міського пасажирського транспорту на функціональну сталість транспортно-пересадочних вузлів.

Методи дослідження. При вивченні робіт попередніх дослідників та визначенні наукової проблеми використано методи аналізу та синтезу; під час виділення рівнів представлення МПТ застосовано методологію багаторівневої ієрархії та положення теорії складних систем; теоретичні основи формування функціональної сталості ТПВ розроблено з використанням теорії масового обслуговування; теорія ризику та теорія нечітких множин застосовані для оцінювання стабілізації технологічних процесів; генетичні алгоритми

використані для розробки методики слот-координації розкладу руху; для типового розподілу ЗП ТПВ використаний кластерний аналіз; для визначення допустимих меж ресурсного забезпечення ЗП використано методи математичного програмування та імітаційного моделювання; обробка результатів експериментальних досліджень проводилася із використанням кореляційно-регресійного аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розробці науково-практичного підходу до організації взаємодії суб'єктів МПТ в ТПВ із позицій забезпечення їхньої функціональної сталості, що дозволило вирішити актуальну наукову проблему підвищення ефективності функціонування об'єктів пасажирської транспортної інфраструктури.

Важливі наукові рішення, що запропоновані в процесі досліджень і визначають новизну дисертації, полягають у такому:

вперше:

- розроблено методологію багаторівневого аналізу МПТ, що на відміну від існуючих, забезпечила його розгляд з позиції елементної інтеграції у структурі міського середовища, чим дозволило обґрунтувати міжрівневі принципи підвищення ефективності функціонування об'єктів інфраструктури МПТ, які ґрунтуються на необхідності скорочення протиріч між суб'єктами взаємодії, покращення сервісно-споживчої якості транспортного обслуговування, забезпечення раціонального використання ресурсів та формування позитивного впливу на якість життя населення;

- на основі аналізу структурних зв'язків сформовано інтегральну оцінку ефективності елементних компонентів МПТ яка відрізняється від існуючих рівнем ієрархії представлення сервісно-ресурсних параметрів, обліком їхніх міжрівневих конфліктів та компромісів, що дозволило забезпечити реалізацію процедури обґрунтованої квантифікації локальних цілей об'єктів інфраструктури в межах єдиного функціонального простору;

- сформована концепція функціональної сталості об'єктів інфраструктури МПТ, яка ґрунтується на представленні її оцінювання через параметризацію сервісно-ресурсного стану суб'єктів взаємодії, що на відміну від існуючих, дозволило за рахунок забезпечення максимальної відповідності наявної технічної пропозиції маркетинговим вимогам споживчої підсистеми підвищити якість транспортного обслуговування пасажирів;

- розроблено методологію вдосконалення взаємодії суб'єктів маршрутного потоку в ТПВ, що відрізняється від існуючих реалізацією в межах адаптаційного циклу управління сукупності дій, спрямованих на встановлення раціональної тривалості сервісного простору ТЗ, розподіл наявних ресурсних можливостей ЗП, слот-координацію розкладу руху та забезпечує підвищення рівня функціональної сталості ТПВ без конструктивної зміни їхніх елементів;

удосконалено:

- метод узгодження розкладу руху на маршрутах МПТ, що на відміну від існуючих, забезпечує координацію за рахунок погодження допустимої тривалості перебування ТЗ у ТПВ;

– метод організації технологічних процесів функціонування ЗП ТПВ, який, на відміну від відомого, забезпечує облік впливу сервісного простою ТЗ на скорочення часу пересадки пасажирів;

отримали подальший розвиток:

– теорія оцінювання якості МПТ, що на відміну від відомих досліджень, ґрунтується на принципах обліку його сервісної відповідності та дозволяє встановити характеристичний вплив параметрів технічної пропозиції на рівень задоволення соціально-маркетингових потреб пасажирів;

– теорія моделювання МПТ, що на відміну від існуючих, враховує міжрівневий вплив параметрів взаємодії суб'єктів маршрутного потоку в ТПВ на ресурсні показники маршрутів.

Практичне значення отриманих результатів.

Основні результати дисертації можуть використовуватися для підвищення сервісно-ресурсної ефективності об'єктів інфраструктури МПТ. Запропоновані в дисертації наукові положення, розробки та рекомендації впроваджені:

– управлінням транспортної, дорожньої інфраструктури і зв'язку Херсонської міської ради для оптимізації розкладу руху в межах елементів транспортної системи м. Херсон;

– ПАТ «Харківське підприємство автобусних станцій» для організації технологічного процесу роботи «Харківської АС-1»;

– ПАТ «Північтранс» під час координації розкладу руху на міських автобусних маршрутах підприємства у м. Кривий Ріг;

– ТОВ «Експрес» для розробки розкладу руху транспортних засобів на автобусних маршрутах підприємства у м. Харків;

– у навчальному процесі Харківського національного автомобільно-дорожнього університету під час підготовки фахівців за спеціальністю 275 «Транспортні технології».

Особистий внесок здобувача. Положення та результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані автором самостійно. Особистий внесок дисертанта в колективних публікаціях полягає в такому: розроблено методика збору інформації про параметри транспортної мережі [2]; визначено межі стійкості системи [3]; сформовано математичну модель розподілу [4]; розроблено методика аналізу маршрутної мережі [5]; формалізовано алгоритм оцінки розподілу ресурсів [6]; сформовані принципи функціонування ТПВ МПТ із позицій сталого розвитку [7]; виділено форму багаторівневої квантифікації МПТ [9]; виділено структурний зв'язок впливу чинників зовнішнього середовища на ефективність функціонування ТПВ [13]; розроблено математичну модель функціонування ЗП [14]; сформована логічна модель зміни якості транспортного обслуговування населення [26]; розроблено математичну модель оцінювання ефективності роботи маршруту [32]; визначена структура та принципи організаційної взаємодії МПТ в ТПВ [33]; встановлені теоретичні закономірності перерозподілу пасажиропотоків між маршрутами МПТ [36]; формалізовано складові критерія ефективності

взаємодії МПТ [41]; розроблено структурну модель міської пасажирської транспортної системи [42]; розроблено математичну модель формування множини альтернативних станів МПТ [43]; сформовано соціально-технічну модель представлення МПТ [44]; виділено основні стратегічні тенденції розвитку міського громадського пасажирського транспорту [45]; розроблено адресні проекти перевезень [46], сформовано алгоритм узгодження МПТ з елементами вулично-дорожньої мережі [47], розроблено критерій синхронізації [48], розроблено алгоритм оцінювання якості [51].

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на таких конференціях: 78-82-й науково-технічних конференціях Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (Харків, 2012 – 2018), V Міжнародній науково-практичній конференції «Логістика промислових регіонів» (Донецьк, 2013), V Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики» (Луганськ, 2013), VIII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Підвищення надійності машин і обладнання» (м. Кіровоград, 2014), Міжнародній науково-практичній конференції «Інтеграційні процеси й інноваційні технології» (Харків, 2014), III Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (Вінниця, 2015), IV Всеукраїнській науково-практичній конференції «Перспективи розвитку транспортного комплексу (Проблеми управління, економіки, екології та права щодо розвитку транспортного комплексу України)» (м. Дніпропетровськ, 2015), Міжнародній науково-практичній конференції «Міжнародні транспортні коридори та корпоративна логістика» (Харків, 2015), Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы транспорта и управления перевозочным процессом» (Гомель, Белоруссия, 2015), International research and practice conference «Scientific and practical solution of the food, energy and socio-economic problems of society in terms of financial and economic crisis» (Olsztyn, Poland, 2015), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні» (Львів, 2016), IV Науковій конференції «Фундаментальні та прикладні дослідження у сучасній науці» (Харків, 2016), Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми в сферах науки та шляхи їх вирішення» (Одеса, 2016), IV Міжнародній інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту» (Вінниця, 2016), International Scientific Conference «Innovative Economy: Processes, Strategies, Technologies» (Kielce, Poland, 2017), The international research and practical conference «The development of technical sciences: problems and solutions» (Brno, the Czech Republic, 2018), VI Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту» (Вінниця, 2018).

Дисертаційна робота в повному обсязі доповідалась на науковому семінарі кафедр ХНАДУ: транспортних технологій, транспортних систем і логістики, організації і безпеки дорожнього руху (м. Харків, 7.06.2018 р.).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 51 науковій праці, у тому числі: 1 монографія, 27 статей у наукових фахових виданнях України та інших держав (з них 18 у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз, у тому числі 2 статті у виданнях, що індексуються у Scopus); 15 тез у збірниках доповідей наукових конференцій, 3 публікації у інших виданнях, отримано 5 свідоцтв авторського права.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи складає 472 сторінки, у тому числі основного тексту 272 сторінки і 14 сторінок, площа яких повністю зайнята рисунками та таблицями. Робота ілюстрована 93 рисунками, наведено 37 таблиць. Додатки розміщені на 119 сторінках. Перелік використаних літературних джерел складається із 347 найменувань на 37 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і завдання, визначено об'єкт та предмет дослідження; описано основні методи досліджень; указано на зв'язок із науковими програмами, планами, темами; викладено основні положення наукової новизни та практичної цінності; надано інформацію про апробацію та публікацію результатів дисертації.

У першому розділі «Сучасний стан організації та управління міськими пасажирськими транспортними системами» розкрито характеристики об'єкта та предмета дослідження, проведено аналіз сучасних проблем міських транспортних систем, актуалізовано роль ТПВ у забезпеченні ефективності МПТ та наведені основні сучасні напрями підвищення якості транспортного обслуговування населення.

Дослідженням різних аспектів організації та управління міськими пасажирськими транспортними системами свого часу займалися такі науковці: Алексієв В.О., Блудян Н.О., Ваксман С.А., Герамі В.Д., Горбачов П.Ф., Давідіч Ю.О., Далека В.Х., Доля В.К., Древаль І.В., Зирянов В.В., Корягин М.Е., Коцюк О.Я., Лобашов О.О., Лановий О.Т., Маруніч В.С., Міротін Л.Б., Нагорний Є.В., Рейцен Є.О., Самойлов Д.С., Сафронов Е.О., Шабанов А.В., Якунина Н.В., Якимов М.Р., Федоров В.А., Black A., Ceder A., Vuchic V., Lohse D., Hickman R., Vanister D., Hjorthol R., Church A., Pelletier M., Keraptsoglou K, Hensher D., Curtis C., Shafahi Y., Hjorthol R., Church A. та ін. Аналіз фундаментальних проблем розвитку міського транспортного комплексу та ролі МПТ у їхньому розв'язанні, дозволив відокремити спектр сучасних стратегічних завдань, вирішення яких уможливорює зреалізувати на практиці концепцію сталої міської транспортної системи. Така стратегія передбачає орієнтацію всіх форм та видів керуючих дій на підвищенні якості транспортного обслуговування населення та зниженні негативного впливу транспорту на міське середовище (МС). Важливим складником якості життя населення є доступна мобільність, що повинна реалізовуватися за умов мінімізації витрат ресурсів, зниження негативного екологічного впливу

транспорту та підвищення рівня його безпеки. Ефективним способом забезпечення доступною мобільністю населення в межах існуючих ресурсних можливостей міст є створення сталих транспортних систем на базі МПТ. Такі системи забезпечують упровадження ресурсоощадних технологій транспортного обслуговування, дають можливість ефективно використовувати наявну транспортну інфраструктуру міста, знижують негативне навантаження на екосистему, що в комплексі значно підвищує життєвий потенціал МС. Основним завданням МПТ у межах формування сталої транспортної системи є:

- інтеграція у простір МС як системоутворювального елемента;
- пошук раціональних варіантів структурної організації міського транспорту як єдиного цілого;
- формування ефективної взаємодії споживачів транспортних послуг з обслуговуючою підсистемою;
- упровадження ефективних методів організації взаємодії суб'єктів МПТ у межах існуючих об'єктів інфраструктури;
- раціональне використання ресурсів;
- зниження негативного впливу на МС.

Вирішення виділених завдань потребує формалізації інтеграційної форми представлення МПТ у структурі МС. Існуючі підходи до розгляду МПТ як системи обмежуються його внутрішнім простором, повною мірою не враховують характер та рівень взаємозв'язків з елементами пасажирської транспортної інфраструктури, вулично-дорожньою мережею (ВДМ), середовищем міста та потребують подальшого розвитку. Представлення МПТ із системоутворювальних позицій повинно ґрунтуватися на обліку відповідності принципам сталого розвитку МС, забезпечувати можливості стабілізації технологічних процесів та бути адаптованою до впровадження інтелектуальних систем управління.

Огляд практичного досвіду організації роботи ТПВ доводить, що основними сучасними та перспективними напрямками її удосконалення є: архітектурно-планувальна реконструкція, раціональний розподіл внутрішніх потоків, розвиток мультимодальних та інтермодальних форм організації, координація руху ТЗ, упровадження єдиної системи управління. Аналіз наукових робіт з організації взаємодії в ТПВ показав, що існуючі параметри оцінювання її ефективності не структуровані відносно сервісно-ресурсних умов роботи МПТ, відсутня формалізація впливу тривалості перебування ТЗ в ЗП на непродуктивні простої та чинники небезпеки руху, показники обслуговування пасажирів не обґрунтовані відносно соціально-маркетингових вимог та умов забезпечення якості транспортного обслуговування. Серед основних актуальних напрямів удосконалення функціонування ТПВ на особливу увагу заслуговує необхідність розробки науково обґрунтованих методів стабілізації технологічних процесів взаємодії суб'єктів МПТ за рахунок встановлення раціональних часових параметрів перебування ТЗ в ЗП, їхнього погодження з вимогами споживачів, провізними можливостями маршрутів, пропускнуою спроможністю ВДМ та умовами безпеки руху.

У другому розділі «Методологія багаторівневого аналізу ефективності міського пасажирського транспорту» виділені рівні представлення МПТ, проведено аналіз структури міжрівневих зв'язків, сформовано принципи інтегрального оцінювання ефективності, формалізовано соціально-маркетингове оцінювання якості транспортного обслуговування та визначено базові передумови підвищення ефективності функціонування об'єктів інфраструктури (ОІ) МПТ.

Дослідження ефективності має на меті усестороннє оцінювання поточного стану, визначення на його основі стратегії переходу МПТ на новий якісний рівень, при якому забезпечується можливість удосконалення та погодження сервісно-ресурсних параметрів з умовами сталого розвитку МС. Для складних систем, до яких відноситься МПТ, визначення ефективності є не простим завданням та може бути вирішене за допомогою багаторівневого структурно-ієрархічного аналізу. Виділені базові методологічні рівні дослідження МПТ (елементний, агрегативний, системний, метасистемний) дозволяють відобразити його ієрархічне представлення в складі МС (рис. 1).

4 рівень	Метасистемний	Метасистема	Міське середовище
3 рівень	Системний	Система	Міська транспортна система
2 рівень	Агрегативний	Структура	Маршрутна мережа МПТ
1 рівень	Елементний	Об'єкт	Об'єкти інфраструктури МПТ

Рисунок 1 – Методологічні рівні дослідження МПТ

Ієрархічне представлення МПТ у складі МС реалізується у формі згортки, за якої елемент нижнього рівня є частиною вищого рівня. Стан метасистеми при цьому визначається сукупністю параметрів внутрішніх елементів

$$S_c = \left\{ s_c^p \mid s_c^p \in S_c^c \wedge s_t^p \in S_t^c \wedge s_u^p \in S_u^c \wedge s_e^p \in S_e^c \right\}, \quad (1)$$

де s_c^c , s_t^c , s_u^c , s_e^c – параметри, що визначають стан МС, міської транспортної системи, маршрутної мережі та ОІ МПТ.

Важливою вимогою опису ефективності МПТ є облік сервісно-ресурсного балансу, який спільно з умовами зниження негативного впливу є основоположним принципом формування сталого розвитку. Дослідити це можливо через подання структури ефективності у вигляді функціоналу

$$E_k = \Phi(A_k^o, R_k^a, G_k^m), \quad (2)$$

де A_k^o – результат функціонування; R_k^a – витрати ресурсів для отримання результату A_k^o ; G_k^m – чинники впливу.

Інтеграційний принцип багаторівневої оцінки ефективності МПТ забезпечує її облік для всіх рівнів у межах загального метасистемного ефекту

$$E_c \supseteq E_t \supseteq E_u \supseteq E_e, \quad (3)$$

де E_c , E_t , E_u , E_e – ефективність МС, транспортної системи, маршрутної мережі та ОІ МПТ.

Особливої уваги при забезпеченні інтегральної ефективності МПТ слід приділяти її збалансованості, що досягається обліком конфліктів та компромісів. Модель міжрівневих переваг як інструмент квантифікації цілей окремих елементів метасистеми, ґрунтується на зіставленні альтернатив k -го рівня, відносно мети рівня $k+1$, через встановлення таких співвідношень: перевага, недолік, еквівалентність та неможливість зіставлення. На основі їхнього обліку сформована порівняльна модель оцінювання альтернативних станів елементів відносно умов підвищення ефективності вищого рівня

$$S_k^{i M_{k+1}} > S_k^j \Rightarrow E_{k+1}^i(A_{k+1}^{oi}, R_{k+1}^{ai}, G_{k+1}^{mi}) > E_{k+1}^j(A_{k+1}^{oj}, R_{k+1}^{aj}, G_{k+1}^{mj}), \quad (4)$$

де $E_{k+1}^i(A_{k+1}^{oi}, R_{k+1}^{ai}, G_{k+1}^{mi})$ – ефективність рівня $k+1$, що досягається за рахунок реалізації i -го варіанта керуючих дій на рівні k ; $E_{k+1}^j(A_{k+1}^{oj}, R_{k+1}^{aj}, G_{k+1}^{mj})$ – ефективність рівня $k+1$, що досягається за рахунок реалізації j -го варіанта керуючих дій на рівні k , $S_k^{i M_{k+1}} > S_k^j$ – перевага i -го варіанта над j -м відносно досягнення мети рівня $k+1$.

Вибір варіанта керуючих дій шляхом побудови графа конгруентності міжрівневих зв'язків не дозволяє вирішувати задачі параметричного опису альтернатив та потребує переходу від бінарних співвідношень до визначення переваг за показниками критеріїв ефективності. При погодженні міжрівневих цілей у межах інтегральної ефективності, оцінка її прирощення описується обліком функції придатності резервів ресурсів

$$\omega_k^{Pr} = \left\{ k_k^r \mid k_k^r \in R_n^a \right\}, n = \overline{1, k}, \quad (5)$$

де k_k^r – область допустимих значень резерву ресурсу; R_n^a – ресурсні можливості які входять у коло, описане радіусом допустимих значень; k – кількість рівнів представлення МПТ.

Ресурсні можливості елементів оцінюються коефіцієнтом резерву який відображає ефективність їхнього використання

$$k_k^r = \max\left(1 - \frac{R_k^a}{R_k^u}; 0\right), \quad (6)$$

де R_k^u – доступний обсяг ресурсу.

Інтегральна ефективність МПТ представляється у вигляді суми базової елементної компоненти та додаткової міжрівневої функції її прирощення

$$E_k^s = E_e + \sum_{i=1}^n \omega_{i+1} \cdot \Delta E_{i+1}, n = \overline{1, m}, \quad (7)$$

де E_e – елементна компонента ефективності; ω_{i+1} – ступінь відповідності отриманого приросту ефекту резервам ресурсів рівня $i+1$; ΔE_{i+1} – приріст ефективності рівня $i+1$, що досягається за рахунок елементного рівня МПТ; m – загальна кількість рівнів прирощення ефективності.

Результативним складником оцінювання ефективності МПТ є показники сервісної якості. Зв'язок між якістю та корисними властивостями транспортних послуг формується через встановлення відповідності технічної пропозиції та умов її реалізації соціально-маркетинговим вимогам пасажирів (рис. 2).

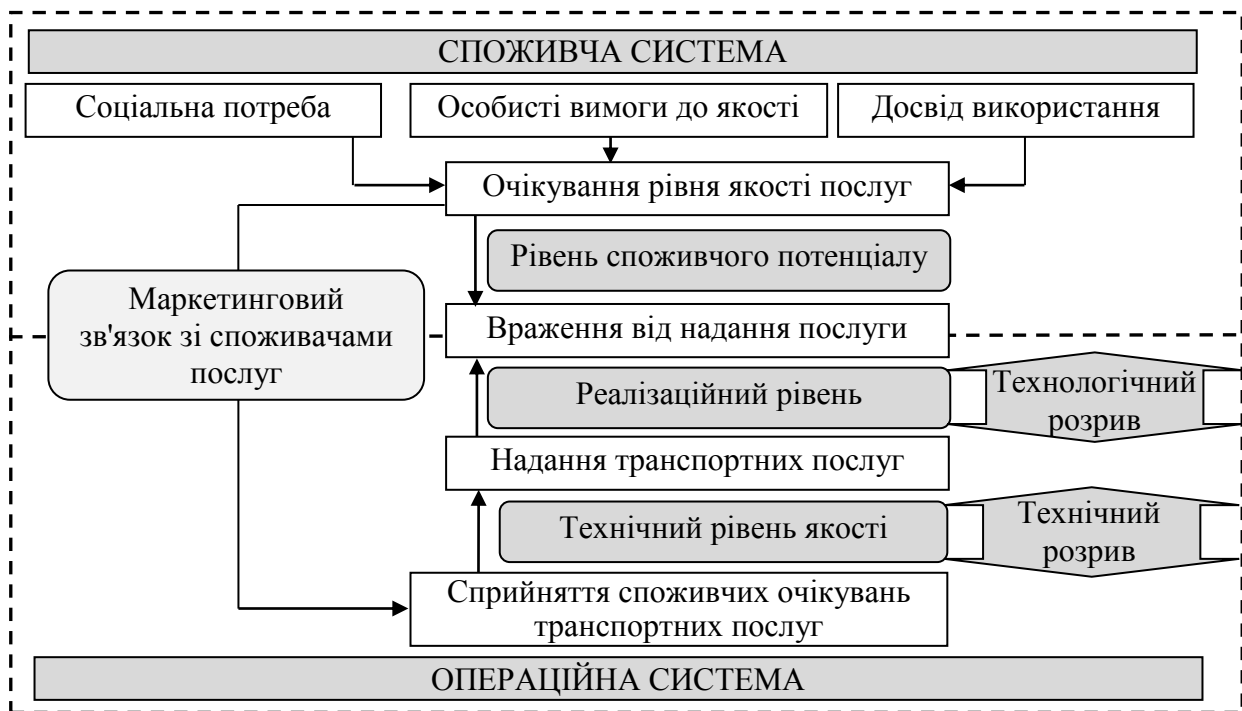


Рисунок 2 – Структура формування сервісної якості транспортних послуг

Технічний рівень характеризується наявними виробничими можливостями транспортних підприємств, а реалізаційний рівень - умовами їхнього використання. Виходячи з соціально-маркетингових принципів, максимальний рівень якості транспортного обслуговування досягається відсутністю технічних та технологічних розривів. Рівень якості транспортних послуг визначається значенням загального розриву

$$A_q^{PT} = 1 - \Delta A_{gs}^{w-p} - \Delta A_{gs}^{p-r} = 1 - \max(0, A_q^w - A_q^p) - \max(0, A_q^p - A_q^r), \quad (8)$$

де ΔA_{gs}^{w-p} , ΔA_{gs}^{p-r} – рівень технічного та технологічного розриву; A_q^w – рівень якості, що відповідає соціально-маркетинговим потребам пасажирів; A_q^p , A_q^r – рівень якості, що забезпечується технічними та реалізаційними можливостями МПТ.

Рівень якості визначається показниками маркетингових стимулів які обираються за умов відповідності існуючим критеріям (табл. 1).

Таблиця 1 – Маркетингові стимули сервісної якості транспортних послуг

Критерії якості	Властивості	Показники оцінювання
Точність	Відхилення тривалості послуги	Тривалість
Стабільність	Реалізація переміщення в плановому часі	Своєчасність
Відповідальність	Спроможність отримання послуги у разі виникненні перебоїв у роботі	Організованість
Продуктивність	Впевненість реалізації послуги	Доступність
Гармонійність	Узгодження руху в часі	Інформативність
Ергономічність	Рівень відповідності потребам споживачів	Комфортність
Гарантованість	Усвідомлення відсутності заподіяння шкоди здоров'ю	Безпечність
Екологічність	Негативний вплив на довкілля	Викиди

Процедура оцінювання якості реалізується встановленням рівня відповідності параметрів фактичної реалізаційної пропозиції маркетинговим вимогам пасажирів. Представлені показники маркетингових стимулів розподілені за методологічними рівнями МПТ. Для об'єктів інфраструктури оцінювання якості проводиться за тривалістю пересадки пасажирів; для маршрутної мережі – за своєчасністю, доступністю, інформативністю, комфортністю.

Якість міської транспортної системи характеризується її спроможністю перетворювати невпорядкований рух ТЗ у цілісний процес та відображається рівнем організованості окремих елементів ВДМ

$$A_{qog}^t = 1 - l_{qdf}^t, \quad (9)$$

де l_{qdf}^t – рівень дисфункції елементів ВДМ.

Показники безпечності МПТ та екологічного забруднення відносяться до метасистемного рівня. Їхній вплив на результат метасистеми описується логічними зв'язками сформованими у диз'юнктивній нормальній формі, що дало можливим представити вплив МПТ на метасистему у вигляді функції

$$A_q^c = (1 - P(\overline{M}_{1-2})) \cdot (1 - P(\overline{M}_{1-4})) \cdot (1 - P(\overline{M}_{1-5})), \quad (10)$$

де $P(\overline{M}_{1-2})$, $P(\overline{M}_{1-4})$, $P(\overline{M}_{1-5})$ – рівень негативного впливу МПТ на економічне, екологічне та соціальне середовище.

Наявність складних зв'язків призводить до того, що апріорне формування керуючих впливів у межах окремого рівня МПТ не гарантує одержання позитивного приросту міжрівневої складової ефективності. У такому випадку потрібне формування критерію, що містить як формальні, так і діалектичні судження щодо вибору сукупності керуючих дій. Виділена в роботі послідовність етапів формування інтегральної ефективності МПТ ґрунтується на представленій формалізації моделі проблемної ситуації.

У **третьому розділі** «Концепція функціональної сталості об'єктів інфраструктури міського пасажирського транспорту» описано загальні уявлення про закономірності формування сталого МПТ, визначено характеристичний вплив дестабілізації технологічних процесів на сталість функціонування ОІ, відокремлено умови підвищення ефективності взаємодії, сформовано загальні принципи сервісно-ресурсного моделювання МПТ.

Загальна структура сталості МПТ представляється сукупністю концептів: ресурсів, результатів та негативних наслідків (табл. 2).

Таблиця 2 – Структура концептів МПТ

Методологічний рівень	Ресурси	Результати	Негативні наслідки
Міське середовище	Територіальний простір міста, економічні ресурси	Цільова кон'юнкція сталого розвитку МС	Екологічне забруднення, дорожня аварійність
Міська транспортна система	Пропускна спроможність ділянок та вузлів ВДМ	Організованість транспорту	Структурна невідповідність ВДМ
Маршрутна мережа МПТ	Провізні можливості маршрутів	Сервісна якість транспортних послуг	Зниження техніко-реалізаційної пропозиції
Об'єкти інфраструктури	Пропускна спроможність ЗП	Витрати часу пасажирів	Дестабілізація функціональності

Негативні наслідки, що виникають в ОІ МПТ, розподіляються на внутрішні (у межах ЗП) та зовнішні (маршрутна мережа, транспортна система, міське середовище). До внутрішніх відноситься дестабілізація функціональності ЗП, що призводить до збільшення часу простою ТЗ. Зовнішні негативні наслідки пов'язані зі зниженням провізних можливостей маршрутів, тимчасовим блокуванням проїжджої частини ВДМ, додатковими екологічними викидами та виникненням конфліктів руху у зоні ЗП. Стратегія сталого МПТ

передбачає обмеження негативних наслідків у межах компенсації внутрішніми можливостями ОІ та ґрунтується на необхідності забезпечення сервісно-ресурсних умов їхньої функціональної сталості.

Функціональна сталість ОІ відображає їхні властивості зберігати під час внутрішніх та зовнішніх впливів, протягом періоду який зіставлений з часом, що змінює систему, рівноважний гомеостатичний стан сервісно-ресурсних параметрів, внутрішньої структури, характеру функцій та забезпечує їхню відповідність умовам сталого розвитку МС. Виділення меж характеристичних сервісно-ресурсних просторів дозволило зреалізувати графічну інтерпретацію функціональної сталості ОІ (рис. 3).

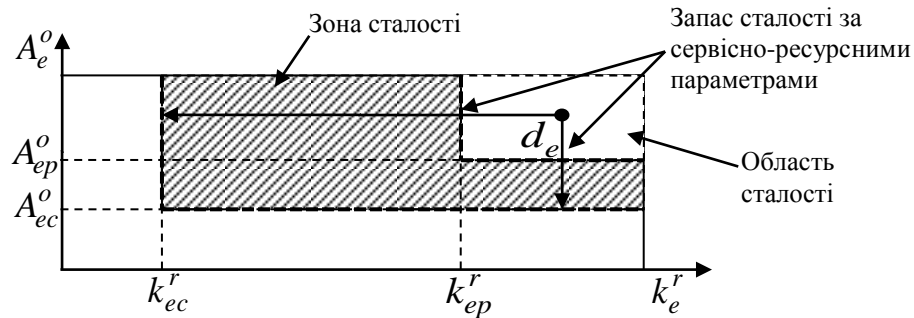


Рисунок 3 – Графічне представлення функціональної сталості

Важливим етапом оцінювання функціональної сталості ОІ є встановлення сервісно-ресурсних умов стабілізації внутрішніх технологічних процесів, що обумовлено динамічним характером їхнього протікання. Стабілізація процесів впливає на властивості забезпечення якості обслуговування та визначається умовами критичності сервісно-ресурсних параметрів

$$C_e^b = \inf \left(\rho_{ec}^r(k_{ec}^r, A_{ec}^o) \right), k_{ec}^r \in R_e^a, A_{ec}^o \in A_e^o, \quad (11)$$

де ρ_{ec}^r – критичний рівень сервісно-ресурсних параметрів стабілізації; k_{ec}^r, A_{ec}^o – допустимі значення резервів ресурсів та результатів; R_e^a, A_e^o – межа допустимих значень резервів ресурсів та результатів.

Загальна схема функціональної сталості ґрунтується на її параметризації сукупністю множин: вихідних даних (H^e), простору рішень (Z^e), відображення вихідних даних на простір рішень (F^e), рівня сталості (D^e), допустимих відхилень (O^e), сервісно-ресурсних параметрів (V^e). Ключовою категорією оцінювання функціональної сталості ОІ є її область, що знаходиться в межах відповідної зони. Область характеризується інтервалом значень сервісно-ресурсних параметрів, за яких забезпечується відповідність вимогам сталого розвитку МС та встановлюється множиною допустимих відхилень на просторі вихідних даних

$$O_a^e = \left\{ o_a^e(h_e, v_e) \mid h_e \in H^e, v_e \in V^e \right\}, \quad (12)$$

де o_a^e – сукупність допустимих відхилень; h_e – вихідні дані; v_e – сервісно-ресурсні параметри функціонування ОІ.

Відповідність умовам сталого розвитку МС оцінюється обліком впливу ОІ на безпеку руху та екологічні викиди МПТ. В основі оцінювання екологічного впливу використовується стандартизований підхід до аналізу транспортних проектів *EcoTransit World*, в якому екологічна відповідність ОІ визначається умовами ліквідації непродуктивних простоїв ТЗ як джерела виникнення додаткових шкідливих викидів. Оцінювання безпеки руху проводиться виходячи з мінімаксної (песимістичної) моделі в якій показник небезпеки представляється функцією ймовірності настання аварійної події

$$B_b = \sum_{i=1}^{q_e^{st}} \min_{q_i \in Q_e^{st}} \max_{p(u_i) \in P_e^{st}} \int U(u_i) P(u_i) du_i \quad (13)$$

де q_e^{st} – кількість чинників небезпеки; $U(u_i)$ – функція виникнення чинника небезпеки; $P(u_i)$ – функція розподілу величини виникнення аварійної події; Q_e^{st} – множина параметрів ОІ, що впливають на безпеку руху; P_e^{st} – щільність розподілу настання аварійних подій.

Стабілізація процесів у межах ОІ є необхідною умовою їх відповідності зоні функціональної сталості. Ризик дестабілізації – це можливість виникнення конфліктної ситуації між суб'єктами взаємодії, що призводить до дефекту, збою або відмови. Відповідно до теорії ризику сформована типова крива розподілу ймовірності дестабілізації взаємодії (рис. 4).

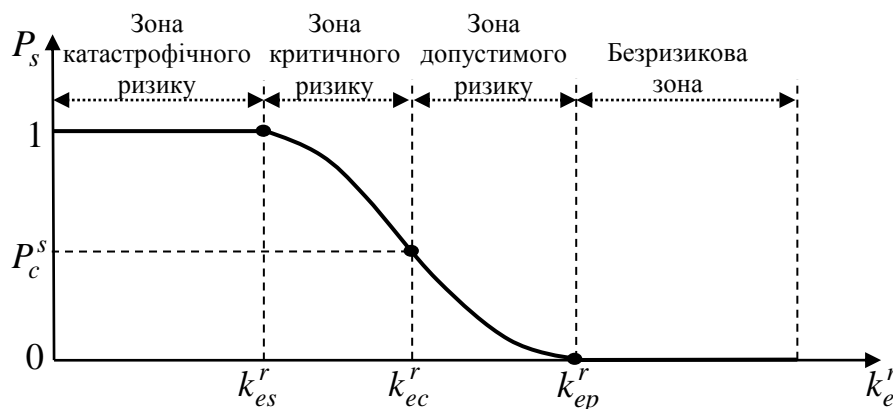


Рисунок 4 – Типова крива розподілу ймовірності дестабілізації взаємодії

Умова стабілізації взаємодії ОІ зважаючи на показники ризику та критерій їхньої граничності має вигляд

$$k_e^r(x_n) \geq k_{ec}^r, \quad (14)$$

де $k_e^r(x_n)$ – рівень резерву ресурсу ОІ в точці x_n ; k_{ec}^r – граничний рівень резерву ресурсу.

Базовою одиницею взаємодії є суб'єкт, що в ОІ може перебувати в одному з п'яти станів: стаціонарний (без конфлікту) (S_s^f), конфлікт (S_s^l), дефект (S_s^p), збій (S_s^c), відмова (S_s^s). Перехід між станами у напрямку дестабілізації ($S_s^f \rightarrow S_s^s$) відбувається під дією простіших потоків з інтенсивністю, що визначається параметрами вхідного маршрутного та споживчого потоку. Перехід у напрямку стабілізації ($S_s^s \rightarrow S_s^f$) досягається потоком обслуговування, що відображає рівень пропускної спроможності ЗП. Оцінити стан суб'єкта взаємодії можна зважаючи на фактичний час перебування ТЗ в ОІ

$$\begin{aligned} t_{s_i}^d \leq t_{s_i}^{df} \Rightarrow S_{s_i} = S_s^f; t_{s_i}^{df} < t_{s_i}^d \leq t_{s_i}^{dl} \Rightarrow S_{s_i} = S_s^l; t_{s_i}^{dl} < t_{s_i}^d \leq t_{s_i}^{dp} \Rightarrow S_{s_i} = S_s^p; \\ t_{s_i}^{dp} < t_{s_i}^d \leq t_{s_i}^{dc} \Rightarrow S_{s_i} = S_s^c; t_{s_i}^{dc} < t_{s_i}^d \Rightarrow S_{s_i} = S_s^s \end{aligned}, \quad (15)$$

де S_{s_i} – стан суб'єкта взаємодії; $t_{s_i}^d$ – фактичний час перебування ТЗ в ОІ, хв.; $t_{s_i}^{df}$, $t_{s_i}^{dl}$, $t_{s_i}^{dp}$, $t_{s_i}^{dc}$ – граничний час при стаціонарному, конфліктному, дефектному та стані збою, хв.

Показником оцінки рівня запасу функціональної сталості, що відображає властивості ОІ протидіяти дестабілізаційним впливам та забезпечувати необхідний результат функціонування, є величина

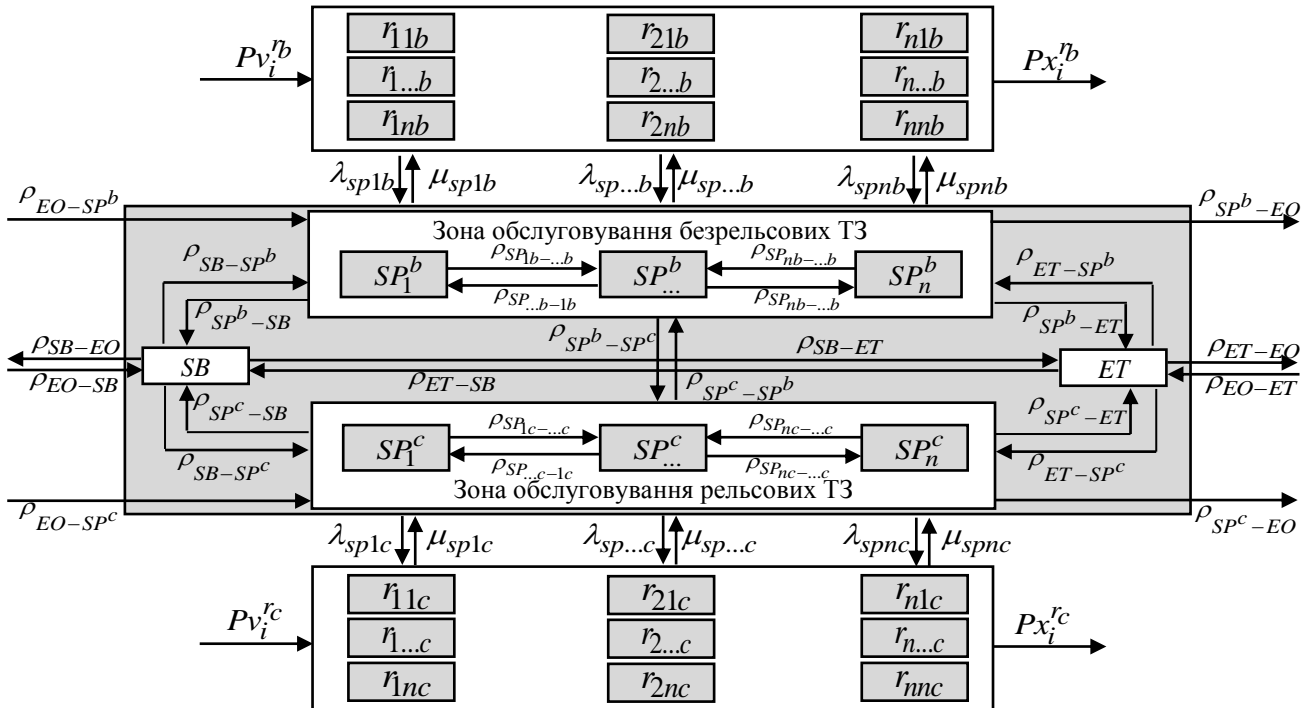
$$U_e(h_e, O_e) = \frac{d_e(z_e, O_e) - d_e^b(h_e, O_e)}{d_e^b(h_e, O_e)} = \frac{d_e(z_e, O_e)}{d_e^b(h_e, O_e)} - 1, \quad (16)$$

де $d_e(z_e, O_e)$ – значення показника функціональної сталості у відповідній точці на просторі вихідних даних під час реалізації керуючого впливу z_e ; $d_e^b(h_e, O_e)$ – абсолютне значення показника функціональної сталості, що досягається на сервісно-ресурсній межі її зони.

Дослідження процесів формування функціональної сталості ОІ потребує використання адекватних моделей, які дають змогу реалізувати процедуру оцінювання ефективності локальних керуючих дій у межах їх впливу на загальну стратегію сталого розвитку МПТ. Для вирішення такого завдання необхідне вдосконалення методів моделювання МПТ, які зорієнтовані на опис зміни сервісно-ресурсних параметрів на всіх рівнях його представлення. Таким засобом є розроблена в роботі сервісно-ресурсна модель МПТ, що складається з ієрархічної композиції топологічної структури та формалізації аналітичних моделей функціональних параметрів.

У четвертому розділі «Моделювання взаємодії суб'єктів міського пасажирського транспорту в транспортно-пересадочних вузлах» сформовано структурну модель ТПВ, відокремлено базові параметри взаємодії, формалізовано критерій та складові елементи оцінки ефективності функціонування ТПВ, визначені умови формування попиту в ЗП.

Структурна модель взаємодії в ТПВ складається зі сукупності елементів, суб'єктів вхідного потоку та контуру їхніх взаємозв'язків (рис. 5).



Умовні позначення: $SP_n^{b,c}$ – ЗП наземного МПТ, SB – станції МПТ позаземного сполучення; ET – станції позаміського сполучення; PV_i^{rb} , PX_i^{rb} – вхідний та вихідний маршрутний потік; r_n – маршрути наземного МПТ; λ_{sp} – вхідний маршрутний потік в ЗП; μ_{sp} – потік обслуговування; $\rho_{SP_1^b \dots b}$ – потік пасажирів

Рисунок 5 – Контур зв'язків структурної моделі ТПВ

Базовим елементом ТПВ є зупинні пункти, а суб'єктами взаємодії виступають ТЗ, що прибувають до нього. Функціонування ТПВ характеризується станом суб'єктів, що визначається параметрами вхідного потоку та рівнем технологічної організації. Кожен суб'єкт вхідного маршрутного потоку описується сукупністю показників: місткістю, рівнем наповнення ТЗ, пасажирообміном, середнім часом посадки – висадки пасажирів. Залежно від розподілу маршрутів у ЗП формуються пред'явлені технологічні вимоги, основною характеристикою яких є загальна тривалість простою ТЗ

$$\lambda_{sp}^t(t) = \sum_{i=1}^{k_r^{sp}(t)} t_{ar_i}^t, \quad (17)$$

де $t_{ar_i}^t$ – час простою ТЗ, с.; $k_r^{sp}(t)$ – кількість рейсів, що прибувають до ЗП протягом періоду t .

Період t складається зі сукупності моментів часу τ , що є його найменшою неподільною частиною. Обслуговуючим потоком виступає пропускна спроможність ЗП, що визначається кількістю місць для ТЗ та тривалістю періоду t . У разі одночасного перебування в ЗП ТЗ у кількості, що перевищує кількість місць, виникає конфліктна ситуація. Передумовами її виникнення є керовані (нераціональний розподіл маршрутів між ЗП, перевищення допустимого рівня завантаження ЗП) та некеровані чинники (коливання рейсового пасажирообміну, рівень заповнення ТЗ, нестабільність інтервалу прибуття). На ступінь конфліктності взаємодії впливає рівень резерву пропускної спроможності ЗП

$$k_{sp}^r(t) = 1 - \frac{\lambda_{sp}^t(t)}{n_{sp} \cdot t}, \quad (18)$$

де n_{sp} – кількість місць у ЗП; t – тривалість періоду, с.

Тривалість конфліктних ситуацій в ЗП визначається сумою бінарних величин, що відображають наявність умов їхнього виникнення

$$t_{sp}^l(t) = \sum_{i=1}^t \max(0, n_{spa}^{\tau_i} - (n_{sp} - n_{sp_s}^{\tau_i})), \quad (19)$$

де $n_{spa}^{\tau_i}$ – кількість ТЗ, що прибувають у ЗП в момент часу τ_i ; $n_{sp_s}^{\tau_i}$ – кількість ТЗ, що перебувають у стані технологічного простою в момент часу τ_i .

Як характеристичні масиви опису поточного стану суб'єктів маршрутного потоку використовуються такі матриці: матриця вимог до тривалості простою ТЗ, типу операцій, кількості ТЗ в ЗП, кількості ТЗ у черзі, типу стану. Розроблена в роботі послідовність визначення елементів матриць дозволяє встановити результативні параметри перебування ТЗ в ТПВ.

Споживчий потік характеризується обсягом пасажирів, накопичених у ЗП ТПВ за період міжрейсового інтервалу. Обсяг пасажирів, які прибувають до ЗП з інших маршрутів, визначається пасажирообміном ТЗ та міжмаршрутною матрицею розподілу пасажиропотоків. Розподіл пасажирів між маршрутами передбачає визначення набору допустимих варіантів реалізації відправлень (v_n^{sp}) та оцінку їх вибору кожним пасажиром. Міжмаршрутний розподіл в ЗП, що представлений у вигляді моделі розподільчого графа (рис. 6), описує процедуру встановлення обсягу відправлення пасажирів для кожного ТЗ залежно від розподілу їх за типами пріоритетів вибору (обирають тільки один маршрут, можуть використовувати будь-який маршрут, обирають з обмеженого переліку маршрутів).

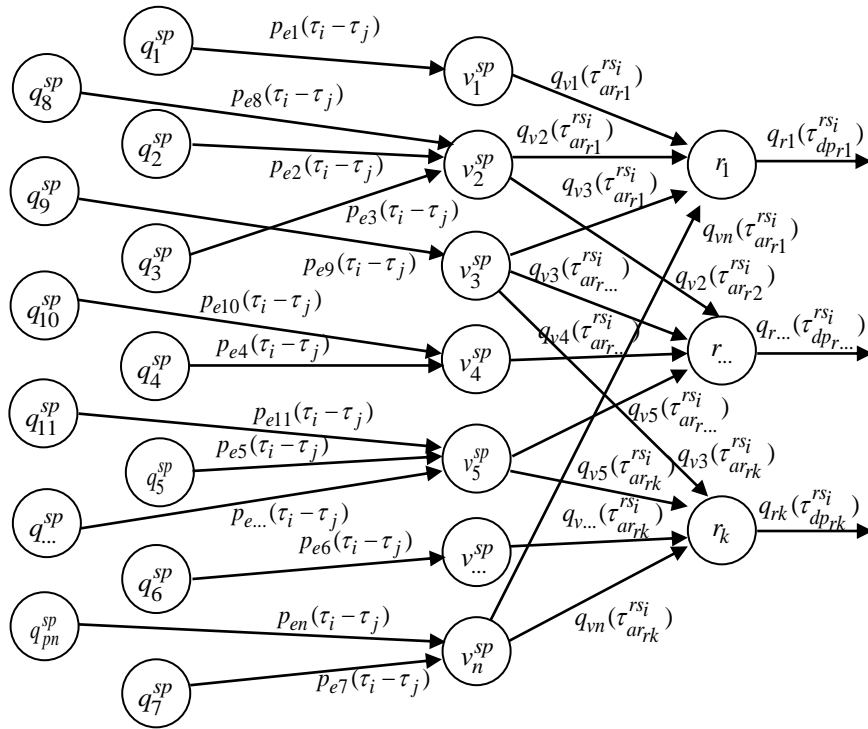


Рисунок 6 – Граф розподілу пасажирів за маршрутами

Рейсовий обсяг відправлення пасажирів у ТЗ визначається у залежності від накопиченого обсягу та закріплення маршруту за пріоритетом вибору

$$q_{rk}^{en}(\tau_{dp_{rk}}^{rs_i}) = \left((1 - \varphi_{dp_{rk}}^{rs_{i-1}}) \cdot q_{rk}^{en}(\tau_{dp_{rk}}^{rs_{i-1}}) + \sum_{x=1}^{v_{rk}^{sp}} q_{sp}^a(\tau_{dp_{rk}}^{rs_{i-1}} - \tau_{dp_{rk}}^{rs_i}) \cdot \rho_{v_n^{sp}}^x \right) \cdot \varphi_{dp_{rk}}^{rs_i}, \quad (20)$$

де $\varphi_{dp_{rk}}^{rs_{i-1}}$, $\varphi_{dp_{rk}}^{rs_i}$ – рівень задоволення потреб рейсом rs_{i-1} та rs_i ; $q_{rk}^{en}(\tau_{dp_{rk}}^{rs_{i-1}})$ – обсяг відправлення рейсом rs_{i-1} , пас.; $q_{sp}^a(\tau_{dp_{rk}}^{rs_{i-1}} - \tau_{dp_{rk}}^{rs_i})$ – обсяг накопичених пасажирів у міжрейсовому інтервалі, пас.; $\rho_{v_n^{sp}}^x$ – питома вага вибору варіанта відправлення; v_{rk}^{sp} – кількість варіантів відправлення, що можуть бути реалізовані маршрутом r_k .

Декомпозиція рівнів інтегральної ефективності МПТ у межах об'єкта дослідження, дозволила представити ефективність ТПВ через упорядкування її ієрархічної структури методом головного критерію. Критерієм оптимізації виступає рівень запасу функціональної сталості ЗП ТПВ

$$U_h(t) = \frac{A_h^{(Z)}(t) \cdot k_h^{r(Z)}(t)}{A_h^{(B)} \cdot k_h^{r(B)}} - 1 \rightarrow \max, \quad (21)$$

де $A_h^{(Z)}(t)$, $k_h^{r(Z)}(t)$ – рівень якості обслуговування та резерву пропускної спроможності ЗП за реалізації керуючого впливу Z ; $A_{th}^{(B)}$, $k_h^{r(B)}$ – рівень якості обслуговування пасажирів та необхідного резерву пропускної спроможності ЗП які відображають межу зони їх функціональної сталості.

Облік міжрівневих умов оцінювання ефективності ТПВ реалізується шляхом встановлення рівня необхідного резерву пропускної спроможності ЗП з урахуванням відповідності зовнішнім ресурсним вимогам

$$k_h^{r(B)} = \max(k_u^r, k_t^r), \quad (22)$$

де k_u^r, k_t^r – граничне значення рівня резерву ЗП, що описує допустимий вплив на провізні можливості маршрутів та пропускну спроможність елементів ВДМ, прилеглих до ЗП.

Рівень якості $A_h^{(Z)}(t)$ визначається ступенем відповідності часу переміщення пасажирів через ТПВ їхнім маркетинговим вимогам

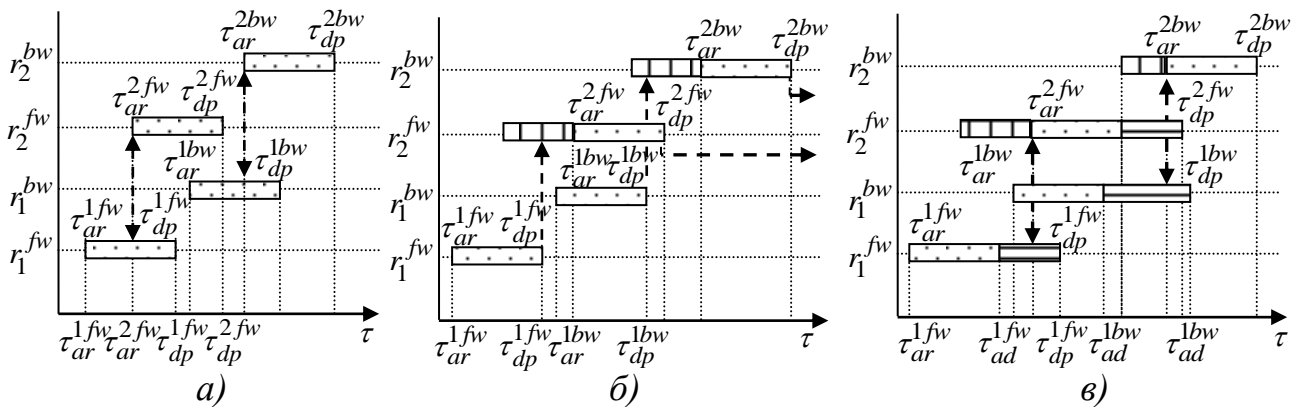
$$A_h^Z(t) = \frac{\sum_{i=1}^{r_n} q_{sp_i}^{st}(t) \cdot \overline{t_{r_i}^{sn(P)}}(t) + \sum_{j=1}^{SP_n} q_{sp_j}^{en}(t) \cdot \overline{t_{th_j}^{tr(P)}}(t)}{\sum_{i=1}^{r_n} q_{sp_i}^{st}(t) \cdot \overline{t_{r_i}^{sn(Z)}}(t) + \sum_{j=1}^{SP_n} q_{sp_j}^{en}(t) \cdot \overline{t_{th_j}^{tr(Z)}}(t)}, \quad (23)$$

де $q_{sp_i}^{st}(t)$, $q_{sp_j}^{en}(t)$ – кількість пасажирів, які переміщуються без висадки та відправляються зі ЗП, пас.; $\overline{t_{r_i}^{sn(P)}}(t)$, $\overline{t_{r_i}^{sn(Z)}}(t)$ – маркетинговий та фактичний середній час перебування в ЗП пасажирів, який переміщується без висадки, хв; $\overline{t_{th_j}^{tr(P)}}(t)$, $\overline{t_{th_j}^{tr(Z)}}(t)$ – маркетинговий та фактичний середній час перебування в ЗП пасажирів, який відправляється, хв.

Маркетинговим часом, що є критеріальною вимогою, вважається гранична тривалість перебування пасажирів в ТПВ. Його значення встановлюється зважаючи на середній час очікування ТЗ для умов рівномірного формування обсягу відправлення. Межа якості $A_{th}^{(B)}$ встановлюється на основі узагальненої функції бажаності Харрінгтона, що дає можливість встановити рівень її відповідності вимогам споживачів. Для зони сталості приймається значення, що відповідає задовільному сприйняттю (0,63), а для області сталості – значення сприйняття на рівні «добре» (0,8). Перехід до області сталості відбувається за умови нульового значення ймовірності дестабілізації, що характеризується повною відсутністю конфліктних ситуацій в ЗП. Такий стан забезпечує ліквідацію непродуктивних простоїв ТЗ, чинників небезпечності руху та додаткового екологічного забруднення. Умовою його формування є

утримання резерву пропускної спроможності ЗП на рівні не менше граничного значення безризикової зони.

Основним чинником впливу на резерв пропускної спроможності ЗП є тривалість простою ТЗ. До постійної складової часу перебування ТЗ у ТПВ відноситься час маневрування та відкриття-закриття дверей, а до змінної частини – час посадки-висадки, сервісний простій, простій у черзі. Ключовим завданням підвищення ефективності ТПВ є скорочення часу перебування у ньому пасажирів, що може досягатися синхронізацією періодів перебування ТЗ. За наявності флуктуації (у разі випадкового відхилення) прибуття ТЗ, вирішення такого завдання є досить проблемним. Дієвим способом підвищення рівня синхронізації часу пересадок є розширення діапазону перебування ТЗ у ТПВ шляхом упровадження сервісного простою. Схему формування синхронізації часу пересадки пасажирів для різних варіантів організації простою ТЗ подано на рис. 7.



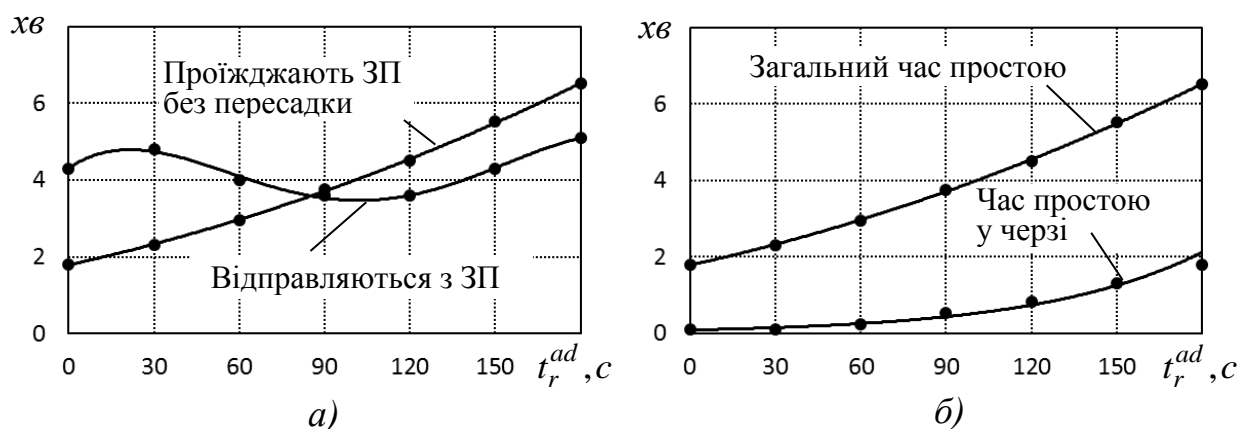
Умовні позначення: --- – технологічний простій ТЗ, --- – діапазон флуктуації прибуття ТЗ, --- – сервісний простій, $\leftarrow \rightarrow$ – пересадка між маршрутами, τ_{ar}^{1fw} – прибуття ТЗ, τ_{dp}^{1fw} – відправлення ТЗ, τ_{ad}^{1fw} – початок сервісного простою, r – маршрут, fw –прямий напрямок руху, bw – зворотній напрямок руху

a – без флуктуації; b – без сервісного простою; v – зі сервісним простоєм

Рисунок 7 – Схема формування синхронізації пересадки пасажирів

Синхронізація часу перебування ТЗ у ТПВ, реалізована на умовах руху без флуктуації дозволяє забезпечити пересадку пасажирів між маршрутами з мінімальним часом очікування (рис. 7а). Якщо виникає флуктуації прибуття (рис. 7б), то пересадка між маршрутами може бути здійснена лише наступного рейсу, що призводить до збільшення витрат часу пасажирів. Додаткове впровадження сервісного простою ТЗ розширює діапазон їхнього перебування в ТПВ (рис. 7в). Це дає можливість компенсувати відхилення руху за рахунок збільшення періоду одночасного перебування ТЗ маршрутів між якими відбувається пересадка пасажирів. Однак додатковий простій ТЗ знижує резерв пропускної спроможності ЗП та, як наслідок, може призводити до дестабілізації їхнього функціонування. Ефективність впровадження сервісного простою визначається погодженням часових параметрів перебування ТЗ в ЗП із

формуванням обсягів відправлення пасажирів. На рис. 8 подано отримані в ході аналітичного моделювання графіки зміни часових параметрів обслуговування маршрутного та споживчого потоку в ЗП ТПВ «вул. Гв. Широнінців – вул. Валентинівська» (50.012861, 36.340625) м. Харків.



а – час перебування пасажирів у ЗП; б – час перебування ТЗ у ЗП
Рисунок 8 – Зміна часових параметрів обслуговування в ЗП ТПВ
«вул. Гв. Широнінців – вул. Валентинівська»

З графіків видно, що за тривалості сервісного простою ТЗ (t_r^{ad}) в межах до 30 с відбувається збільшення середнього часу пересадки пасажирів (з 4,3 хв до 4,8 хв). Це пояснюється тим, що такий термін реально не впливає на умови синхронізації пересадки, а навпаки – збільшує час перебування пасажирів в ЗП. Подальше збільшення часу сервісного простою до 110 с дозволяє забезпечити синхронізацію пересадки більшої частини пасажирів та скорочує середній час до 3,5 хв. Сервісний простій понад 110 с призводить до збільшення витрат часу на пересадку. Негативним наслідком упровадження будь-якого сервісного простою ТЗ є збільшення часу переміщення пасажирів які проїжджають ЗП без пересадки, у тому числі за рахунок виникнення непродуктивного простою ТЗ у черзі. Основним завданням для встановлення тривалості сервісного простою є оцінювання відповідності фактичного часу перебування всіх типів пасажирів у ТПВ їхнім маркетинговим вимогам та утримання рівня резерву пропускної спроможності ЗП у межах виділених просторів функціональної сталості. Його вирішення досягається векторною оптимізацією в ході якої необхідно встановити раціональні керуючі впливи, що забезпечують максимізацію функції (21) за умов утримання негативних впливів на маршрутну мережу, елементи ВДМ та МС у межах їхніх ресурсних можливостей.

У п'ятому розділі «Теоретичні основи управління транспортно-пересадочними вузлами» виділено структуру багаторівневої системи управління, визначено елементи адаптаційного циклу, розроблено технологічні заходи підвищення сервісно-ресурсної ефективності функціонування ТПВ.

Методологічними засадами управління ТПВ є багаторівнева нечітка продукційна модель оцінювання ризиків сталості МПТ, контур адаптаційного циклу оптимізаційно-конструктивних заходів, аналітичний опис оцінювання

переходу функціонального стану ЗП ТПВ та моделі прийняття рішень. Об'єктом управління виступають ЗП ТПВ, що описуються вихідною величиною (S_s) відносно конфліктності взаємодії та перебувають під дією зовнішніх збурень (G_h^u) що характеризуються флуктуацією прибуття ТЗ та тривалістю їхнього простою у ЗП. За керуючі впливи на об'єкт управління (Z_e^i) прийнято сукупність дій, що реалізуються в межах ЗП, маршрутної мережі та ВДМ. У ході реалізації необхідно забезпечити такий тип управління, за якого досягається стабілізація вихідного стану (S_s) в межах допустимого рівня (S_s^v). У разі ефективного управління буде забезпечена відповідність $S_s \geq S_s^v$, при цьому міра невизначеності $H(S_s) = 0$. Завдання системи управління – шляхом зменшення різноманітності станів ЗП ТПВ забезпечити стабілізацію їхніх сервісно-ресурсних параметрів у межах просторів функціональної сталості. Міра невизначеності переходів станів визначається величиною інформації у величині Z_e^i про величину S_s

$$I(S_s, Z_e^i) = H(S_s) - H(S_s / Z_e^i). \quad (24)$$

У межах адаптаційного циклу, що має своєю метою знаходження рівноважного стану величини S_s , реалізується сукупність оптимізаційних (Z_e^o) та конструктивних (Z_e^c) рішень. Послідовність адаптації управлінських рішень передбачає на першому кроці реалізацію сукупності оптимізаційних заходів: розподіл маршрутів між ЗП (Z_e^{o1}), встановлення раціонального рівня резервів ЗП (Z_e^{o2}), слот-координація розкладу руху ТЗ (Z_e^{o3}), оперативний перерозподіл маршрутів між ЗП (Z_e^{o4}). Однак існує бар'єр ефективності таких рішень (U_h^b), який не може бути подоланий без реалізації рішень, пов'язаних зі зміною конструкції ЗП ТПВ (Z_e^{c1}) та умов руху ТЗ МПТ на елементах ВДМ (Z_e^{c2}). Послідовність реалізації оптимізаційно-конструкторських рішень визначає адаптаційний цикл управління (рис. 9).

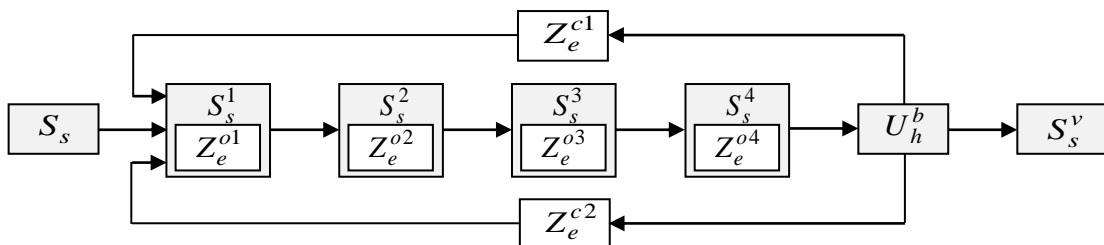


Рисунок 9 – Елементи адаптаційного циклу управління

Встановлення достатності управлінських рішень проводиться на основі оцінювання зміни стану ЗП ТПВ, що у загальному виді описується рівнянням переходу

$$S_s[k_z + 1] = \Phi(S_s, Z_e^i, G_h^u, t) \cdot S_s[k_z] + B_h^z(t) \cdot Z_e[k_z] + B_h^G(t) \cdot G_h^u[k_z], \quad (25)$$

де $\Phi(S_s, Z_e^i, G_h^u, t)$ – функція переходу, що враховує зміну стану ЗП; $S_s[k_z]$ – вектор початкового стану ЗП; $B_h^z(t)$ – векторні перетворення керуючих дій; $Z_e[k_z]$ – керуючі дії; $B_h^G(t)$ – векторні перетворення збурень; $G_h^u[k_z]$ – збурення.

Розподіл маршрутів між ЗП передбачає пошук ефективної розподільчої комбінації групування суб'єктів вхідного маршрутного потоку. Переміщення ТЗ через ТПВ може бути представлено у вигляді орієнтованого графа (рис. 10).

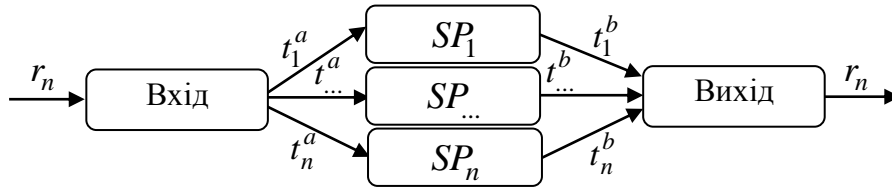


Рисунок 10 – Граф проходження ТЗ через ТПВ

Вершинами графа виступають ЗП, вхідні та вихідні межі ТПВ. Вершини сполучають ребра t_i^a , що відображають операції з подачі ТЗ у ЗП та ребра t_i^b , що відображають операції, пов'язані з простоем ТЗ у ЗП та виїздом із ТПВ. Тривалість перебування ТЗ у ТПВ визначається сумарною довжиною обраного шляху проходження, що описується у вигляді її умовної вартості

$$Cs_{SP_n(r_n)i} = t_i^a + t_i^b, \quad (26)$$

Процедура розподілу маршрутів зводиться до пошуку комбінації закріплення маршрутів, за якої для всіх суб'єктів буде забезпечена мінімальна вартість шляху проходження. Основою формування такого розподілу є принцип рівноваги, що реалізується у формі самоорганізації складних систем та передбачає вибір раціонального варіанта проходження ТПВ через оцінювання можливих альтернатив кожним суб'єктом потоку. Рівноважний розподіл визначається вирішенням оптимізаційної задачі

$$\sum_{i=1}^{SP_n} \int_0^t Cs_{SP(r)i}(\tau) d\tau \rightarrow \min. \quad (27)$$

Задача розподілу маршрутів вирішується на основі алгоритму, в якому поєднані принципи рівноваги та обліку інформативних ознак маршрутів. В основу такого алгоритму покладений метод Франка-Вульфа, що відноситься до категорії градієнтних методів та передбачає пошук оптимального плану через перебір рішень. Адаптація цього методу для вирішення поставленої задачі полягає у впровадженні процедури попереднього ранжування маршрутів відносно ресурсної критичності їхніх провізних можливостей.

У рамках другого етапу, на основі оцінювання зміни сервісних показників взаємодії встановлюється раціональний рівень резерву пропускної спроможності ЗП шляхом упровадження відповідного сервісного простою ТЗ.

Процедуру слот-координації руху слід розглядати як зовнішнє управління, що передбачає формування керуючого впливу на рівні маршрутної мережі. Слотом виступає період часу, протягом якого в ЗП може перебувати ТЗ. Основною метою слот-координації є зниження конфліктності руху та часу пересадки пасажирів шляхом узгодження періодів перебування ТЗ в ЗП. Слот-координація відноситься до задач цілочисленного програмування. Використання генетичного алгоритму дозволяє скоротити процедуру пошуку раціонального варіанта слот-розкладу. Вихідною інформацією для розробки є m_t множин періодів часу (слотів) перебування ТЗ у ЗП. За теоретико-множинну модель слот-розкладу прийнято функцію, що відображає декартовий добуток множин рейсів та часу перебування ТЗ в ТПВ на множину $\{0,1\}$. Значення 1 свідчить про те, що для рейсу приймається розклад руху з множини допустимих варіантів. Еволюційна модель формування слот-розкладу передбачає пошук вектора $b_\tau = (b_{\tau_1}, b_{\tau_2}, \dots, b_{\tau_n}), b_{\tau_i} \in t$, що визначає приналежність моментів часу τ_i періодам обслуговування відповідних рейсів. Критерієм формування слот-розкладу є час черги ТЗ

$$\sum_{i=1}^t \tau_{q_i} \rightarrow 0, \quad (28)$$

де τ_{q_i} – момент простою ТЗ у черзі, с.

Розроблений багаторівневий генетичний алгоритм відбору варіантів слот-розкладу передбачає виділення n_{ch} рівнів формування кінцевої особини (варіанта розкладу). Кількість рівнів формування (еволюції) визначається кількістю маршрутів, а кожна особина (варіант розкладу) є одним із можливих рішень. Особина складається з хромосом, кожна з яких у свою чергу складається з генів. Геном приймається значення вектора b_τ , в якому відображені моменти часу τ_i , розмірність особини при цьому дорівнює t елементів. Структуру особини подано на рис. 11.

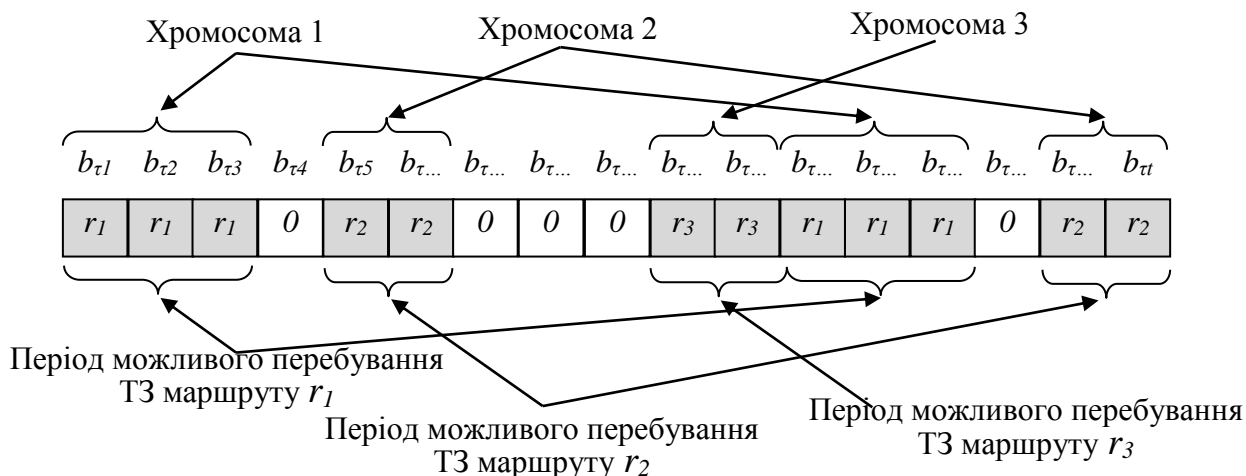


Рисунок 11 – Структура особини (варіанта слот-розкладу)

Послідовність формування кінцевої особини передбачає етапи створення початкової популяції, схрещування, селекції, мутації та перевірки умов. Перед формуванням особини відбувається процедура ранжування маршрутів за рівнем резерву провізних можливостей. На етапі створення початкової популяції формується основна особина яка включає гени, що відображають час обслуговування першого за пріоритетом маршруту, та сукупність другорядних особин, які являють собою набір генів для другого за пріоритетом маршруту. Циклічність розміщення генів в особині визначається інтервалом руху та умовами синхронізації пересадки пасажирів. Основна особина формується виходячи з обраного першого моменту обслуговування, набір другорядних особин передбачає суміщення часу обслуговування в межах всього інтервалу прибуття. Після цього відбувається схрещування основної особини з кожною другорядною. Селекція передбачає ранжування народжених особин за критерієм (28). У результаті формування остаточної особини отримуємо один із можливих варіантів слот-розкладу.

Ефективним методом оперативного усунення умов формування черги є метод дублювання ЗП. Оцінювання варіанта оперативного перезакріплення прибуття рейсу між ЗП ТПВ приймається на основі розробленого критерію прийняття рішення, що ґрунтується на оцінюванні можливості виникнення конфліктів руху.

Для оцінювання доцільності реалізації конструктивних керуючих заходів пов'язаних із провадженням пріоритетного руху МПТ ділянками ВДМ та створення додаткових ЗП сформовані окремі локальні критерії, що враховують зміну стану елементів ВДМ та умови використання існуючих ресурсів ТПВ.

У **шостому розділі** «Експериментальні дослідження взаємодії суб'єктів маршрутного потоку в транспортно-пересадочних вузлах» розроблено імітаційну модель функціонування ТПВ, виконано кластерний аналіз ЗП ТПВ, проведено статистичне оцінювання параметрів функціонування типових ЗП, встановлено закономірності впливу ресурсного забезпечення ЗП на параметри ефективності ТПВ, проведено практичну апробацію заходів стабілізації процесів взаємодії.

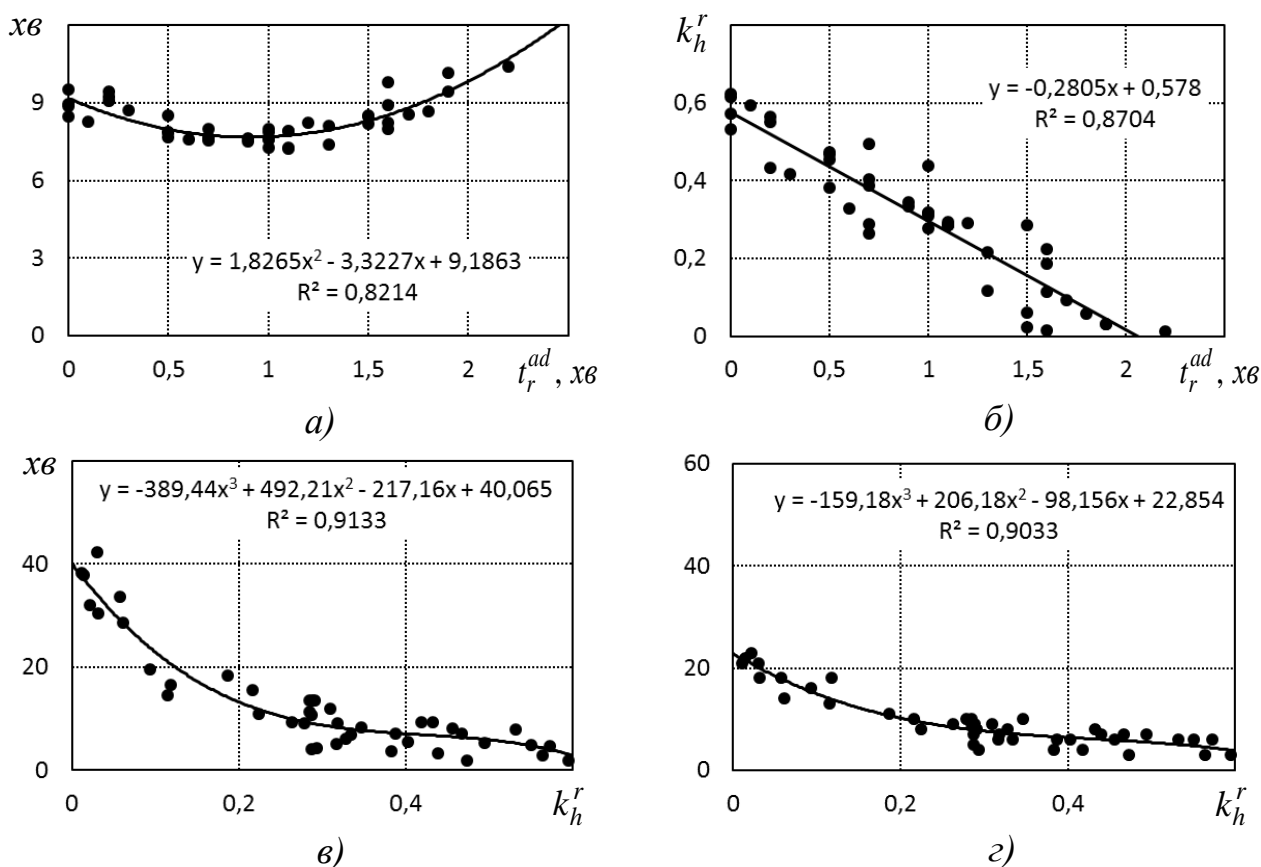
Із позицій об'єктно-орієнтованого підходу до створення динамічних моделей, для ТПВ встановлені бібліотеки класів, виділена UML-діаграма їхніх зв'язків та розроблено алгоритми базових процесів. Сформовані базові екземпляри класів описують процес моделювання взаємодії за такими компонентами: *Transport_Requirements* – транспортні потреби, *Transport_Offer* – транспортна пропозиція, *Transport_Implementation* – транспортне забезпечення, *Transport_Hub* – транспортно-пересадочний вузол.

Для типового розподілу ЗП ТПВ виконано їхній кластерний аналіз. Цей аналіз проводився на основі натурних спостережень за ЗП ТПВ м. Харкова, м. Кривий Ріг, м. Херсон, м. Слов'янськ. Розподіл ЗП за кластерами виконаний методом *k*-середніх на основі оцінювання часу перебування ТЗ у черзі, часу маневрування, технологічного та сервісного простою ТЗ, кількості конфліктних ситуацій. За результатами оцінювання алгоритмів кластеризації сформована структура базових класифікаційних ознак ЗП ТПВ (табл. 3).

Таблиця 3 – Класифікаційні ознаки ЗП ТПВ

Класифікаційна ознака	Межі кластеру		
	до 15		більше 15
Кількість маршрутів у ЗП	до 15		більше 15
Інтенсивність прибуття ТЗ у ЗП, авт/год.	до 40	40-60	більше 60
Пасажиروобмін ЗП, пас/год.	до 1500	1500-3800	більше 3800
Тип маршрутів	Початково-кінцеві		Транзитні
Довжина ЗП, м	до 20	20-40	більше 40

На основі розподілу питомої ваги ЗП виділені три базових типи. За базові ЗП із кожного типу обрано: ЗП «ст. м. Героїв Праці» м. Харків (50.024616, 36.334937) – до 15 транзитних маршрутів інтенсивністю до 40 авт/год., ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» м. Кривий Ріг (47.911136, 33.453075) – до 15 початково-кінцевих маршрутів інтенсивністю до 40 авт/год., ЗП «вул. Залізнична» м. Херсон (46.650216, 32.597849) – понад 15 транзитних маршрутів інтенсивністю більше 40 авт/год. Для типових ЗП були проведені такі заходи: статистичне оцінювання параметрів маршрутного потоку, цикли імітаційних експериментів та встановлені відповідні регресійні залежності зміни сервісно-ресурсних показників. На рис. 12 подано комплект графіків зміни сервісно-ресурсних показників для ЗП «ст. м. Героїв Праці».

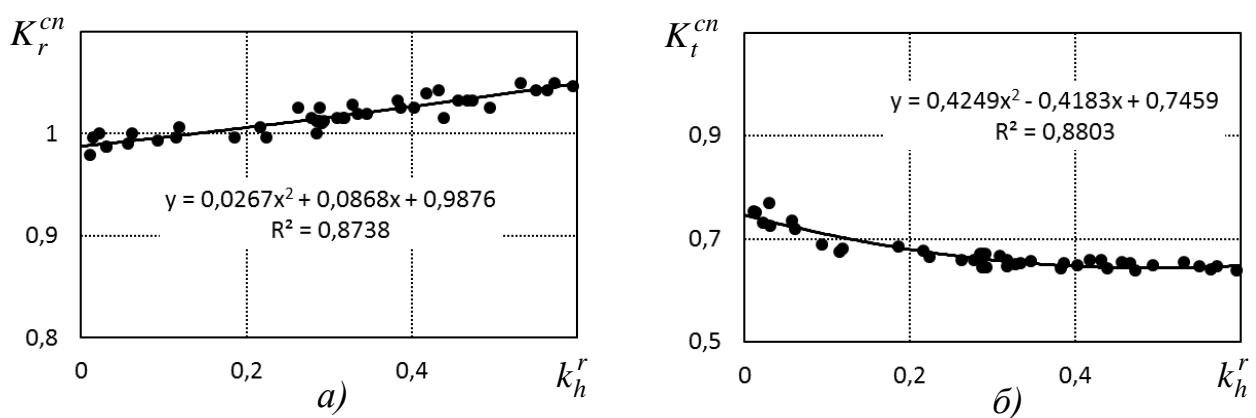


а – середній час переміщення пасажера; б – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; в – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; г – кількість конфліктних ситуацій

Рисунок 12 – Вплив ресурсного забезпечення ЗП «ст. м. Героїв Праці» на сервісно-ресурсні показники

Аналіз встановлених залежностей дозволив встановити, що упровадження сервісного простою у ЗП «ст. м. Героїв Праці» тривалістю 80 с призводить до скорочення середнього часу переміщення через ЗП усіх пасажирів на 1,4 хв (з 9,1 хв до 7,7 хв); у ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» де основними є початкові поїздки, впровадження сервісного простою призводить до пропорційного лінійного зростання витрат часу; для ЗП «вул. залізнична», де характерним є пересадочні поїздки, сервісний простій 40 с підвищує витрати часу на 4,2 хв (з 4,6 хв до 8,8 хв), що обумовлене значним зростанням непродуктивного простою ТЗ через стрімке збільшення черги. Зниження резерву пропускної спроможності ЗП (k_h^r) має негативний вплив на безпечність руху та продуктивність роботи ТЗ. Зниження резерву пропускної спроможності ЗП «ст. м. Героїв Праці» з 0,6 до 0,2 призводить до збільшення конфліктних ситуацій на 7 од. (з 4 од. до 11 од.) та загального часу простою ТЗ у черзі на 12,9 хв (з 1,8 хв до 14,7 хв), ліквідація резерву призведе до 23 конфліктних ситуацій (71,2% вхідного потоку). Для ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» вплив резерву пропускної спроможності має більш уповільнений характер, що пояснюється специфікою організації руху ТЗ із початкових пунктів, у разі зниження резерву з 0,6 до 0,2 кількість конфліктних ситуацій збільшиться на 3 од. (з 0 од. до 3 од.), а загальний час простою у черзі – на 3,2 хв (з 0 хв до 3,2 хв), ліквідація резерву призведе до 14 конфліктних ситуацій (36,8% вхідного потоку). У ЗП «вул. залізнична» вплив резерву пропускної спроможності має яскраво виражений характер, що пояснюється високим рівнем інтенсивності вхідного потоку. Зниження резерву з 0,3 до 0,2 призводить до збільшення конфліктних ситуацій на 11 од. (з 22 од. до 33 од.) та загального часу простою ТЗ у черзі на 13,5 хв (з 24,1 хв до 37,5 хв), а повна ліквідація резерву – до 78 конфліктних ситуацій (100% вхідного потоку).

Для оцінювання міжрівневого впливу встановлено залежності зміни коефіцієнта провізної можливості маршрутів (K_r^{cn}) та рівня завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ (K_t^{cn}). На рис. 13 подано графіки зміни показників для ЗП «ст. м. Героїв Праці».



a – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; b – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок 13 – Вплив резерву пропускної спроможності ЗП «ст. м. Героїв Праці» на ресурсні показники маршрутів та ВДМ

Інформативною базою для встановлення залежності $k_h^r - K_r^{cn}$ виступає зворотно пропорційний зв'язок між тривалістю рейсу та провізними можливостями маршрутів. Критеріальним показником, що визначає необхідність залучення додаткових ТЗ, виступає коефіцієнт провізної можливості маршрутів. Відповідно до соціально-маркетингового підходу оцінювання якості транспортного обслуговування гранична межа допустимого значення K_r^{cn} дорівнює 1. На основі оцінювання рівня відповідності провізних можливостей маршрутів по відношенню до максимального пасажиропотоку встановлено, що резерв пропускнуої спроможності ЗП «ст. м. Героїв Праці» повинен складати 0,142, ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» – 0,115, ЗП «вул. залізнична» – 0,175. За таких значень вплив простою в ЗП не призведе до необхідності залучення додаткових ТЗ.

Основою оцінювання впливу на ВДМ є зв'язок, що ґрунтується на обліку часу блокування маршрутними ТЗ проїжджої частини. У разі конфліктної ситуації зупинка ТЗ відбувається в межах проїжджої частини, що призводить до блокування смуги руху та зниження пропускнуої спроможності вулиці. Граничним, відповідно до рівнів обслуговування, прийнято $K_r^{cn} = 0,9$. Критичний вплив k_h^r на ВДМ відсутній у всьому діапазоні зміни для ЗП «ст. м. Героїв Праці» (значення K_r^{cn} досягає 0,769) та ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» (розташований поза ВДМ), а для ЗП «вул. залізнична» він є на рівні 0,253.

Встановлено, що впровадження раціональної тривалості перебування ТЗ у ЗП «ст. м. Героїв Праці», «Кривий Ріг – Вокзальний», «вул. залізнична» дозволяє скоротити витрати часу пасажирів на 13,2-25,8 %, конфліктних ситуацій на 14,3-38,5 %, а непродуктивних простоїв ТЗ на 4,3-53,4 %.

Перевірка ефективності заходів циклу управління проводилася на прикладі ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна» м. Харків (49.980909, 36.243012). Була оцінена комплексна результативність заходів з перерозподілу маршрутів між ЗП, встановлення тривалості сервісного простою, скорочення флуктуації прибуття ТЗ та впровадження слот-розкладів руху. Розрахунки доводять, що запропоновані заходи дають можливість скоротити витрати часу пасажирів на 1,4-23,6 %, повністю ліквідувати конфліктні ситуації та непродуктивні простої ТЗ у ЗП.

Ресурсною межею зони функціональної сталості є значення k_h^r , за якого досягається відповідність ресурсним можливостям вищих рівнів (маршрутної мережі та елементів ВДМ), а межею області – значення за якого забезпечуються умови ліквідації конфліктних ситуацій, що є джерелом зниження безпеки руху, збільшення непродуктивних простоїв ТЗ та появи додаткових екологічних викидів. Аналітичні дослідження встановлених закономірностей дозволили визначити значення відповідних меж для кожного ЗП. Раціональна тривалість простою ТЗ спрямована на скорочення часу пересадки. Вона визначається умовами відповідності значення k_h^r граничним межам зони сталості та не має впливу на їхню зміну. Впровадження комплексу управлінських заходів

дозволяє знизити відповідні межі просторів функціональної сталості чим забезпечується підвищення рівня запасу сталості та перехід стану ЗП ТПВ на новий якісний рівень. Показники функціональної сталості ЗП наведені в табл. 4 (у чисельнику – для базового варіанта, в знаменнику – для проектного).

Таблиця 4 – Показники функціональної сталості

Показник	Зупинний пункт					
	«ст. м. Героїв Праці»	«Кривий Ріг – Вокзальний»	«вул. Залізнична»	№1-5 «ст. м. пр. Гагаріна»	№6 «ст. м. пр. Гагаріна»	№7 «ст. м. пр. Гагаріна»
Середній маркетинговий час перебування пасажирів в ТПВ, хв	5,6	4,3	4,2	6,2	0,6	5,6
Середній фактичний час перебування пасажирів в ТПВ, хв	$\frac{9,1}{7,7}$	$\frac{6,6}{4,9}$	$\frac{6,8}{5,9}$	$\frac{8,9}{6,8}$	$\frac{0,6}{0,6}$	$\frac{7,1}{7}$
Кількість конфліктних ситуацій у періоді	$\frac{7}{6}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{39}{22}$	$\frac{12}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{4}{0}$
Час простою ТЗ у черзі, хв	$\frac{6,9}{6,6}$	$\frac{3,5}{0}$	$\frac{53,2}{24,8}$	$\frac{19,5}{0}$	$\frac{0,8}{0}$	$\frac{5,5}{0}$
Межа ресурсної зони функціональної сталості ЗП	$\frac{0,142}{0,142}$	$\frac{0,115}{0,115}$	$\frac{0,253}{0,253}$	$\frac{0,203}{0,1}$	$\frac{0,182}{0,182}$	$\frac{0,147}{0,147}$
Межа ресурсної області функціональної сталості ЗП	$\frac{0,711}{0,711}$	$\frac{0,526}{0,526}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0,479}{0,191}$	$\frac{0,392}{0,164}$	$\frac{0,921}{0,231}$
Рівень якості обслуговування пасажирів у ТПВ	$\frac{0,615}{0,727}$	$\frac{0,652}{0,878}$	$\frac{0,618}{0,712}$	$\frac{0,697}{0,912}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0,789}{0,8}$
Рівень резерву пропускної спроможності ЗП за фактичного сервісного простою	$\frac{0,425}{0,373}$	$\frac{0,363}{0,635}$	$\frac{0,074}{0,322}$	$\frac{0,463}{0,389}$	$\frac{0,392}{0,394}$	$\frac{0,803}{0,834}$
Рівень функціональної сталості	$\frac{1,922}{2,031}$	$\frac{2,267}{6,695}$	$\frac{-0,713}{0,438}$	$\frac{1,523}{4,631}$	$\frac{2,419}{2,436}$	$\frac{5,841}{6,204}$
Характеристика стану	$\frac{\text{поза зони сталості}}{\text{в зоні сталості}}$	$\frac{\text{в зоні сталості}}{\text{в області сталості}}$	$\frac{\text{в зоні дестабілізації}}{\text{в зоні сталості}}$	$\frac{\text{в зоні сталості}}{\text{в області сталості}}$	$\frac{\text{в області сталості}}{\text{в області сталості}}$	$\frac{\text{в зоні сталості}}{\text{в області сталості}}$

У ході аналізу зміни показників функціональної сталості встановлено, що реалізація керуючого заходу по впровадженню раціональної тривалості сервісного простою ТЗ у ЗП не дозволяє повністю ліквідувати конфліктність руху та може розглядатися лише як перший етап реалізації адаптаційного циклу управління. Впровадження у ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна» всього комплексу

управлінських дій дозволило значно розширити область функціональної сталості ЗП. Основною передумовою досягнення такого результату є зменшення чинників дестабілізації взаємодії суб'єктів маршрутного потоку. Зниження дестабілізації шляхом координації часу перебування ТЗ у ЗП, поряд з впровадженням раціонального сервісного простою, забезпечило позитивний вплив на якість транспортного обслуговування пасажирів. Приріст абсолютного значення рівня якості обслуговування пасажирів у ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна» (з 0,697 до 0,912) та зниження ресурсної межі (з 0,921 до 0,231) забезпечило реалізацію стратегії якісного переходу стану ЗП до області функціональної сталості. Реалізація запропонованої стратегії якісного переходу стану ЗП ТПВ характеризується придатною оцінкою МПТ споживачами, надає певні підстави стверджувати про її позитивний вплив на рівень транспортного обслуговування та якість життя населення. Оцінювання функції якісного переходу станів ЗП ТПВ, що визначається відповідністю сервісно-ресурсних показників межах функціональної сталості, також підтверджує висновок про ефективність запропонованих заходів та доцільність їхньої реалізації.

ВИСНОВКИ

1. За результатами аналізу стану сучасних міських пасажирських транспортних систем встановлено, що 16-45% пересувань населення реалізується з пересадками, питома вага конфліктних ситуацій, що виникають у ЗП сягає до 55%, а витрати часу пасажирів на здійснення пересадочних операцій в ТПВ складають від 20% до 34% від загального часу переміщення. Існуючі науково-практичні підходи до вдосконалення функцій ТПВ зорієнтовані на дослідження їхніх внутрішніх технологічних процесів, при цьому не враховують характер та рівень впливу організації взаємодії на провізні можливості маршрутів, пропускну спроможність елементів ВДМ, безпеку руху та екологічні наслідки для МС, що робить їх обмеженими для застосування в умовах сталого розвитку міст. Напрямок дослідження визначено необхідністю розробки нових науково обґрунтованих методик та підходів до вдосконалення технологічної взаємодії суб'єктів МПТ у ТПВ на базі основоположних принципів сталого розвитку міст, що спрямовані на погодження сервісно-ресурсних, екологічних та соціальних аспектів їхнього функціонування.

2. Практичне використання методології системного підходу для оцінювання ефективності МПТ, обумовлене метою та глибиною його дослідження, дозволило виділити багаторівневу структуру та забезпечило реалізацію її інтеграційного представлення в межах метасистеми «міське середовище». Методологія дослідження МПТ із позицій метасистемного підходу вимагає реалізації особливих умов єдності процедур синтезу та аналізу внутрішніх функціональних процесів, спрямованих на забезпечення погодження умов досягнення глобальної мети міського середовища. Запропоноване оцінювання інтегральної ефективності МПТ, що реалізоване у вигляді формалізованого опису параметрів методологічних рівнів, дозволяє

оцінити характер функції прирощення резервів ресурсів через облік міжрівневих конфліктів та компромісів, що забезпечує квантифікацію сукупності окремих внутрішніх локальних цілей у межах єдиного функціонального простору. Використання багаторівневого підходу до оцінювання ефективності ТПВ, реалізоване шляхом узгодження параметрів простою суб'єктів маршрутного потоку з ресурсними можливостями ЗП, маршрутів та ВДМ, дозволило знизити кількість конфліктних ситуацій у ЗП на 1-17 од. (14,3-43,6 %), скоротити загальний час непродуктивного простою ТЗ на 0,3-28,4 хв. (4,3-53,4 %), що забезпечило позитивний вплив на безпеку дорожнього руху, провізні можливості маршрутів та зниження екологічних викидів.

3. Загальна схема функціональної сталості об'єктів інфраструктури МПТ ґрунтується на представленні її у вигляді сервісно-ресурсної параметризації внутрішніх динамічних процесів, характер протікання яких є визначальним для оцінювання ефективності взаємодії суб'єктів маршрутного потоку. Допустимі межі параметричних просторів сервісно-ресурсних індикаторів взаємодії встановлюються шляхом відображення множини організаційно-управлінських рішень на показники стабілізації технологічних процесів та умови забезпечення їхньої відповідності маркетинговим вимогам споживчої підсистеми. Представлення функціональної сталості об'єктів інфраструктури відповідає цільовому відтворенню базових принципів формування потенціалу МПТ, уможливорює реалізацію процедури пошуку ефективних механізмів протидії чинникам внутрішньої та зовнішньої дестабілізації, в межах узагальнених характеристик ресурсних та результативних показників взаємодії забезпечує виконання основоположних принципів сталого розвитку міського середовища. Впровадження управлінських дій, спрямованих на забезпечення необхідного рівня резерву пропускної спроможності ЗП, дозволило знизити середні витрати часу пасажирів на переміщення через ТПВ на 0,9–1,4 хв, що підвищило рівень якості транспортного обслуговування на 15,2–15,4 %.

4. За результатами аналізу технологічних операцій обґрунтовано структуру та склад функціональної моделі ТПВ, що дозволило відокремити як базові елементи формування ефективності такі параметри: експлуатаційні показники вхідного маршрутного потоку, тривалість технологічного та сервісного простою ТЗ, закономірності утворення та міжмаршрутного розподілу пасажиропотоків у ЗП. Встановлено, що ефективним параметром управління взаємодією суб'єктів маршрутного потоку є тривалість сервісного простою ТЗ. Упровадження сервісного простою ТЗ тривалістю 1,3-3 хв у ЗП з транзитними маршрутами загальною інтенсивністю до 40 авт/год. дає можливість частково компенсувати вплив флуктуації прибуття та сприяє синхронізації взаємодії, що забезпечує скорочення середнього часу перебування пасажирів у ТПВ на 1,4-2,1 хв (15,4–23,6 %). Для ЗП початкових пересувань та у ЗП з інтенсивністю вхідного потоку понад 40 авт/год. застосування сервісного простою є недоцільним тому, що призводить до критичного зниження резерву пропускної спроможності ЗП та збільшення часу

переміщення пасажирів через ТПВ, у тому числі через стрімке зростання тривалості простою ТЗ у черзі.

5. Розроблена на основі методології об'єктно-орієнтованого підходу імітаційна модель ТПВ дозволила забезпечити комплексний опис стану суб'єктів взаємодії. Базова структура класів моделі включає 4 типи: сформовані у ЗП транспортні потреби пасажирів; транспортна пропозиція, що забезпечується вхідним маршрутним потоком МПТ; характеристики прилеглих елементів ВДМ та параметри ЗП. Архітектура розробленого програмного комплексу складається з 5 базових модулів, а саме: визначення вхідного стану суб'єктів, генерації випадкових величин, розрахунок параметрів взаємодії, визначення показників оцінювання стану ЗП та блок управління.

6. Підвищення рівня функціональної сталості ТПВ забезпечується інваріантністю процесу функціонування ЗП шляхом формування необхідного рівня резерву їхньої пропускної спроможності, раціональним розподілом маршрутів, слот-координацією розкладу руху та оперативним коригуванням закріплення маршрутів. Запропоновані управлінські дії щодо стабілізації функціонування ЗП є технологічною основою виробничої програми ТПВ, вони вносять певну впорядкованість у процеси планування та управління роботою, дозволяють систематизувати їхні сервісно-ресурсні параметри, сприяють підвищенню якості транспортного обслуговування пасажирів, реалізують можливості максимального використання потенціалу МПТ та забезпечують його відповідність умовам сталого розвитку міського середовища. Розрахунки сервісно-ресурсних показників взаємодії, досягнуті у ході реалізації керуючих заходів, довели можливість підвищення абсолютного рівня функціональної сталості ЗП ТПВ на 0,109-3,108, тим самим забезпечивши перехід їхнього стану до параметричного простору стабілізації, що дало можливим усунути необхідність залучення додаткових витрат на їхню капітальну реконструкцію.

7. На основі проведеного кластерного аналізу ЗП ТПВ м. Харкова, м. Кривий Ріг, м. Херсон, м. Слов'янськ виділено п'ять базових техніко-технологічних параметрів їхнього розподілу: кількість маршрутів, інтенсивність прибуття ТЗ, пасажирообмін, тип маршрутів та довжина ЗП. Проведено статистичне оцінювання параметрів вхідного маршрутного потоку для обраних типових ЗП, це дозволило встановити, що рівень наповнення ТЗ, час висадки та посадки пасажирів змінюються нормальним законом розподілу, а час маневрування ТЗ – за логнормальним. Флуктуація прибуття ТЗ у більшості випадків не може бути описана статистичними законами розподілу, що пояснюється відсутністю чіткого планування розкладу руху на маршрутах. Рівень резервування пропускної спроможності ЗП транзитних маршрутів з інтенсивністю вхідного потоку до 40 авт/год. встановлюється вимогами щодо скорочення часу перебування пасажирів у ТПВ, для ЗП з інтенсивністю понад 40 авт/год. – умовами зниження конфліктності руху. Впровадження сукупності керуючих дій у межах ЗП ТПВ дає можливість повністю ліквідувати конфліктні ситуації, знизити необхідний рівень резерву пропускної спроможності ЗП на 58,2-74,9 %, підвищити рівень якості транспортного обслуговування пасажирів на 1,4-30,8 %, що в комплексі забезпечує перехід стану ЗП до області

функціональної сталості, в межах якої реалізується повна відповідність вимогам сталого розвитку міського середовища.

Практичне впровадження результатів дослідження забезпечило таке: в межах елементів пасажирської транспортної системи м. Херсона зменшено непродуктивні простої ТЗ на 15-20 % та скорочено час реалізації пересадок пасажирів між маршрутами в середньому на 3,5 хв; під час організації технологічного процесу роботи ПАТ «Харківське підприємство автобусних станцій» зменшено час очікування пасажирів у ТПВ «Харківська АС-1» на 17 %; на міських автобусних маршрутах ПАТ «Північтранс» у м. Кривий Ріг скорочено непродуктивні простої ТЗ у середньому на 5,2 хв за рейс та підвищено експлуатаційну швидкість на маршрутах у середньому на 0,8 км/год; на маршрутах підприємства ТОВ «Експрес» у м. Харків зменшено сумарні непродуктивні простої ТЗ у зоні зупиночних пунктів на 1,7 год за день, що підтверджено відповідними актами впровадження.

Розроблена теорія та концепція забезпечення функціональної сталості взаємодії суб'єктів МПТ, що репрезентовані в роботі, створюють методологію, що згідно з експериментальними даними та отриманими практичними результатами дозволяє підвищити ефективність ТПВ.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Вдовиченко В.О. Методологічні основи формування системної ефективності громадського пасажирського транспорту в умовах сталого розвитку: монографія. Харків: ХНАДУ, 2017. 212 с.

2. Денисенко О. В., Вдовиченко В. А., Калиниченко А. П. Некоторые аспекты решения сетевой задачи организации дорожного движения в городах. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2005. №30. С. 88-90.

3. Калініченко О. П., Денисенко О. В., Вдовиченко В. О. Вплив параметрів транспортного процесу на стійкість графіків спільної роботи. *Комунальне господарство міст*. 2006. №72. С. 281-288.

4. Вдовиченко В.О., Калініченко О.П., Павленко О.В. Розподіл транспортних потужностей як задача динамічного програмування. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2009. №6/7(42). С. 33-35.

5. Горбачов П.Ф., Вдовиченко В.О., Россолов О.В., Колій О.С. Комплексна оцінка функціонування маршрутної мережі міста Кривий Ріг. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2009. №2/6(38). С. 4-7.

6. Вдовиченко В.О., Потаман Н.В., Калініченко О.П., Павленко О.В. Оцінка точності методики розподілу транспортних ресурсів в залежності від рівня дискретизації вхідних даних. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2013. №3/1(61) С. 30-33.

7. Нагорний Є.В., Вдовиченко В.О. Концепція підвищення ефективності взаємодії міського пасажирського транспорту з позицій стійкого розвитку. *Залізничний транспорт України*. 2014. №6(109). С. 3-8.

8. Вдовиченко В.О. Оцінка ресурсних можливостей міського пасажирського транспорту. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2014. №8. С. 35-39.
9. Vdovychenko V., Nagornyy Y. The formation of the methodological level of evaluation system efficiency of urban public transport. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. №3/3(81). P. 44-51.
10. Вдовиченко В.О. Формування соціально-маркетингової оцінки сервісної якості міських пасажирських транспортних послуг. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2016. №5/2(31). С. 42-48.
11. Вдовиченко В.О. Формування сервісно-ресурсних умов сталості міського громадського пасажирського транспорту. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2016. №6/2(32). С. 47-52.
12. Вдовиченко В.О. Якісна оцінка безпеки транспортного сервісу на міському громадському пасажирському транспорті. *Наукові нотатки*. 2016. №55. С. 54-59.
13. Вдовиченко В.О., Самчук Г.О. Формування математичної моделі функціонування транспортно-пересадочних вузлів міського пасажирського транспорту. *Вісник національного технічного університету «ХПИ». Серія «Механіко-технологічні системи та комплекси»*. 2016. №17(1189). С. 56-61.
14. Vdovychenko V., Driuk O., Samchuk G. Method of traffic optimization of urban passenger transport at transfer nodes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. №3/3(87). P. 47-53.
15. Вдовиченко В.О. Аналіз дестабілізуючих чинників внутрішньої сталості міського громадського пасажирського транспорту. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2017. №1/2(33). С. 23-30.
16. Вдовиченко В.О. Структура оцінки ефективності міського громадського пасажирського транспорту з позицій сталого розвитку. *Наукові нотатки*. 2017. №59. С. 38-44.
17. Вдовиченко В.О. Сервісно-ресурсна модель функціонування міського громадського пасажирського транспорту. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2017. №2(103). С. 82-90.
18. Vdovychenko V. Fuzzy productive model of sustainable development of urban public passenger transport. *Автомобільний транспорт*. 2017. №41. С. 91-95.
19. Vdovychenko V. Development of a model for determining the time parameters for the interaction of passenger transport in a suburban transport and transfer terminal. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2017. №3/2(35). С. 41-46.
20. Vdovychenko V. Analysis of the formation of fluctuations of service time of vehicles in transport-transfer stations of urban passenger transport. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2017. №4/2(36). С. 37-43.
21. Вдовиченко В.О. Розподіл маршрутів між зупиночними пунктами транспортно-пересадочного терміналу міського громадського пасажирського транспорту. *Комунальне господарство міст*. 2017. №139. С. 33-38.

22. Вдовиченко В.О. Оцінка доцільності пріоритетного руху міського громадського пасажирського транспорту з позицій стабілізації часу прибуття в транспортно-пересадочний термінал. *Наукові нотатки*. 2017. №60. С. 75-79.

23. Вдовиченко В.О. Слот-координація руху міського громадського пасажирського транспорту в умовах транспортно-пересадочних терміналів. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2017. №5(106). С. 51-55.

24. Вдовиченко В.О. Вплив оптимізаційного управління транспортно-пересадочними вузлами міського пасажирського транспорту на питому вагу непродуктивних простоїв транспортних засобів. *Вісник національного технічного університету «ХПІ»*. Серія «Механіко-технологічні системи та комплекси». 2017. №17(1189). С. 56-61.

25. Vdovychenko V. Influence of reserve of carrying capacity of massage of points is on the sentinel parameters of outage of passenger of transport vehicles. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2018. №1/2(39). С. 69-76.

26. Вдовиченко В.О., Воліков В.В. Оцінка доцільності впровадження швидкісного пасажирського сполучення другого рівня у м. Харків. *Комунальне господарство міст*. 2018. №140. С. 69-75.

27. Vdovychenko V. Analysis of the resources provision of stopping points of transport-transfer stations of urban passenger transport. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2018. №2/2(40). С. 50-56.

28. Вдовиченко В.А. Формирование потенциала городской пассажирской транспортной системы на основе её ресурсных возможностей. *Вестник БелГУТа «Наука и транспорт»*. Гомель. 2015. №2(31). С. 76-78.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

29. Вдовиченко В.О. Удосконалення взаємодії міського пасажирського транспорту в транспортно-пересадочних вузлах. *Транспорт і логістика: проблеми та рішення*: збірник наукових праць IV-ї міжнародної науково-практичної конференції, Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 14-16 травня 2013. С. 41-43.

30. Вдовиченко В.О. Взаємодія пасажирського транспорту загального користування у транспортно-пересадочних вузлах в умовах міської логістики. *Логістика промислових регіонів*: збірник наукових праць за матеріалами п'ятої міжнародної науково-практичної конференції, Донецьк: ДААТ, 3-4 квітня 2013. С. 12-14.

31. Вдовиченко В.О. Показники оцінки ефективності взаємодії МПТ у транспортно-пересадочних вузлах. *Проблеми розвитку транспортних систем і логістики*: збірник матеріалів V міжнародної науково-практичної конференції, Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 5-8 травня 2014. С. 36-37.

32. Вдовиченко В.О., Максютенко А.А. Формування критерію ефективності роботи міського пасажирського транспорту на основі урахування часових характеристик. *Інтеграційні процеси й інноваційні технології. Досягнення і перспективи технічних наук*: збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції, Харків: ХНАДУ, 2014. С. 226-228.

33. Вдовиченко В.О. Лінова М.В. Аналіз технологічних рішень підвищення якості взаємодії МПТ у транспортно-пересадочних вузлах. *Підвищення надійності машин і обладнання: збірник тез доповідей VIII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів.*, Кіровоград: КНТУ, 16-18 квітня 2014. С. 198-200.

34. Вдовиченко В.О. К питанню створення математичних моделей технологічних процесів міських пасажирських перевезень. *«Актуальні проблеми викладання фундаментальної і прикладної математики в сучасному вищому навчальному закладі»:* всеукраїнської науково-методичної конференції, Харків: ХНАДУ, 19-20 травня 2015. С. 103-105.

35. Вдовиченко В.О. Ресурси міської пасажирської транспортної системи. *Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті:* тези доповідей 77-ї міжнародної науково-технічної конференції, збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. №151(1)., Харків: УкрДАЗТ, 21-23 квітня 2015. С. 132-133.

36. Вдовиченко В.О., Великодний Д.О., Нікітченко В.М. Дослідження перерозподілу пасажиропотоків на міських маршрутах пасажирського транспорту міста Кривого Рогу. *Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту:* матеріали III міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Вінниця: ВНТУ, 14-16 квітня 2015. С. 50-53.

37. Вдовиченко В.О. Сучасні вимоги системної структуризації міського громадського пасажирського транспорту. *Перспективи розвитку транспортного комплексу (Проблеми управління, економіки, екології та права щодо розвитку транспортного комплексу України.):* матеріали IV всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Дніпропетровськ, НАНУ, МОНУ, МІУ та ін. Одеса: ІПРЕЕД НАН України, 5-6 листопада 2015. С. 57-59.

38. Вдовиченко В.О. Підвищення ефективності міських пасажирських перевезень на основі використання принципів міської логістики. *Міжнародні транспортні коридори та корпоративна логістика:* тези доповідей за матеріалами одинадцятої науково-практичної міжнародної конференції *Вісник економіки транспорту і промисловості.* №50. Харків: ТАУ, 11-13 червня 2015. С. 43-44.

39. Вдовиченко В.О. Оцінка доступності транспортного сервісу міського громадського пасажирського транспорту. *Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні:* тези доповідей другої всеукраїнської науково-практичної конференції, Львів: Видавництво Львівська політехніка. 17-18 березня 2016. С. 79-81.

40. Вдовиченко В.О. Оцінка сервісної якості міських пасажирських транспортних послуг. *Фундаментальні та прикладні дослідження у сучасній науці:* збірка наукових праць IV наукової конференції, Харків: Технологічний центр. 30 жовтня 2016. С. 75-76.

41. Великодний Д.О., Вдовиченко В.О. Підвищення ефективності взаємодії міського пасажирського транспорту в пересадочному транспортному вузлі. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту:*

матеріали IV міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Вінниця: ВНТУ. 15-16 квітня 2016. С. 25-27.

42. Вдовиченко В.О., Самчук Г.О. Комплексний підхід підвищення ефективності функціонування міської пасажирської транспортної системи. *Актуальні проблеми в сферах науки та шляхи їх вирішення: міжнародної науково-практичної конференції*, Одеса: HT Smart and Young. 19-20 лютого 2016. №3. С. 157-164.

43. Vdovychenko V., Samchuk G., Velikodnyi D. Formation of system efficiency of urban public passenger transport under conditions of open competition. *Innovative Economy: Processes, Strategies, Technologies: International scientific conference, Part I*. Kielce, Poland: Baltija Publishing, 27 January 2017. P. 150-152.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

44. Копитков Д.М., Вдовиченко В.О. Evaluation of urban passenger transportation operational efficiency in terms of socio-technical approach. *Молодий вчений*. 2017. №3. С. 729-734.

45. Воліков В.В., Вдовиченко В.О. Транспортна інфраструктура Харкова (аналіз та основні тенденції). *Бізнес Інформ*. 2017. №12(479). С. 292-299.

46. Воліков В.В., Таранець О.О., Ральцева І.М., Вдовиченко В.О. Концепція розвитку транспорту другого рівня у м. Харкові на основі технології Sky Way. Харків: ФОП Лібуркіна Л.М., 2018. 48 с. (Препринт. ХНАДУ)

47. Вдовиченко В.О., Самчук Г.О. Метод формування допустимої області технологічних рішень в сфері перевезень міським громадським пасажирським транспортом на основі оцінки рівня їх безпечності: Свідоцтво про реєстрацію авторського права №70510. Державна служба інтелектуальної власності України. 17.02.17. 8 с.

48. Вдовиченко В.О., Самчук Г.О. Метод синхронізації розкладу руху міського пасажирського транспорту у транспортно-пересадочних вузлах: Свідоцтво про реєстрацію авторського права №74967. Державна служба інтелектуальної власності України. 27.11.17. 8 с.

49. Вдовиченко В.О. Метод слот-координації руху міського громадського пасажирського транспорту в умовах транспортно-пересадочних терміналів: Свідоцтво про реєстрацію авторського права №78466. Державна служба інтелектуальної власності України. 20.04.18. 8 с.

50. Вдовиченко В.О. Метод розподілу маршрутів міського громадського пасажирського транспорту між зупиночними пунктами транспортно-пересадочного терміналу: Свідоцтво про реєстрацію авторського права №78467. Державна служба інтелектуальної власності України. 20.04.18. 11 с.

51. Вдовиченко В.О., Копитков Д.М. Метод соціально-маркетингової оцінки сервісної якості міських пасажирських послуг: Свідоцтво про реєстрацію авторського права №78468. Державна служба інтелектуальної власності України. 20.04.18. 11 с.

АНОТАЦІЯ

Вдовиченко В.О. Развитие научно-технологических основ взаимодействия городского пассажирского транспорта в транспортно-пересадочных узлах. – На правах рукописи.

Диссертация на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Міністерство освіти і науки України, Харків, 2019.

Диссертация посвящена вирішенню актуальної науково-практичної проблеми підвищення ефективності функціонування транспортно-пересадочних вузлів міського пасажирського транспорту з позиції покращення їх функціональної сталості. Розроблено комплексний підхід до формування адаптаційного циклу управління взаємодією суб'єктів маршрутного потоку в транспортно-пересадочних вузлах, що має на меті покращити сервісно-споживчу якість транспортного обслуговування пасажирів, забезпечити раціональне використання наявних ресурсів зупинних пунктів, знизити рівень конфліктності руху транспортних засобів та реалізувати цільову відповідність технологічних процесів взаємодії умовам сталого розвитку міст. Розроблено загальну схему функціональної сталості об'єктів інфраструктури міського пасажирського транспорту, що ґрунтується на репрезентації її у вигляді сервісно-ресурсної параметризації внутрішніх динамічних процесів, характер протікання яких є визначальним для оцінювання ефективності взаємодії суб'єктів маршрутного потоку. Підвищення рівня функціональної сталості транспортно-пересадочних вузлів забезпечується інваріантністю процесу функціонування зупинних пунктів шляхом формування необхідного рівня резерву їхньої пропускної спроможності, раціональним розподілом маршрутів, слот-координацією розкладу руху та оперативним коригуванням закріплення маршрутів. Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці теорії та концепції забезпечення функціональної сталості взаємодії суб'єктів міського пасажирського транспорту, що створюють методологію підвищення ефективності транспортно-пересадочних вузлів.

Ключові слова: транспортно-пересадочний вузол, зупинний пункт, функціональна сталість, транспортний засіб, міський пасажирський транспорт, ефективність, взаємодія.

АННОТАЦИЯ

Вдовиченко В.А. Развитие научно-технологических основ взаимодействия городского пассажирского транспорта в транспортно-пересадочных узлах. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы. – Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Министерство образования и науки Украины, Харьков, 2019.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-практической проблемы повышения эффективности функционирования транспортно-пересадочных узлов городского пассажирского транспорта с позиции улучшения их функциональной устойчивости. Разработанный комплексный подход к формированию адаптационного цикла управления взаимодействием субъектов маршрутного потока в транспортно-пересадочных узлах позволяет улучшить сервисно-потребительское качество транспортного обслуживания пассажиров, обеспечить рациональное использование имеющихся ресурсов остановочных пунктов, снизить уровень конфликтности движения транспортных средств и реализовать целевое соответствие технологических процессов взаимодействия условиям устойчивого развития городов.

Использование многоуровневого подхода к оценке эффективности транспортно-пересадочных узлов реализовано путем согласования временных параметров простоя транспортных средств с ресурсными возможностями остановочных пунктов, маршрутов и улично-дорожной сети. Разработана общая схема функциональной устойчивости объектов инфраструктуры городского пассажирского транспорта которая основана на представлении ее в виде сервисно-ресурсной параметризации внутренних динамических процессов, характер протекания которых является определяющим в оценке эффективности взаимодействия субъектов маршрутного потока. Обоснована структура и состав функциональной модели транспортно-пересадочного узла, что позволило выделить базовые элементы формирования их эффективности.

Повышение уровня функциональной устойчивости транспортно-пересадочных узлов обеспечивается инвариантностью процесса функционирования остановочных пунктов путем формирования необходимого уровня резерва их пропускной способности, рациональным распределением маршрутов, слот-координацией расписания движения и оперативной корректировкой закрепления маршрутов. Предложенные управленческие действия по стабилизации функционирования остановочных пунктов является технологической основой производственной программы транспортно-пересадочных узлов, они вносят определенную упорядоченность в процессы планирования и управления их работой, позволяют систематизировать сервисно-ресурсные параметры, способствуют повышению качества транспортного обслуживания пассажиров, реализуют возможности максимального использования потенциала городского пассажирского транспорта и обеспечивают его соответствие условиям устойчивого развития городской среды.

Сокращение времени межмаршрутных пересадок пассажиров достигается синхронизацией периодов пребывания транспортных средств в транспортно-пересадочных узлах за счет введения дополнительного сервисного простоя, целесообразность которого определяется условиями согласования временных параметров формирования объемов отправления пассажиров в остановочных пунктах, планового времени отправления транспортных средств и уровня флуктуации их прибытия.

Практическое значение полученных результатов состоит в разработке

теории и концепции обеспечения функциональной устойчивости взаимодействия субъектов городского пассажирского транспорта, которые создают методологию повышения эффективности транспортно-пересадочных узлов.

Ключевые слова: транспортно-пересадочный узел, остановочный пункт, функциональная устойчивость, транспортное средство, городской пассажирский транспорт, эффективность, взаимодействие.

ABSTRACT

Vdovychenko V. Development of scientific and technological bases of interaction of urban passenger transport in transport hubs. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for obtaining a scientific degree of Doctor of Technical Sciences in specialty 05.22.01 – transport systems. – Kharkiv National Automobile and Highway University, Ministry of Education and Science of Ukraine. – Kharkiv, 2019

The dissertation is devoted to the decision of the actual scientific and practical problem of improving the efficiency of the functioning of transport hubs of urban passenger transport from the point of view of improving their functional constancy. The developed integrated approach to the formation of an adaptation cycle for managing the interaction of the subjects of the flow in the transport-transfer nodes allows to improve the service and consumer quality of transport services of passengers, to ensure the rational use of available resources of stopping points, to reduce the level of conflicts of traffic of vehicles and to realize the target conformity of technological processes of interaction conditions of sustainable urban development. The general scheme of functional constancy of urban passenger transport infrastructure objects is developed, which is based on the presentation of it in the form of service-resource parameterization of internal dynamic processes, the nature of which is crucial in assessing the evaluation of the interaction of the subjects of the flow. Increasing the level of functional constancy of transport hubs is ensured by the invariance of the operation of stopping points by forming the necessary level of reserve of their throughput, rational distribution of routes, slot-coordination of the timetable and operational correction of fixing routes. The practical significance of the results obtained is to develop the theory and concept of ensuring the functional constancy of the interaction of subjects of urban passenger transport, which create a methodology for increasing the efficiency of transport hubs.

Key words: transport hub, stopping point, functional constancy, vehicle, urban passenger transport, efficiency, interaction.

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 1.9. Тир. 100 прим. Зам. № 180-19.
Підписано до друку 18.04.2019. Папір офсетний.

Надруковано з макету замовника у ФОП Бровін О.В.
61022, м. Харків, вул. Трінклера, 2, корп.1, к.19. Т. (057) 758-01-08, (066) 822-71-30
Свідоцтво про внесення суб'єкта до Державного реєстру
видавців та виготовників видавничої продукції серія ДК 3587 від 23.09.09 р.



СТИЛЬ-ИЗДАТ[®]
ТИПОГРАФИЯ
www.stil-izdat.com