Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Міністерства освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

Вдовиченко Володимир Олексійович

УДК 656.072

ДИСЕРТАЦІЯ

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

05.22.01 – транспортні системи
27 – транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____В. О. Вдовиченко

Науковий консультант Нагорний Євген Васильович, доктор технічних наук, професор

Харків – 2019

АНОТАЦІЯ

Вдовиченко В.О. Розвиток науково-технологічних основ взаємодії міського пасажирського транспорту в транспортно-пересадочних вузлах. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи (275 – транспортні технології).– Харківський національний автомобільно-дорожній університет Міністерства освіти і науки України, Харків, 2019.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню проблеми підвищення ефективності функціонування транспортно-пересадочних вузлів міського пасажирського транспорту. Напрямком дослідження визначено необхідність розробки нових науково обґрунтованих методик та підходів до удосконалення технологічної взаємодії суб'єктів МПТ погоджених з основоположними принципами сталого розвитку міст, покращення сервісно-споживчої якості транспортного обслуговування пасажирів та раціонального використання наявних ресурсів ТПВ.

Метою дослідження є підвищення сервісно-ресурсних параметрів функціональної сталості транспортно-пересадочних вузлів міського пасажирського транспорту.

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.

Наукова новизна одержаних 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 простою 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.

Запропоновано розглядати внутрішні технологічні процеси взаємодії суб'єктів МПТ в ТПВ з позиції обліку характеру їх багаторівневого впливу на сервісно-ресурсні показники обслуговування вхідних потоків, провізні можливості маршрутів, пропускну спроможність елементів вулично-дорожньої мережі, непродуктивні простої транспортних засобів та умови виникнення чинників небезпеки дорожнього руху.

Розроблена методологія використання системного підходу для оцінювання ефективності МПТ дозволила визначити багаторівневу структуру її дослідження. При виділенні рівнів представлення МПТ застосована методологія багаторівневої ієрархії та положення теорії складних систем. Це забезпечило реалізацію принципів інтеграційного представлення ефективності ТПВ МПТ. Встановлення інтегральної ефективності ТПВ запропоновано проводити виходячи з чотирьох методологічних рівнів дослідження МПТ: об'єктів інфраструктури, маршрутної мережі, міської транспортної системи, міського середовища. Така форма дозволила встановити характер функції прирощення сервісно-ресурсної ефективності для кожного рівня за рахунок

погодження внутрішніх цілей об’єктів інфраструктури з ресурсними можливостями маршрутної мережі та ВДМ. Використання багаторівневого підходу до оцінювання ефективності ТПВ забезпечило зниження кількості конфліктних ситуацій в зупинних пунктах на 14,3-43,6 % та скорочення загального часу непродуктивного простою ТЗ на 4,3-53,4 %.

Сервісні параметри ефективності МПТ запропоновано визначати показниками якості транспортного обслуговування. Виділені маркетингові стимули формування сервісної якості транспортних послуг МПТ, що відтворюють її споживчі властивості. Оцінювати сервісну якість транспортних послуг запропоновано на основі встановлення рівня міжрівневих розривів технічної пропозиції та соціально-маркетингових потреб пасажирів. Оцінка ресурсної складової ефективності ТПВ МПТ реалізується шляхом встановлення рівня резервів пропускної спроможності зупинних пунктів, що відображають можливість протидіяти чинникам дестабілізації взаємодії суб’єктів вхідного маршрутного потоку. Впровадження управлінських дій спрямованих на забезпечення необхідного рівня резерву пропускної спроможності зупинних пунктів 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 %.

Розроблена загальна схема функціональної сталості об’єктів інфраструктури МПТ. Вона ґрунтується на сервісно-ресурсній параметризації внутрішніх динамічних процесів, характер протікання яких є визначальним при оцінюванні поточного стану суб’єктів взаємодії. Теоретичні основи визначення функціональної сталості ТПВ розроблено з використанням теорії масового обслуговування. Допустимі межі параметричних просторів сервісно-ресурсних індикаторів ефективності взаємодії запропоновано оцінювати шляхом встановлення функціонального зв’язку між відображення впливу множини організаційно-управлінських рішень на показники стабілізації технологічних процесів та їх відповідність маркетинговим вимогам споживчої підсистеми. Запропоноване представлення функціональної сталості об’єктів інфраструктури

забезпечило цільове відтворення базових принципів оцінювання приросщення потенціалу МПТ та дозволило реалізувати процедуру пошуку ефективних механізмів протидії чинникам внутрішньої та зовнішньої дестабілізації суб'єктів взаємодії в ТПВ.

Виділена структура та склад функціональної моделі ТПВ. Встановлено, що ключовими елементами впливу на ефективність взаємодії є наступні параметри: експлуатаційні характеристики вхідного маршрутного потоку, тривалість технологічного та сервісного простою транспортних засобів, закономірності утворення та міжмаршрутного розподілу пасажиропотоків в зупинних пунктах.

Для зниження часу міжмаршрутних пересадок пасажирів у ТПВ запропоновано впровадити додатковий сервісний час простою транспортних засобів у зупинному пункті. Основним призначенням цього часу є часткова компенсація впливу флуктуації прибуття та розширення діапазону синхронізації часу перебування транспортних засобів різних маршрутів у ТПВ. Експериментальним шляхом встановлено, що впровадження сервісного простою в зупинних пунктах з інтенсивністю транзитних маршрутів до 40 авт/год забезпечує скорочення середнього часу перебування пасажирів у ТПВ на 15,4–23,6 %. Для зупинних пунктів початкових пересувань та пунктів з інтенсивністю вхідного потоку понад 40 авт/год застосування сервісного простою недоцільно. Впровадження сервісного часу в таких умовах призводить до критичного зниження резерву пропускної спроможності зупинних пунктів та збільшення часу переміщення пасажирів через ТПВ, у тому числі внаслідок стрімкого зростання тривалості простою транспортних засобів у черзі.

Розроблена на основі методології об'єктно-орієнтованого підходу імітаційна модель ТПВ дозволила забезпечити комплексний опис стану суб'єктів взаємодії. Базова структура класів моделі включає чотири види: транспортні потреби пасажирів сформовані у ТПВ, транспортна пропозиція, яка забезпечується вхідним маршрутним потоком МПТ, характеристики прилеглих елементів ВДМ та експлуатаційні параметри зупинних пунктів.

На основі проведеного кластерного аналізу зупинних пунктів ТПВ м. Харків, м. Кривий Ріг, м. Херсон, м. Слов'янськ виділені п'ять базових техніко-технологічних параметрів їх розподілу: кількість маршрутів, інтенсивність прибуття ТЗ, пасажирообмін, тип маршрутів та довжина зупинних пунктів.

Проведена статистична оцінка параметрів вхідного маршрутного потоку для обраних типових зупинних пунктів. Це дозволило встановити, що рівень наповнення транспортних засобів та час висадки (посадки) пасажира змінюються нормальним законом розподілу, а час маневрування транспортних засобів – за логнормальним. Флуктуація прибуття транспортних засобів не може бути описана статистичними законами розподілу, що пояснюється значним впливом фактичних умов руху по ділянках ВДМ.

Особливістю запропонованого підходу до підвищення рівня функціональної сталості зупинних пунктів ТПВ є його орієнтація на впровадження комплексу оптимізаційних управлінських заходів. Підвищення рівня функціональної сталості забезпечується інваріантністю процесу функціонування зупинних пунктів шляхом формування необхідного рівня резерву їх пропускної спроможності, раціональним розподілом маршрутів, слот-координацією розкладу руху та оперативним корегуванням закріплення маршрутів. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що впровадження сукупності керуючих дій в межах типових зупинних пунктів ТПВ дає можливість повністю ліквідувати конфліктні ситуації, знизити необхідний рівень резерву їх пропускної спроможності на 58,2-74,9 %, підвищити рівень якості транспортного обслуговування пасажирів на 1,4-30,8 % та забезпечити зростання абсолютного рівня функціональної сталості на 0,109-3,108. Підвищення рівня функціональної сталості зупинних пунктів забезпечило перехід їх стану до параметричного простору стабілізації, що дало можливим усунути необхідність залучення додаткових витрат на їх капітальну реконструкцію.

Практичне впровадження результатів дослідження забезпечило: зменшення непродуктивних простоїв ТЗ на 15-20 % та скорочення часу реалізації пересадок пасажирів між маршрутами в середньому на 3,5 хв в межах елементів пасажирської транспортної системи м. Херсона; зменшення часу очікування пасажирів у ТПВ «Харківська АС-1» ПАТ «Харківське підприємство автобусних станцій» на 17 %; скорочення непродуктивних простоїв ТЗ в середньому на 5,2 хв за рейс та підвищення експлуатаційної швидкості в середньому на 0,8 км/год на міських автобусних маршрутах ПАТ «Північтранс» у м. Кривий Ріг; зменшити сумарні непродуктивні простої ТЗ у зоні зупинних пунктів на 1,7 год за день на маршрутах ТОВ «Експрес» у м. Харків. Результати дослідження впроваджені у навчальному процесі Харківського національного автомобільно-дорожнього університету при підготовці фахівців за спеціальністю 275 «Транспортні технології».

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

Список публікацій здобувача.

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 Eenterprise 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 «ХПІ». 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. *Весник 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, 14 квітня 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»:* збірник тез 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:* матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Одеса: НТ 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 Skay 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.

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 (275 − transport technologies) – Kharkiv National Automobile and Highway University, Ministry of Education and Science of Ukraine. − Kharkiv, 2019

The dissertation is devoted to the decision of the problem of increasing the efficiency of the functioning of transport hubs (TH) of urban passenger transport (UPT). The research direction has determined the necessity of developing new scientifically grounded methods and approaches to improve the technological interaction of the subjects of the UPT consistent with the basic principles of sustainable urban development of cities, improving the service and consumer quality of transport services of passengers and rational use of available resources of TH.

The purpose of the research is increasing the service-resource parameters of the functional constancy of transport hubs of urban passenger transport.

Object of research: the process of functioning of transport-transplant nodes of urban passenger transport.

Subject of research: the influence of technological parameters and conditions of interaction of subjects of urban passenger transport on the functional constancy of transport hubs.

The scientific novelty of the obtained results is to develop a scientific and practical approach to the organization of interaction of subjects of UPT in solid waste

from the standpoint of ensuring their functional stability, which allowed to solve the actual scientific problem of increasing the efficiency of the functioning of objects of passenger transport infrastructure.

The important scientific decisions that are proposed in the research process and determine the novelty of the dissertation are the following:

for the first time:

– the methodology of the multilevel analysis of UPT has been developed which, unlike the existing ones, provided its representation from the position of elemental integration in the structure of the elements of the urban environment, which allowed to substantiate the inter-level principles of improving the efficiency of the operation of infrastructure objects UPT, based on the need to reduce contradictions between actors of interaction, improvement of service and consumer quality of transport services, ensuring rational use of resources and formation of positive influence and the quality of life of the population;

– on the basis of the presentation of the nature of structural connections, an integrated assessment of the effectiveness of the component components of the UPT is formed, which differs from the existing level of the hierarchy of representation of service-resource parameters, taking into account their inter-level conflicts and compromises, which allowed to ensure the implementation of the procedure of reasonable quantification of local objects of infrastructure within the only functional space;

– the concept of functional constancy of UPT infrastructure objects is formed, which is based on the presentation of its evaluation through parametrization of the service-resource status of interaction subjects, which, unlike existing ones, has allowed due to ensuring maximum correspondence of the existing technical proposal to the marketing requirements of the consumer subsystem to improve the quality of transport services passengers;

– the methodology of improving the interaction of the subjects of the route flow in the UPT, which differs from the existing implementation within the adaptation cycle of the management of a set of actions aimed at establishing a

rational length of service time of idle vehicles, the distribution of available resource capabilities of stopping points, slot coordination of the timetable and provides increase of level of functional stability of TH without constructive change of their elements;

it is improved:

– method of coordinating the timetable of traffic on the routes of the UPT, which, unlike existing ones, ensures coordination through the approval of the acceptable length of vehicles in the TH;

– method of organization of technological processes of functioning of stopping points of solid waste, which, unlike the known, provides accounting of the effect of service life of vehicles on reducing the time of transplantation of passengers;

got further development:

– the theory of quality assessment of UPT, which unlike the known research is based on the principles of accounting its service conformity and allows to establish the characteristic impact of technical proposal parameters on the level of satisfaction of social marketing needs of passengers;

– theory of modeling of UPT which in contrast to the existing takes into account the inter-level influence of the parameters of interaction of subjects of the flow of traffic in the landfill on the resource indicators of the routes.

It is proposed to consider the internal technological processes of interaction of subjects of UPT of TH from the standpoint of taking into account the nature of their multilevel influence on the service and resource indicators of the service of incoming flows, the route possibilities, the throughput of the elements of the street-road network (SRN), the unproductive simple vehicles and conditions of occurrence road traffic risk factors.

The developed methodology of using the system approach for assessing the effectiveness of the UPT allowed to determine the multi-level structure of its research. At selected levels of representation of the UPT a methodology of the multilevel hierarchy and the position of the theory of complex systems are applied. This ensured the implementation of the principles of the integration of the efficiency

of the TH of the UPT. It is proposed to set the integral efficiency of the TH based on the four methodological levels of research of the UPT: objects of infrastructure, route network, urban transport system, urban environment. This form has allowed to establish the character of service-resource efficiency for each level due to the approval of the internal goals of infrastructure objects with the resource capabilities of the route network and SRN. The use of a multi-level approach to the assessment of the effectiveness of the TH provided a reduction of the number of conflict situations in stopping points by 14.3-43.6 % and a reduction in the total time of unproductive simple vehicle by 4.3-53.4 %.

The service parameters of the UPT efficiency are proposed to be determined by the indicators of the quality of transport services. Marketing incentives are created for the formation of service quality of transport services of UPT, which reflect its consumer properties. Assessing the service quality of transport services is proposed on the basis of establishing the level of inter-level ruptures of the technical proposal and the social and marketing needs of passengers. The estimation of the resource component of the efficiency of the TH of UPT is realized by setting the level of reserve capacity of the stopping points, which reflects the possibility of counteracting the factors of the destabilization of the interaction of the subjects of the incoming route flow. The introduction of management actions aimed at ensuring the necessary level of reserve capacity of stopping points has allowed to reduce the average time spent by passengers on moving through the SHW by 0.9-1.4 minutes, which increased the quality of transport services by 15.2-15.4 %.

The general scheme of functional stability of UPT infrastructure objects is developed. It is based on the service-resource parametrization of internal dynamic processes, the nature of which is a determining factor in assessing the current state of interaction subjects. The theoretical basis for determining the functional stability of TH is developed using the theory of mass maintenance. Acceptable limits of parametric spaces of service-resource indicators of interaction efficiency are proposed to be evaluated by establishing a functional relationship between reflecting the influence of a plurality of organizational and managerial decisions on the

indicators of stabilization of technological processes and their compliance with the marketing requirements of the consumer subsystem.

The proposed representation of the functional sustainability of the infrastructure provided a targeted reproduction of the basic principles for assessing the growth potential of the UPT and allowed to implement a procedure for finding effective mechanisms for counteracting the factors of internal and external destabilization of the subjects of interaction in the TH.

The structure and composition of the functional model of TH are selected. It is defined, that the key elements of the impact on the interaction effectiveness are the following parameters: operating characteristics of the entrance flow, the length of the technological and service life of the vehicles, the patterns of formation and the routing distribution of passenger traffic at the stopping points.

In order to reduce the time between interchange transfers of passengers in the TH, it is proposed to introduce an additional service time of idle vehicles at stopping points. The main purpose of this time is partial compensation of the effects of fluctuations in arrival and expansion of the synchronization range of the time of finding vehicles of different routes in the TH. Experimentally it was established that the introduction of service idle in stopping points with the intensity of transit routes up to 40 car/hour provides a reduction of the average time spent by passengers in the landfill by 15.4-23.6 %. For stopping points of initial movements and items with an intensity of an input stream of more than 40 car/hour, the use of service idle is inappropriate. Implementation of service time in such conditions leads to a critical reduction in the reserve capacity of stopping points and an increase in the time of passage of passengers through TH, including as a result of the rapid growth of the idle time of vehicles in a queue.

Developed on the basis of the methodology of object-oriented approach, the simulation model of TH allowed to provide a comprehensive description of the state of interaction subjects. The basic structure of the model classes includes four types: passenger transport needs are formed in the TH, the transport offer is provided by the

incoming route flow of the UPT, the characteristics of the adjacent SRN elements and the operating parameters of the stopping points.

On the basis of the conducted cluster analysis of the stopping points THs of cities in Kharkiv, Kryvyi Rih, Kherson, Slavyansk, five basic technical and technological parameters of their distribution are identified: the number of routes, the intensity of the arrival of the TH, the passenger exchange, the type of routes and length of stopping points.

The statistical estimation of the parameters of the input stream flow for the selected typical stopping points has been carried out. This made it possible to establish that the level of filling of the vehicles and the time of landing of the passenger are replaced by the normal distribution law, while the time of maneuvering of vehicles is logically normal. Fluctuations in the arrival of vehicles can not be described by the statistical laws of distribution, which is explained by the significant influence of the actual traffic conditions on the sections of the SRN.

The peculiarity of the proposed approach to increasing the level of functional constancy of the stopping points of THs is its orientation towards the introduction of a complex of optimization management measures. The increase in the level of functional stability is ensured by the invariance of the operation of stopping points by forming the required level of reserve of their throughput, rational distribution of routes, slot coordination of the decomposition of traffic and operational correction of fixing routes. According to the results of experimental researches, it was established that the introduction of a set of control actions within the typical stopping points of the TH gives an opportunity to completely eliminate conflict situations, reduce the necessary level of their capacity reserve by 58.2-74.9 %, improve the quality of passenger transport services by 1, 4-30.8 % and provide an increase in the absolute level of functional stability by 0.109-3.108. The increase in the level of functional stability of stopping points ensured their transition to a parametric stabilization space, which made it possible to eliminate the need to attract additional costs for their capital reconstruction.

The practical implementation of the results of the study provided: reduction of unproductive downtime of TK by 15 % - 20 % and reduction of time of realization of transfers of passengers between routes on the average for 3,5 min. within the limits of elements of the passenger transport system of Kherson city; reduction of waiting time for passengers in the TH «Kharkiv BS-1» of the Passenger Motor Transport Company «Kharkiv Enterprise of Bus Stations» KEBS by 17 %; reduction of unproductive downtime of TK on average by 5.2 min. per flight and an increase in the operating speed of an average of 0.8 km/h. on the city bus routes of KEBS "Northtraffic" in Kryvyi Rih city; reduce the total unproductive simple of vehicles in the stopping area for 1.7 hours per day on the routes of the company "Express" in Kharkiv. The results of the research are implemented in the educational process of the Kharkiv National Automobile and Highway University in the training of specialists in specialty 275 «Transport technologies».

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

List of publications of the applicant.

Scientific works in which the main scientific results of the thesis have been published:

1. Vdovychenko V.O. The methodological bases of formation of system efficiency of urban public passenger transport in the conditions of sustainable development: monograph. Kharkiv: KhNAHU, 2017. 212 p.

2. Denisenko O. V., Vdovychenko V.O., Kalinichenko O.P. Some aspects of solving the network task of traffic management in cities. *Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University*. 2005. №30. P. 88-90.

3. Kalinichenko O.P., Denisenko O. V., Vdovychenko V.O. Influence of transport process parameters on the stability of joint work schedules. *Municipal economy of cities*. 2006. №72. P. 281-288.

4. Vdovychenko V.O., Kalinichenko O.P., Pavlenko O.V. Distribution of transport capacities as a task of dynamic programming. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2009. №6/7(42). P. 33-35.

5. Gorbachev P.F., Vdovychenko V.O., Rossolov A.V., Koliy A.S. Comprehensive assessment of the functioning of the Krivoy Rog routing network. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2009. №2/6(38). P. 4-7.

6. Vdovychenko V.O., Potaman N.V., Kalinichenko O.P., Pavlenko O.V. Assessment of accuracy of the methodology of transport resources distribution depending on entering data discretization level. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2013. №3/1(61) P. 30-33.

7. Nagornyy Y.V., Vdovychenko V.O. The concept to increase the urban mass transit interaction from the viewpoint of sustainable development. *Railway transport of Ukraine*. 2014. №6(109). P. 3-8.

8. Vdovychenko V.O. Evaluation of resource possibilities of urban passenger transport. *Transportation systems and transportation technologies*. 2014. №8. P. 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 Eenterprise Technologies*. 2016. №3/3(81). P. 44-51.

10. Vdovychenko V.O. Formation of social marketing evaluation of service quality of urban passenger transport services. *Technology audit and production reserves*. 2016. №5/2(31). P. 42-48.

11. Vdovychenko V.O. Formation of service resource conditions of stability of public urban passenger transport. *Technology audit and production reserves*. 2016. №6/2(32). P. 47-52.

12. Vdovychenko V.O. Qualitative assessment of the safety of transport service in urban public passenger transport. *Scientific notes*. 2016. №55. P. 54-59.

13. Vdovychenko V.O., Samchuk G.O. Development of a mathematical model of public transport interchanges functioning. *Bulletin of the NTU «KhPI». Series: Mechanic-technological systems and complexes*. 2016. №17(1189). P. 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. Vdovychenko V.O. Analysis of destabilizing factors of internal sustainability of urban public passenger transport. *Technology audit and production reserves*. 2017. №1/2(33). P. 23-30.

16. Vdovychenko V.O. Structure of the evaluation of the efficiency of urban public passenger transport from the standpoint of sustainable development. *Scientific notes*. 2017. №59. P. 38-44.

17. Vdovychenko V.O. Service-resource model of the functioning of urban public passenger transport. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*. 2017. №2(103) P. 82-90.

18. Vdovychenko V. Fuzzy productive model of sustainable development of urban public passenger transport. *Automobile transport*. 2017. №41. P. 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. *Technology audit and production reserves*. 2017. №3/2(35). P. 41-46.

20. Vdovychenko V. Analysis of the formation of fluctuations of service time of vehicles in transport-transfer stations of urban passenger transport. *Technology audit and production reserves*. 2017. №4/2(36). P. 37-43.

21. Vdovychenko V.O. Distribution of routes among stopping items of the transport- transplantation terminal of urnan public passenger transport. *Municipal economy of cities*. 2017. №139. P. 33-38.

22. Vdovychenko V.O. An estimation of expediency of priority motion of urban public passenger transport from positions of stabilizing of arrival time to the transport-transplantation terminal. *Scientific notes*. 2017. №60. P. 75-79.

23. Vdovychenko V.O. Slot coordination of motion of urban public passenger transport in the conditions of transport-transplantation terminal. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*. 2017. №5(106). P. 51-55.

24. Vdovychenko V.O. Influence of optimization management of transport interchange hub of urban passenger transport on the share of unproductive downtime

of vehicles. *Bulletin of the NTU «KhPI». Series: Mechanic-technological systems and complexes*. 2017. №17(1189). p. 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. *Technology audit and production reserves*. 2018. №1/2(39). P. 69-76.

26. Vdovychenko V.O., Volikov V.V. Estimation of expediency of introduction of high-speed passenger transport system of the second level in the city of Kharkiv. *Municipal economy of cities*. 2018. №140. P. 69-75.

27. Vdovychenko V. Analysis of the resources provision of stopping points of transport-transfer stations of urban passenger transport. *Technology audit and production reserves*. 2018. №2/2(40). P. 50-56.

28. Vdovychenko V.A. Formation of potential of urban public passenger transport system on the basis of its resource capabilities. *Bulletin of BelSUT «Science and transport»*. 2015. №2(31). P. 76-78.

Scientific papers certifying the approbation of the materials of the thesis:

29. Vdovychenko V.O. Improvement of cooperation of urban public passenger transport in transport hubs. *Transport and logistics: problems and solutions:* collection of scientific works of the IV international scientific-practical conference, Lugansk: SNU im. V. Dalya, 14-16 may 2013. P. 41-43.

30. Vdovychenko V.O. Cooperation of passenger transport of general use in transport hubs in the conditions of city logistics. *Logistics of industrial regions*: collection of scientific works on the materials of the fifth International scientific-practical conference, Donetsk: DAAT, 3-4 april 2013. P. 12-14.

31. Vdovychenko V.O. Indicators for assessing the cooperation efficiency of urban passenger transport in transport hubs. *Problems of transport systems and logistics development:* collection of scientific works of the fifth International scientific-practical conference, Lugansk: SNU im. V. Dalya, 5-8 may 2014. P. 36-37.

32. Vdovychenko V.O., Maksyutenko A.A. Formation of the criterion of working efficiency of urban passenger transport on the basis of time characteristics. *Integration processes and innovative technologies. Achievements and prospects of the*

technical sciences: collection of materials of the international scientific-practical conference, Kharkiv: KhNAHU, 14 april 2014. P. 226-228.

33. Vdovychenko V.O., Linova M.V. Analysis of technological solutions of enhancing the cooperation quality of urban passenger transport in transport hubs. *Increase of reliability of machines and equipment:* collection of abstracts of the VIII All-Ukrainian scientific-practical conference of students and graduate students, Kropyvnytskyi: KNTU, 16-18 april 2014. P. 198 – 200.

34. Vdovychenko V.O. On the issue of creation of mathematical models of urban passenger transportation technological processes. *Urgent problems of teaching fundamental and applied mathematics in modern higher educational establishment:* All-Ukrainian scientific and methodical conference, Kharkiv: KhNAHU, 19-20 may 2015. P. 103-105.

35. Vdovychenko V.O. Resources of the municipal passenger transport system. *Development of scientific and innovative activity of transport:* abstracts of the 77th International scientific-technical conference, collection of scientific works of Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv: UkrSURT, 16-18 april 2015. №151(1). P. 132-133.

36. Vdovychenko V.O., Velykodnyi D.O., Nikitchenko V.M. Investigation of redistribution of passenger traffic on passenger transport urban routes of the city of Kryvyi Rih. *Problems and prospects of motor transport development:* materials of the 3rd International scientific-practical internet conference, Vinnytsia: VNTU, 14-16 april 2015. P. 50-53.

37. Vdovychenko V.O. Modern requirements for the systematic structuring of urban public passenger transport. *Prospects for the development of the transport complex (Problems of management, economy, ecology and law concerning development of the transport complex of Ukraine.)*: materials of the IV All-Ukrainian scientific-practical conference, Dnipropetrovsk, Odessa: NASU, MESU, MIU, 5-6 november 2015. P. 57-59.

38. Vdovychenko V.O. Increasing the efficiency of urban passenger transportation on the basis of the use of urban logistics principles. *International*

transport corridors and corporate logistics: collection of abstracts of the eleventh International scientific-practical conference *Bulletin of transport economy and industry*. Kharkiv: TAU, 11-13 june 2015. №50. P. 43-44.

39. Vdovychenko V.O. Estimation of the availability of urban public passenger transport services. *Construction of buses and passenger transportations in Ukraine*: collection of abstracts of the second All-Ukrainian scientific-practical conference, Lviv: Lviv Polytechnic, 17-18 march 2016. P. 79-81.

40. Vdovychenko V.O. Assessment of service quality of urban passenger transport services. *Fundamental and applied research in modern science:* Collection of scientific works of the IV scientific conference, Kharkiv: Technological center, 30 october 2016. P. 75-76.

41. Velykodnyi D.O., Vdovychenko V. O. Improving the efficiency of urban passenger transport cooperation in the transport hub. *Problems and prospects of motor transport development:* materials of the 3rd International scientific-practical internet conference, Vinnytsia: VNTU, 15-16 april 2016. P. 25-27.

42. Vdovychenko V.O., Samchuk G.O. Comprehensive approach to improving the efficiency of urban passenger transport system. *Actual problems in the spheres of science and ways of their solution*: materials of the international scientific and practical conference, Odessa: Smart and Young. 19-20 febrary 2016. №3. P. 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.

Scientific works, which additionally reflect the scientific results of the dissertation:

44. Kopytkov D.M., Vdovychenko V.O. Evaluation of urban passenger transportation operational efficiency in terms of socio-technical approach. *Young Scientist*. 2017. №3. P. 729-734.

45. Volikov V.V., Vdovychenko V.O. Transport infrastructure of Kharkiv (analysis and main tendencies). *Business Inform*. 2017. №12(479). P. 292-299.

46. Volikov V.V., Taranets O.O., Raltseva I.M., Vdovychenko V.O. Concept of second level transport development in Kharkiv based on technology of Skay Way Kharkiv. PE Liburkina L.M. 2018. 48 p. (Preprint. Kharkiv National Automobile and Highway University).

47. Vdovychenko V.O., Samchuk G.O. Method of forming the admissible area of technological solutions in the field of transportation by urban public passenger transport on the basis of assessing its level of safety: Certificate of registration of copyright. №70510. State Service of Intellectual Property of Ukraine. 17.02.17. 8 p.

48. Vdovychenko V.O., Samchuk G.O. Method of synchronization of the timetable of urban passenger transport in transport hubs: Certificate of registration of copyright. №74967. State Service of Intellectual Property of Ukraine. 27.11.17. 8 p.

49. Vdovychenko V.O. Method of slot coordination of urban public passenger transport in terms of transport interchange terminals: Certificate of registration of copyright. №74466. State Service of Intellectual Property of Ukraine. 20.04.18. 8 p.

50. Vdovychenko V.O. Method of distribution of routes of urban public passenger transport between stopping points of the transport hub: Certificate of registration of copyright. №78467. State Service of Intellectual Property of Ukraine. 20.04.18. 11 p.

51. Vdovychenko V.O., Kopytkov D.M. Method of social-marketing assessment of service quality of urban passenger services: Certificate of registration of copyright. №78468. State Service of Intellectual Property of Ukraine. 20.04.18. 11 p.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень 31
Вступ 32
Розділ 1 Сучасний стан організації та управління міськими пасажирськими транспортними системами 40
1.1 Сучасні проблеми міських пасажирських транспортних систем та напрями їх вирішення 40
1.2 Розвиток системного представлення МПТ 53
1.3 Аналіз існуючих методів оцінювання ефективності МПТ 59
1.4 Сучасні тенденції та підходи удосконалення ТПВ 67
1.5 Структурно-логічна схема дослідження 78
1.6 Висновки за розділом 1 81
Розділ 2 Методологія багаторівневого аналізу ефективності міського пасажирського транспорту 83
2.1 Методологічні рівні дослідження МПТ 83
2.2 Структура багаторівневого оцінювання ефективності МПТ 91
2.3 Сервісно-ресурсні параметри оцінювання інтегральної ефективності МПТ 104
2.4 Модель проблемної ситуації підвищення ефективності МПТ 118
2.5 Висновки за розділом 2 124
Розділ 3 Концепція функціональної сталості об’єктів інфраструктури міського пасажирського транспорту 126
3.1 Загальноутворюючі принципи сталого розвитку МПТ 126
3.2 Формування уявлень про функціональну сталість об’єктів інфраструктури 129
3.2.1 Загальне представлення функціональних зв’язків МПТ 129
3.2.2 Концептуальна структура сталості МПТ 131
3.2.3 Облік погодженості функціональних процесів в об’єктах інфраструктури МПТ з умовами сталого розвитку МС 137

3.3 Вплив дестабілізації технологічних процесів на функціональну сталість об’єктів інфраструктури МПТ 144
3.4 Сервісно-ресурсна модель функціонування МПТ 152
3.4.1 Структура сервісно-ресурсної моделі 152
3.4.2 Параметризація сервісно-ресурсних потоків 157
3.5 Висновки за розділом 3 163
Розділ 4 Методологія моделювання взаємодії суб’єктів маршрутного потоку МПТ в транспортно-пересадочних вузлах 165
4.1 Структура конфігураційних елементів моделі ТПВ 165
4.2 Моделювання розподілу пасажирів між суб’єктами маршрутного потоку 174
4.3 Моделювання часових параметрів обслуговування суб’єктів маршрутного потоку 181
4.3.1 Розрахунок тривалості простою маршрутних транспортних засобів 188
4.3.2 Вплив флуктуації прибуття транспортних засобів на формування часових параметрів вхідного маршрутного потоку 188
4.4 Формування критерію ефективності ТПВ 196
4.5 Параметри перевірки адекватності моделі 208
4.6 Аналітичне дослідження впливу часу сервісного простою ТЗ на сервісні показники взаємодії 210
4.7 Висновки за розділом 4 216
Розділ 5 Теоретичні основи управління транспортно-пересадочними вузлами 218
5.1 Загальні вимоги до управління функціональною стабілізацією процесів взаємодії в ТПВ 218
5.2 Напрями управління ризиками сталості МПТ 220
5.3 Формування адаптаційного циклу управління ТПВ 230
5.4 Оптимізаційні заходи управління 233
5.4.1 Раціоналізація розподілу вхідного маршрутного потоку між ЗП 233
5.4.2 Раціоналізація резервування пропускної спроможності ЗП 237

5.4.3 Слот-координація руху ТЗ 239
5.4.4 Оперативний перерозподіл маршрутів між ЗП 247
5.5 Конструктивні заходи управління 248
5.6 Висновки за розділом 5 255
Розділ 6 Експериментальні дослідження взаємодії суб'єктів маршрутного потоку в транспортно-пересадочних вузлах 257
6.1 Мета та задачі експериментального дослідження 257
6.2 Розробка імітаційної моделі ТПВ 259
6.3 Кластерний аналіз зупинних пунктів ТПВ 268
6.4 Статистична оцінка параметрів функціонування ЗП ТПВ 277
6.5 Експериментальні дослідження сервісно-ресурсних параметрів функціонування ЗП ТПВ 283
6.5.1 Методика проведення експериментальних досліджень 283
6.5.2 Аналіз результатів експериментальних досліджень 284
6.6 Апробація елементів циклу управління ТПВ 297
6.7 Оцінка зміни параметрів функціональної сталості ЗП ТПВ 306
6.7 Висновки за розділом 6 312
Висновки 314
Список використаних джерел 319
Додаток А Лістинг програм 356
Додаток Б Результати обробки натурних спостережень ТПВ 368
Додаток В Характеристика ЗП ТПВ 373
Додаток Г Результати обстеження базових ЗП 392
Додаток Д Статистичні характеристики розподілу випадкових величин 411
Додаток Е Результати моделювання 427
Додаток Ж Результати розробки слот-розкладів 447
Додаток К Акти впровадження 450
Додаток Л Свідоцтво про реєстрацію авторського права 460
Додаток М Список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації 466

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВДМ – вулично-дорожня мережа

ЗП – зупинний пункт

ММ – маршрутна мережа

МПТ – міський пасажирський транспорт

МПТС – міська пасажирська транспортна система

МС – міське середовище

МТС – міська транспортна система

ОІ – об’єкти інфраструктури

ТЗ – транспортний засіб

ТПВ – транспортно-пересадочний вузол

ВСТУП

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;

– сформувати 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 сформувати 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 одержаних 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 простою 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 та викладено в роботах [1-51]. Особистий внесок дисертанта в колективних публікаціях полягає в такому: розроблено методику збору інформації про параметри транспортної мережі [2]; визначено межі стійкості системи [3]; сформовано математичну модель розподілу [4]; розроблено методику 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.

РОЗДІЛ 1
СУЧАСНИЙ СТАН ОРГАНІЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМИ ПАСАЖИРСЬКИМИ ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ

1.1 Сучасні проблеми міських пасажирських транспортних систем та напрями їх вирішення

Урбанізація стала головним чинником соціально-економічного розвитку територіальної організації суспільства у 20 столітті [52]. Значна концентрація населення у містах [53] призвела до виникнення ряду проблемних аспектів забезпечення їхньої нормальної життєдіяльності, серед яких провідну роль займають питання транспортного обслуговування населення. Сучасний пасажирський транспорт сьогодні виступає в якості головного системоутворючого елемента, від рівня ефективності якого у значній мірі залежить розвиток потенціалу міського середовища [54-58]. Однак, реалії сьогодення вказують на те, що інфраструктура МПТС розвивається повільніше, ніж змінюються транспортні потреби населення, виникає так зване «просторове застарювання» міського транспорту [59-61]. Особливо гострою ця проблема стає для МПТ, де неможливо оперативно перебудувати його обслуговуючу інфраструктуру у відповідності до нових вимог.

Транспортна інфраструктура у значній мірі формує просторовий потенціал МС та визначає напрямки розвитку МПТ. За цільовим характером розвитку транспортної інфраструктури у роботі [56] автором виділені чотири основних типи міст: повністю автомобільна мережа, слабкий центр, сильний центр, обмеження трафіку. Незалежно від типу просторової структури міст, принциповою транспортною проблемою у глобальному масштабі є зіткнення міста та автомобілів. Основним проявом такої ситуації, що викликана надмірною автомобілізацією, є транспортні колапси. Першочерговою причиною їх появи є затори, що виникають через диспропорцію попиту та можливостей транспортної інфраструктури. Вирішення проблеми заторів та їх

негативних наслідків сьогодні стало головною задачею міст. Існуючі підходи пропонують для цього використання двох протилежних стратегій. Перша стратегія передбачає зосередження дій на розбудові транспортної інфраструктури та концентрації основних зусиль на створенні умов безперешкодного використання легкових автомобілів для задоволення потреб у пересуванні. Друга стратегія орієнована на обмеженні застосування автомобілів та передбачає поширення використання МПТ. В основі таких різнобічних стратегій розвитку МПТС лежать різні ресурсні можливості МС. Європейські та азіатські міста, у порівнянні з містами США, внаслідок свого історичного компактного планування, не мають можливості задоволення зростаючого трафіку за рахунок розбудови транспортних магістралей та паркінгів. Основним видом забезпечення переміщення населення таких міст є МПТ, а останнім часом активно використовуються велосипеди та рух пішки [62-64].

Також слід відмітити, що стратегія впровадження екстенсивних методів протидії заторам за допомогою розбудови ВДМ не дозволяє забезпечити вирішення всіх проблемних аспектів, а навпаки дуже часто призводить до їх погіршення. Таке планування стало каталізатором зростання кількості автомобілів, утворюючи «порочне коло»: підвищення пропускної спроможності ВДМ провокує ще більшу залежність населення від використання автомобілів та збільшує їх негативні наслідки. Дилема вибору стратегічних шляхів розвитку будь якої МПТС значно спрощується розумінням її головної мети. Мета МПТС яскраво відтворена у словах видатного вченого-транспортника В. Вучика [56]: «завдання транспортної системи – переміщення людей, а не транспортних засобів». Розуміння цього вислову дає можливість чітко встановити ефективні напрями реорганізації МПТС, які повинні бути сконцентровані на соціальній значущості міського транспорту. Основна концепція такого уявлення про МПТС полягає у формуванні її структури спрямованої на якісне задоволення потреб у переміщенні населення, а не їх автомобілів. Важливим елементом формування такої позиції МПТС є встановлення її значної ролі у забезпеченні якості життя населення [65, 66].

Переорієнтація напрямів вирішення транспортних завдань від проблем автомобіля до проблем населення, вимагає розробки нових підходів до його позиціювання у структурі міського середовища, удосконалення технологічних процесів та впровадження інноваційних систем управління. Основним стратегічним контуром цих дій є їх орієнтація на мінімізацію залежності населення міст від використання індивідуального автомобіля.

Дуже гострою проблемою сучасних МПТС є забезпечення безпеки руху. Висока інтенсивність транспортних потоків поєднана з ускладненими умовами руху призводить до виникнення значної кількості аварійних подій. Останнім часом у світі та Україні вирішенню цієї проблеми приділяється значна увага, що обумовлено високим рівнем травмування та загибелі людей від дорожньо-транспортних пригод (протягом 2017 р. в України загинуло понад 3,4 тис. осіб, а травмовано – 34,7 тис. осіб). Серед основних завдань які знаходяться в сфері підвищення безпеки дорожнього руху в містах виділяють такі стратегічні напрямки:

- розвиток інфраструктури паркування автомобілів [67, 68];
- забезпечення безпечних швидкісних режимів руху [69, 70];
- адміністративно-правове регулювання [71];
- удосконалення режимів регулювання дорожнього руху [2, 72, 73];
- впровадження інтелектуальних систем управління [74].

Важливим аспектом формування ефективної МПТС є забезпечення її екологічної відповідності. Необхідність зниження екологічного навантаження викликана потребою суспільства у формуванні придатних для проживання міських територій, в межах яких концентрація шкідливих речовин не повинна перевищувати допустимі норми. Вирішення цього задання в рамках МПТС реалізується у двох стратегічних напрямах:

- удосконалення конструкції ТЗ та застосування екологічно чистої енергії [75-78];
- підвищення ефективності використання наявних провізних можливостей транспорту [79, 80].

МПТС є потужним споживачем всіх видів ресурсів (енергетичних, територіальних, економічних та ін.). Важливою складовою забезпечення результативності є підвищення її ресурсної ефективності [81-85]. Проблема раціонального використання ресурсів для забезпечення функцій пасажирського транспорту є глибокою, важкою, та має загальносвітовий масштаб. Значним викликом сьогодення для вчених-транспортників стала задача пошуку механізмів забезпечення ефективного функціонування міського транспорту в умовах обмежених ресурсних можливостей транспортної інфраструктури [86-88]. Вирішення завдань ефективного використання ресурсів ВДМ різними видами транспорту повинне розглядатися в контексті комплексної програми раціонального розподілу пасажиропотоків між індивідуальними автомобілями та громадським МПТ. Поширення застосування населенням МПТ дає значні переваги з погляду забезпечення ефективності функціонування, як міської транспортної системи, так і міського середовища в цілому. Основною перевагою використання МПТ є гармонійне поєднання якості транспортного обслуговування населення з раціональним використанням ресурсів [89, 90]. Інтенсифікація використання МПТ крім розвантаження транспортних магістралей дозволяє підвищити екологічну, транспортну та ресурсну безпеку міського середовища. Проблема пріоритетного вибору МПТ, в якості основного виду реалізації переміщень, ґрунтується на ряді вимог населення до нього, серед яких основними є:

– необхідність забезпечення високого рівня доступності;

– задоволення індивідуальних потреб населення через облік їх особистих вимог;

– забезпечення відповідності соціально-маркетинговим потребам різних груп населення;

– забезпечення надійності та безпечності перевезень;

– цінова мотивація використання МПТ;

– адаптивність до особистих вимог пасажирів.

Важливим елементом створення ефективної МПТС є забезпечення високого рівня внутрішньої взаємодії її структурних елементів [41]. На жаль сьогодні різні види МПТ у більшості випадків працюють незалежно один від одного, відсутня або нерозвинена технічна, технологічна, організаційна та правова форми взаємодії [4, 43]. Ця проблема обумовлена, в першу чергу, відсутністю єдиної структури управління, яка повинна охоплювати всіх суб'єктів транспортного ринку та надавати можливість реалізації принципів їх кооперації.

Впровадження нових технологій транспортного обслуговування населення потребує синхронної зміни нормативно-правової бази. Такі вимоги ґрунтуються на необхідності створення умов для реалізації принципів інтермодальних та мультимодальних технологій перевезень пасажирів [91]. Актуальними завданнями у цьому напрямку є розробка договорів на перевезення, визначення прав, обов'язків та відповідальності сторін за надання неякісних послуг, крім того окремим питанням є розподіл доходів між підприємствами при запроваджені «єдиного квитка».

Складовою ефективного функціонування МПТС є забезпечення необхідних ресурсних умов реалізації технологічних процесів та їх організованості. Важливим джерелом організованості транспорту є його інтерактивний моніторинг, який може бути забезпечений використанням засобів телематики та спрямований на підвищення інформаційного розвитку транспортної інфраструктури міст [92, 93].

Економічна ефективність міського транспорту, поряд з підвищенням якості транспортного обслуговування є однією з основних задач його роботи. Вона повинна забезпечуватися шляхом впровадження комплексного підходу спрямованого на збільшення рентабельності транспортних підприємств, задоволення маркетингових потреб населення та впровадженням раціональних технологій їх транспортного обслуговування [55, 94-97].

Актуальною проблемою МПТ в умовах збитковості перевезень є забезпечення необхідного технічного стану рухомого складу пасажирських

транспортних підприємств. Низькі темпи оновлення та високий рівень зношення ТЗ є джерелом зниження комфортабельності перевезень, їх надійності, безпеки та призводять до зростання рівня екологічного забруднення довкілля. При вирішенні цієї проблеми активно використовуються механізми залучення інвестиційних коштів та можуть створюватися відповідні асоціаційні об'єднання транспортних підприємств [98-101].

Вагомим джерелом зниження ефективності МПТС є відсутність узгодження взаємодії в межах окремих елементів транспортної інфраструктури. Дискоординація взаємодії проявляється через невідповідність пропускної спроможності ЗП інтенсивності вхідних маршрутних потоків, неузгодженості маршрутних розкладів руху, відсутністю ефективного закріплення смуг руху за видами транспорту. Негативним наслідком таких дій є збільшення часу непродуктивного простою ТЗ, зниження ресурсної ефективності перевезень, погіршення якості транспортного обслуговування.

Соціальна значущість пасажирського транспорту обумовлена його роллю у забезпеченні якості життя населення. Сьогодні гостро стоїть проблема підвищення рівня задоволення транспортних потреб населення [102-105], вирішення якої може бути досягнене шляхом впровадження комплексу управлінських заходів, спрямованих на повне та своєчасне задоволення маркетингових вимог пасажирів.

Створення ефективних МПТС потребує будівництва та розширення відповідної інфраструктури: шляхів сполучення, зупинних пунктів, транспортно-пересадочних комплексів, споруд для технічного обслуговування транспорту, об'єктів енергетичного забезпечення транспорту та ін.

Всі види наземного МПТ поряд з індивідуальними автомобілями в процесі реалізації своїх функцій використовують єдиний територіальний простір, що обумовлює їх взаємний вплив та надає можливість згрупувати їх проблеми у єдину систематизовану структуру, яка за своїми концептуальними видами може бути розподілена на інституціональні, соціальні, екологічні, технічні, технологічні та економічні напрями (рис.1.1).

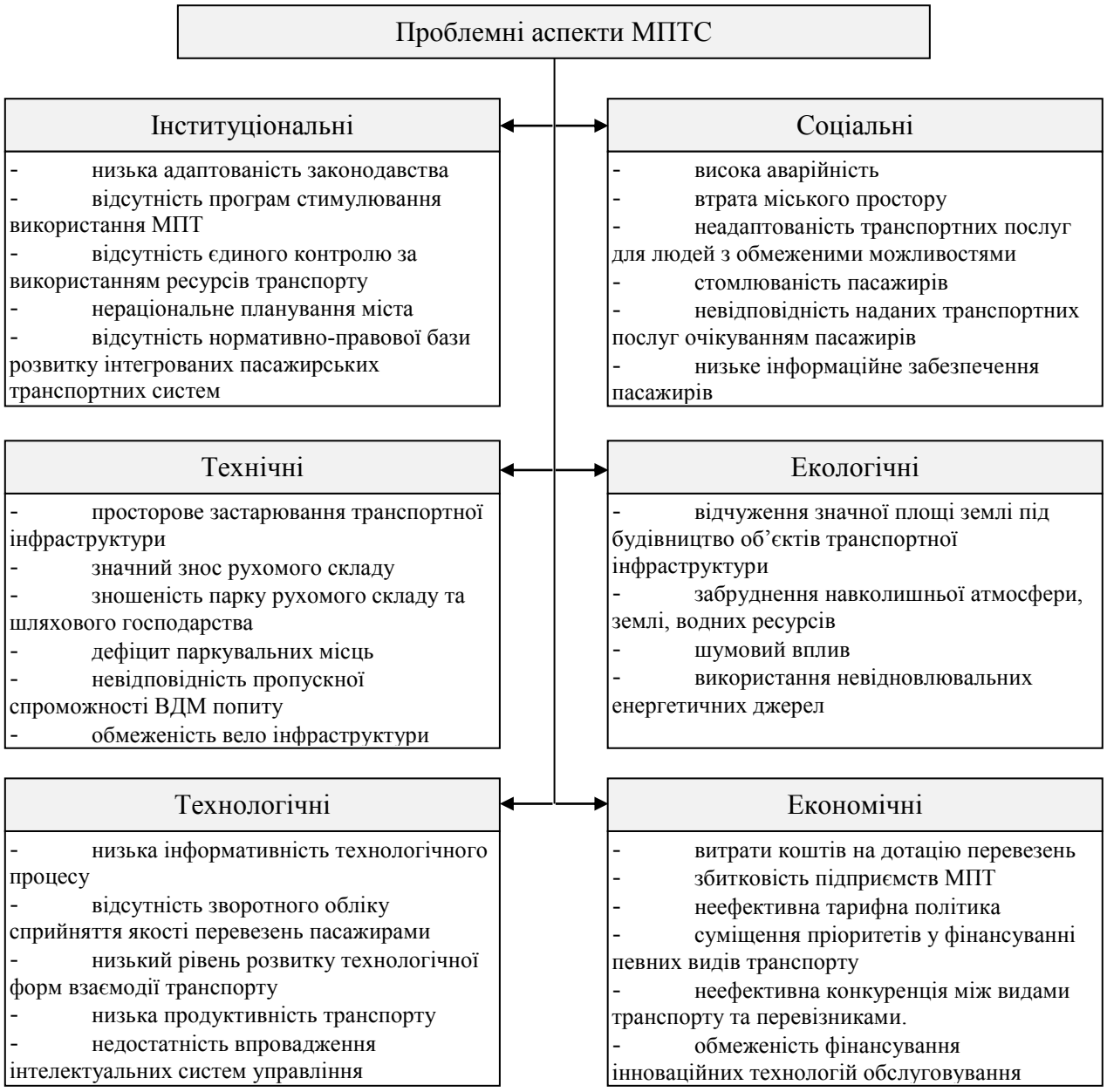


Рисунок 1.1 – Проблемні аспекти МПТС

Виділення ключових напрямів формування проблемних аспектів МПТС дозволяє систематизувати сучасні та перспективні підходи до їх вирішення. Основною вимогою до формування такого комплексу управлінських дій є необхідність створення передумов постійного розвитку потенціалу міського середовища шляхом раціоналізації використання наявних ресурсів, зниження негативних наслідків роботи транспорту та впровадження принципів його цільової орієнтації на підвищення якості життя населення.

Осмислення проблемних аспектів МПТС та встановлення ролі МПТ у їх вирішенні, дозволило сформувати стратегічні напрями його удосконалення, серед яких основними є:

– інтеграція МПТ у функціональну структуру міського середовища, як складового елемента соціальної підсистеми;

– встановлення раціональних форм структурної організації транспортної системи міста, як єдиного цілого;

– розробка методів оцінювання взаємодії споживачів транспортних послуг з елементами обслуговуючою підсистеми;

– удосконалення взаємодії суб'єктів транспорту в межах об'єктів інфраструктури;

– створення нових та збільшення використання наявних енергоефективних видів МПТ;

– впровадження раціональних механізмів організації ринкових відносин в межах МПТ;

– ефективне використання наявних ресурсів ВДМ та об'єктів інфраструктури.

Важливим напрямком удосконалення МПТС є впровадження ресурсозберігаючих принципів організації. Ефективність управління МПТС на пряму залежить від співвідношення між результатами та витратами ресурсів. Слід відмітити, що всебічне представлення ресурсів МПТС не достатньо обґрунтоване. Аналіз робіт [106-109] показав, що як правило, під ресурсами розуміється внутрішні можливості транспортних підприємств або відокремлені елементи інфраструктури. Таке представлення ресурсів обмежує можливості системного представлення ефективності міського транспорту та вимагає їх розподілу за всіма рівнями використання.

Актуальні потреби у вирішенні проблем МПТС дозволили сформувати загальну стратегію її відповідності сталому розвитку міст [110-115]. Стратегія сталого розвитку міст крім ресурсної направленості має своєю метою скорочення негативного впливу міського транспорту на умови життєдіяльності

населення. Свого найбільшого поширення стратегія сталого розвитку набула у Європейській практиці планування міського транспорту. Серед зразків організації, можна виділити місто Гельсінкі – еталонне місто у Європейському Союзі, де за підсумками 2014 року майже 80% його мешканців висловили задоволення роботою МПТ та віддали йому свій пріоритет при виборі способу реалізації своїх транспортних потреб [116]. Також у трійці лідерів є міста Женева та Стокгольм, МПТ яких має найвищій рівень безпеки, сучасний оновлений парк рухомого складу, розвинену маршрутну мережу та мають чітку організацію.

Сучасні вектори розвитку Європейських транспортних систем є основними стратегічними орієнтирами удосконалення МПТС. Їх основні стратегічні положення щодо забезпечення сталої мобільності населення та базові практичні рекомендації представлені у так званих «Білих книгах». За останні 20 років було видано три такі книги: «The Future Development of the Common Transport Policy – A Global Approach to the Construction of a Community Framework for Sustainable Mobility» (1992), «European transport policy for 2010: time to decide» (2001) та «Roadmap to a single European transport area − towards a competitive and resource-efficient transport system» (2011). Біла книга Європейської Комісії «План розвитку Єдиного Європейського Транспортного Простору – на шляху до конкурентоспроможної та ресурсоефективної транспортної системи» встановлює напрям розвитку європейського міського транспорту на період до 2050 року. Ця «Біла книга» містить 10 основних завдань, які спираються на 40 ініціатив, що згруповані за такими розділами [117, 118]: ефективна та інтегрована система мобільності; інновації для майбутнього – технологія та організація роботи транспорту; сучасна транспортна інфраструктура та інтелектуальне управління; раціональне фінансування транспорту.

Також Європейська Комісія представила «Зелену книгу «Towards a new culture for urban mobility», в якій наведена стратегія впровадження передових інноваційних рішень спрямованих на гарантування населенню міст якісної

мобільності, захисту довкілля та підвищення рівня якості життя. У межах цієї стратегії передбачається переосмислення вимог до міської мобільності, що включає в себе необхідність використання різних видів транспорту (трамвай, метро, автобус, таксі), організації їх «спільної модальності» (co-modality) та ефективну взаємодію з індивідуальним транспортом [119].

Рамковими програмами Європейського Союзу також активно фінансуються різноманітні проекти та ініціативи, направлені на забезпечення сталого розвитку міського транспорту [120]. Відомою та успішною ініціативою є програма CIVITAS, яка була започаткована у 2002 році для надання підтримки містам, зацікавленим у розвитку їх сталої міської мобільності [62]. Серед ефективних програм сталого розвитку транспорту європейських міст слід виділити: THE PEP (програма з транспорту, навколишнього середовища та охорони здоров'я) [121]; Poly-SUMP (програма розвитку методології сталого планування мобільності в регіонах) [122]; Polis (програма розвитку інноваційних технологій та адміністративної політики місцевого транспорту) [123]; BUMP (створення команди експертів) [124]; Cities for Mobility (пряме співробітництво між органами влади, транспортними компаніями, дослідницькими установами) [125]; European mobility week (програма поширення стимулювання населення в обмеженні поїздок приватними автомобілями) [126]; BYPAD (програма розвитку велосипедного руху) [127].

В Україні основні вектори та пріоритети розвитку МПТС відображені у транспортній стратегії на період до 2030 року, яка «визначає основні напрями покращення якості транспортних послуг, передбачає наближення рівня їх надання та розвитку інфраструктури до європейських стандартів, підвищення рівня безпеки та зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище, реагує на необхідність поліпшення системи управління» [128]. Впровадженню розробленої стратегії допомагають Європейські фахівці у рамках проекту «Підтримка імплементації Угоди про асоціацію та Національної транспортної стратегії», що реалізується Міністерством інфраструктури України [129].

Основна мета сталого розвитку міст ґрунтується на вимогах підвищення якості життя населення та виходу з глобальної кризової ситуації. Вона передбачає гармонійне вирішення екологічних, економічних та соціальних проблем. Вперше визначення сталого розвитку було запропоновано у доповіді «Наше спільне майбутнє», яку підготувала Всесвітня комісія ООН з навколишнього середовища та розвитку: «сталий розвиток міста – це стан, який задовольняє потреби теперішнього часу, не ставлячи під загрозу можливість майбутніх поколінь задовольняти власні потреби» [130].

Вирішення задач економічного зростання та підвищення якості життя населення потребують в найближчій перспективі значного підвищення ефективності транспортного комплексу за рахунок розробки нових та удосконалення існуючих методів управління. Говорячи про поліпшення роботи міського транспорту, необхідно відзначити не лише важливість збільшення результативних показників, що характеризують обсяг та якість транспортних послуг, а також необхідність зниження втрат, які викликані негативними наслідками його роботи [131].

Необхідною вимогою розвитку міст є створення сталої МПТС. Однак слід відмітити, теоретична база концепції сталого міського транспорту ще знаходиться у стані формування, що дозволяє використовувати різні його трактування. Найбільш розширене визначення сталої транспортної системи запропоноване Радою міністрів транспорту Європейського Союзу, представляє її як систему, що «забезпечує доступність та задоволення потреб окремих осіб, компаній та суспільства у переміщені, не завдаючи шкоди здоров'ю людини та екосистемі, сприяє встановленню принципу справедливості як всередині соціальних груп та об’єднань, так і між ними; є доступною, працює чітко і ефективно, пропонує вибір видів транспорту, підтримує конкурентоспроможність економіки, а також збалансованість регіонального розвитку; мінімізує викиди шкідливих речовин та відходи на рівні можливості природи поглинати їх, використовує відновлювані ресурси на рівні або нижче темпу їх відновлення, використовує не поновлювані ресурси на рівні або нижче

темпів розвитку поновлюваних замінників, зводить до мінімуму вплив на використання території та знижує шумове забруднення» [132].

В оновленій стратегії сталого розвитку, прийнятої Радою Європи у 2006 році, зазначено, що головна мета сталих перевезень − гарантувати, що транспортні системи задовольняють економічні, соціальні та екологічні потреби суспільства при мінімізації небажаних наслідків на економіку, суспільство та довкілля [118]. Окрім наведеного визначення сталої транспортної системи у літературі можливо побачити десятки інших, оскільки цей процес сьогодні знаходиться лише у початковій стадії та більшість науковців, досліджуючи це питання, формулюють власне уявлення про нього.

Уявлення про сталість МПТС також ускладняються відсутністю єдиних стандартів до індикаторів її оцінювання. Певну цільову упорядкованість у цей процес вносять практичні завдання, які сформовані у відповідних «Білих книгах» транспорту. Зокрема, основними завданнями сталих МПТС є скорочення до 2050 р. на 60 % викидів парникових газів, до 2030 р. необхідно скоротити на 50 % використання автомобілів «на традиційних видах пального», а до 2050 р. повністю відмовитися від них у містах [118].

Бар’єром на шляху до встановлення єдиного комплекту індикаторів сталості МПТС є різноманітність ставлення до критичності ресурсного забезпечення, соціально-маркетингових вимог якості обслуговування, рівня розвитку видів МПТ та ін. Зазвичай задача встановлення індикаторів сталості транспорту вирішується розробкою спеціалістами національних або регіональних нормативних документів та індивідуальних цільових показників в рамках оцінювання сталості територіальних об’єднань [133-138].

Вибір індикаторів оцінювання сталості це досить складний процес, який потребує ретельного дослідження. Вимогами до індикаторів є: вимірність, доступність інформації, інформативність, економічність збору даних, цільова відповідність. Оскільки жоден індикатор не дає змогу всебічно оцінити таке комплексне поняття, як стала МПТС, використовуються набори індикаторів та їх групування. У дисертаційному досліджені [139] запропоновано виділити три

типи структур індикаторів: на основі оцінювання причинно-наслідкові зв'язків; на основі наслідків для економіки, навколишнього середовища та соціального благополуччя; на основі впливу та контролю чинників сталості.

Процедура оцінювання сталості через індикатори оцінки зв’язків представлена в [140] під абревіатурою DPSIR яка була прийнята Європейським агентством з навколишнього середовища. У цій структурі науковці намагаються описати зв'язок наступним чином: діяльність людини (перевезення) чинить тиск на довкілля (викиди забруднюючих речовин), це призводить до зміни стану навколишнього середовища та впливає на здоров’я людини, а держава у відповідь запроваджує відповідні заходи.

Найчастіше індикатори сталості розподіляють за трьома вимірами: економічним, соціальним та екологічним. Комплектність зазначеної структури представляється включенням по три виміри з кожної категорії. Також фахівці розширюють цю структуру шляхом додавання інституційних та інших показників. Важливим є забезпечення доступності індикаторів та їх вимірність. У роботі [141] ці вимоги враховані через використання доступних соціальних показників, а автор робіт [142, 143] вважає, що вони повинні забезпечуватися за допомогою показників економічного виміру.

Розподіл індикаторів сталості в межах оцінювання транспорту передбачає наступні види [144-149]: транспортна доступність, тарифи та субсидії, рівень розвитку інфраструктури, обсяг забруднення повітря транспортом, безпека руху, споживання енергетичних ресурсів та ін. Невирішеною задачею залишається отримання чисельних значень індикаторів, що викликане відсутністю їх чіткого структурного відокремлення, у тому числі, за локальними об’єктами МПТС. На розрахунковому етапі також виникають складності з забезпеченням адекватності комплексного оцінювання. Така оцінка повинна надавати можливість поєднати в межах загального представлення облік результативних, ресурсних параметрів та показників негативного впливу. Ефективним способом вирішення зазначених проблем є розробка нових моделей оцінювання сталості, які дадуть можливість проводити

дану процедуру в доступній та об’єктивній формі для різних структурних елементів МПТС.

На першому місці сталого розвитку МПТС стоїть задача створення ефективного МПТ, який забезпечує якісне задоволення потреб населення у мобільності, дозволяє раціонально використовувати наявні ресурси та формує передумови для зростання потенціалу міського середовища [7, 113, 115, 150-152]. Осмислення сучасних проблем МПТС дозволило виділити наступні основоположні принципи організації МПТ з позицій сталого розвитку [7]:

– основною вимогою формування технології є соціально-маркетингові вимоги населення, які повинні бути задоволені в гармонії із можливостями МПТ та його інфраструктури;

– результати роботи МПТ повинні бути спрямовані на поліпшення якості життя населення;

– процеси повинні реалізуватися таким чином, щоб рівною мірою забезпечити задоволення потреб у мобільності при раціональному використанні існуючих ресурсів;

– забезпечення безпеки та збереження навколишнього середовища повинне становити невід'ємну частину оцінювання технологічних процесів та не повинні розглядатися у відриві від нього;

– поліпшення якості транспортного обслуговування повинне забезпечуватися в межах ємності інфраструктури, перевищення яких не приводить до їхнього руйнування або блокування роботи;

– заборона використання неефективних в соціально-економічному та небезпечних технологій.

1.2 Розвиток системного представлення МПТ

На першому етапі впровадження методології сталого розвитку МПТ необхідно виділити його системні ознаки та структуру. Структура повинна представляти склад МПТ у виді формалізованої системи, що повинна

розглядатися «як набір об’єктів, які мають відповідні характеристики та сукупність зв’язків між ними та їх властивостями» [153]. Підтвердженням необхідності системного представлення МПТ є його сучасне визначення «МПТ – це стійка система регулярних перевезень пасажирів, організована відповідно з соціально-економічними концепціями та планами розвитку міста» [154].

Еволюція цільових поглядів до організації міських пасажирських перевезень, ускладнення умов роботи, зростання рівня значимості мобільності населення в життєдіяльності МС, підвищення рівня автомобілізації обґрунтували необхідність використання системного підходу при досліджені МПТ. Підставою для розгляду МПТ як системи, є необхідність обліку його структурованості, міжелементних зв'язків, цільової підпорядкованості, розмірності та складності, що в різних прикладних аспектах обґрунтовано у роботах [154-161]. Системний підхід є прогресивним інструментом дослідження МПТ та являє собою сукупність методологічних положень, що передбачають його розгляд як єдиного цілого, а кожен окремий елемент у зв'язку та взаємодії з іншими. Відповідно принципів системного підходу при дослідженні МПТ можна виділити наступні основні етапи:

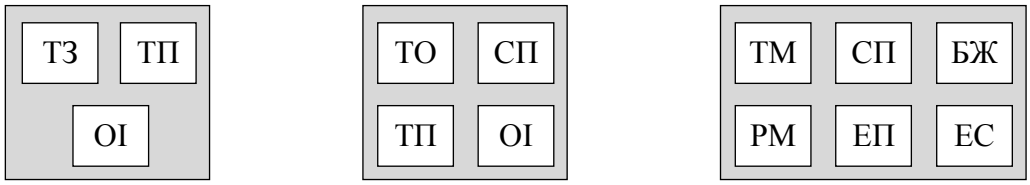
– формування мети МПТ, визначення функцій, встановлення меж взаємодії з навколишнім середовищем;

– розподіл об’єктів дослідження на підсистеми та елементи, встановлення ролі та функцій елементів виходячи з погодження загальної мети;

– дослідження сукупності властивостей структурних елементів та їх взаємозв’язків, чинників, що визначають стан елементів;

– встановлення загальних властивостей та функцій на основі синтезу характеристичних параметрів його елементів.

Аналіз робіт присвячених формуванню загальної методології удосконалення міських пасажирських перевезень [56-60, 108, 155-171], дозволив виділити наступні види системного представлення МПТ (рис. 1.2): внутрішній (окрема технічна система); системний (соціально-економічна система); метасистемний (складова частина міського середовища).



а) б) в)

Умовні позначення: ТЗ – транспортні засоби, ТП – технологічні процеси, ОІ – об’єкти інфраструктури, СП – споживча підсистема, ТМ – транспортна мобільність, РМ – ресурси міста, БЖ – безпека життєдіяльності, ЕП – економічна підсистема, ЕС – екологічне середовище

а – внутрішній; б – системний; а – метасистемний

Рисунок 1.2 – Види системного представлення МПТ

На внутрішньому рівні МПТ представляється у вигляді окремої ізольованої виробничої структури. Таке представлення знайшло відображення у роботах [166-168], присвячених дослідженню окремих технічних аспектів удосконалення міських пасажирських перевезень. Характерним для цих робіт є їх орієнтація на опис внутрішніх процесів, що має своєю метою орієнтацію на отримання ефекту для ізольованих елементів. Такий підхід, за еволюційним циклом, характерний періоду індустріального розвитку уявлень суспільства про транспорт, що обмежує його застосування в межах концепції сталого розвитку.

Зв'язок якості транспортного обслуговування МПТ з параметрами соціальної сфери життєдіяльності МС обумовив його розгляд з позиції представлення, як окремі соціально-економічної системи. В межах такого представлення виділяється сукупність характеристичних взаємовпливів між техніко-технологічними параметрами роботи МПТ та якісним рівнем обслуговування населення. Таке позиціювання МПТ дозволяє представити його у вигляді сукупності внутрішніх та зовнішніх елементів (підприємства, маршрутна мережа, споживачі послуг, навколишнє середовище). Дослідження різних аспектів МПТ з соціально-економічних позицій має більш ніж піввікову історію та представлено в багатьох роботах вчених, а саме: Кантаровича Л.В., Хачатурова Т.С., Фишельсона М.С., Самойлова Д.С., Аррака А.О., Болоненкова Г.В., Лившица В.М., Улицкого М.П., Парахиної В.М.,

Ткаченко В.Я., Якушкина І.М., Сафронова Е.А., Міротіна Л.Б., Ваксмана С.А., Долі В.К., Горбачова П.Ф., Шабанова О.В., Сорокіна А.О., Гюлева Н.У., Давідіча Ю.О., Бойко Г.В., Шпильового І.Ф., Марунича В.С. та ін.

Розгляд МПТ, як соціально-економічної системи, дозволяє формалізувати поняття «пасажирська послуга». Пасажирська послуга – це надана громадянину для забезпечення його соціальних потреб у територіальному переміщенні транспортної пропозиції, що спрямована на поліпшення умов його життєдіяльності та (або) розширення можливостей забезпечення своїх основних життєвих потреб. Базою для встановлення такого поняття є об'єктивні чинники представлення МПТ, як суб’єкту системи соціальних послуг [170], а саме:

– потреба населення у захисті від нестабільного соціально-економічного становища;

– зростання потреб населення у соціальних послугах;

– необхідність забезпечення всіх видів безпеки шляхом контролю за девіантною поведінкою окремих суб’єктів транспортного процесу;

– потреба у формуванні та реалізації моделі соціального партнерства державних організацій та транспортних підприємств;

– розвиток соціальної згуртованості суспільства та зміцнення його соціальної стабільності.

Основною задачею, що вирішується в межах представлення МПТ у вигляді соціально-економічної системи, є знаходження компромісного стану транспортного обслуговування. Розв’язання цільових протиріч основних учасників транспортного процесу (пасажирів і транспортних підприємств) представляє одне із стрижневих завдань, яке поруч з розробкою технологічних рішень дозволяє оптимізувати параметри МПТ [172-174].

Прагнення різних авторів прийти до єдиної форми опису соціально-економічної характеристики МПТ через встановлення типового критерію ефективності, до сих пір не дало результатів. Тим не менш, свої тенденції у цей процес вносить час, постійно мотивуючи цінність тих чи інших чинників, що в

кінцевому результаті оказує вплив на переформування та розширення структури параметрів оцінювання ефективності МПТ.

Різноманіття підходів до встановлення форми оцінювання ефективності, наявність широкого спектру взаємних впливів та неоднорідність формалізації єдиної мети МПТ дають всі передумови обґрунтувати необхідність його розгляду з метасистемних позицій. Така форма представлення передбачає позиціювання МПТ, як складового елемента системи вищого рівня. Вагомим аргументом у бік розгляду МПТ, як складового елемента системи вищого рівня, є його важлива роль у структурі забезпечення життєдіяльності сучасного міста. МПТ поряд з вантажним і спеціальним видами транспорту є складовим елементом міського транспорту, він використовує єдиний транспортний простір міста, у значній мірі визначає ступінь благоустрою міста та зручності проживання в ньому. Своєчасний розвиток МПТ сприяє підвищенню темпів розвитку міст, економічного росту, покращення соціальної та культурно-побутової сфери, що забезпечує умови зростання добробуту населення [60, 66].

Варіант представлення МПТ з метасистемної позиції реалізовано за допомогою логістичних принципів у роботах [175-198]. Функції МПТ розглядаються як складова частина системи транспортного обслуговування. Традиційно логістика була зорієнтована до вирішення завдань оптимізації транспортних процесів розподілу матеріальних потоків. Адаптація логістичних принципів до міських пасажирських перевезень вимагає загальної формалізації поняття логістики громадського транспорту та виділення її структури. Поняття логістики громадського пасажирського транспорту надане Міротіним Л.Б. представляється як «сукупність проектних рішень, технічних засобів інфраструктури, методів системного аналізу, планування, організації та управління, що забезпечує заданий рівень обслуговування пасажирів, їх безпечну, надійну і безперервну доставку, «від дверей до дверей» у визначені терміни при оптимальних витратах» [175].

Можливість та результативність використання логістичного підходу до організації міських пасажирських перевезень відображені у ряді досліджень

таких вчених: Бережнова В.А., Бауэрсокса Д., Гудкова В.А., Дармограя А.В., Ігнатенка О.С., Клосса Д., Курганова В.М., Красникова Д. О., Левковця П.Р., Миротина Л.Б., Зирянова В.В., Резера С.М., Чернишова М.А., Шабанова В.А., Ширяева С.А., Рейцена Є.О., Дмитрієва М.М., Марунича В.С., Йонкиса А., Левковця П.Р., Ігнатенка О.С., Fatnassi E., Chaouachi J., Klibi W., Trentini A., Masson R., Witkowski J. та інших вчених.

Логістичний принцип представлення МПТ, як елемента макросистеми, що забезпечує з одного боку облік зв'язків між ланками технологічного ланцюга, а з іншого боку, як споживача окремих ресурсних потоків. З такої позиції послуги МПТ визначаються як діяльність, спрямована на задоволення потреб населення в переміщенні та характеризуються рівнем технологічного, фінансового, інформаційного, правового та ресурсного забезпечення. МПТ як будь-яка самодостатня логістична система, наділена сукупністю властивостей [175]: автономність, емерджентність, варіантність поводження, структурованість, наявність внутрішніх і зовнішніх зв'язків, у тому числі інформаційних, керованість, наявність органу координації та інтеграції ланок системи, адаптивність.

Розширення меж оцінювання ефективності міських транспортних процесів призвело до виникнення напрямку «міська логістика» (City-Logistik). Міська логістика є удосконаленою формою управління транспортними процесами у містах. Аналіз сучасних вітчизняних та закордонних робіт [189-198] дозволив виявити роль міської логістики, як науково-практичного напряму підвищення ефективності МПТ з позицій обліку його впливу на МС. Мета міської логістики встановлюється основними вимогами до транспортної системи міста та може бути визначена як «раціональна організація переміщення у просторі та часі матеріального та соціального потоків при забезпеченні цільової орієнтації всіх форм взаємодії суб'єктів міського середовища на задоволенні життєвих потреб населення» [193]. Основними завданнями міської логістики є [193]: інтеграція міста в єдине креативне ціле; раціоналізація розподілу матеріальних і соціальних потоків; економія ресурсів на всіх стадіях

просування потоків; оптимізація витрат на надання послуг населенню; зниження шкідливих викидів.

Осмислення мети та завдань, що розв'язуються міською логістикою, дозволило виділити транспортно-логістичний комплекс, як утворюючу компоненту МС. Міська логістика включає стратегії, технології та логістичні рішення, спрямовані на підтримку усіх ланок життєдіяльності складної системи муніципальних утворень та індивідуальних потреб населення [198]. Використання принципів міської логістики при дослідженні МПТ дозволило сформувати новий напрям удосконалення транспортного обслуговування населення міст. В умовах міської логістики воно базується на обліку ресурсних можливостей МПТС та передбачає впровадження принципів повного задоволення маркетингових потреб пасажирів. Можна відмітити, що міська логістика є перспективним методом розв’язання поточних транспортних проблем, спрямована на підвищення ефективності використання транспортної інфраструктури міста та якості транспортного обслуговування, враховує вплив МПТ на екологічне середовище міста, але існуючі підходи в сфері пасажирських перевезень мають лише узагальнений концептуальний опис та не доведені до практичної адаптації.

1.3 Аналіз існуючих методів оцінювання ефективності МПТ

Процедура визначення ефективності МПТ є основоположною частиною формування стратегії його удосконалення. Вона ґрунтується на застосуванні методології об’єктивного оцінювання результативних та ресурсних показників транспортного процесу. Ключовим етапом цієї процедури є розрахунок критерія ефективності, структура та склад якого у значній мірі оказує вплив на формування напрямків оптимізації. Необхідність об’єктивного представлення наслідків роботи МПТ, як ключового елемента стратегічного аналізу, доведена у ряді науково-практичних робіт, присвячених формуванню базових напрямів оцінювання його ефективності [199-207].

Чим складніше територіально-просторова структура МС, тим більшу роль відіграє рівень ефективності МПТ на формування умов збереження міських ресурсів та досягнення поставлених суспільством перед МС вимог. Разом з тим успішне вирішення проблеми забезпечення ефективного стану МПТ залежить від ступені погодженості особливостей та розбіжностей інтересів всіх учасників транспортного процесу [4, 41]. Вибір критерію ефективності МПТ може різнися у залежності від конкретної наукової задачі, що вирішується. На рисунку 1.3 представлений алгоритм оцінювання ефективності МПТ.

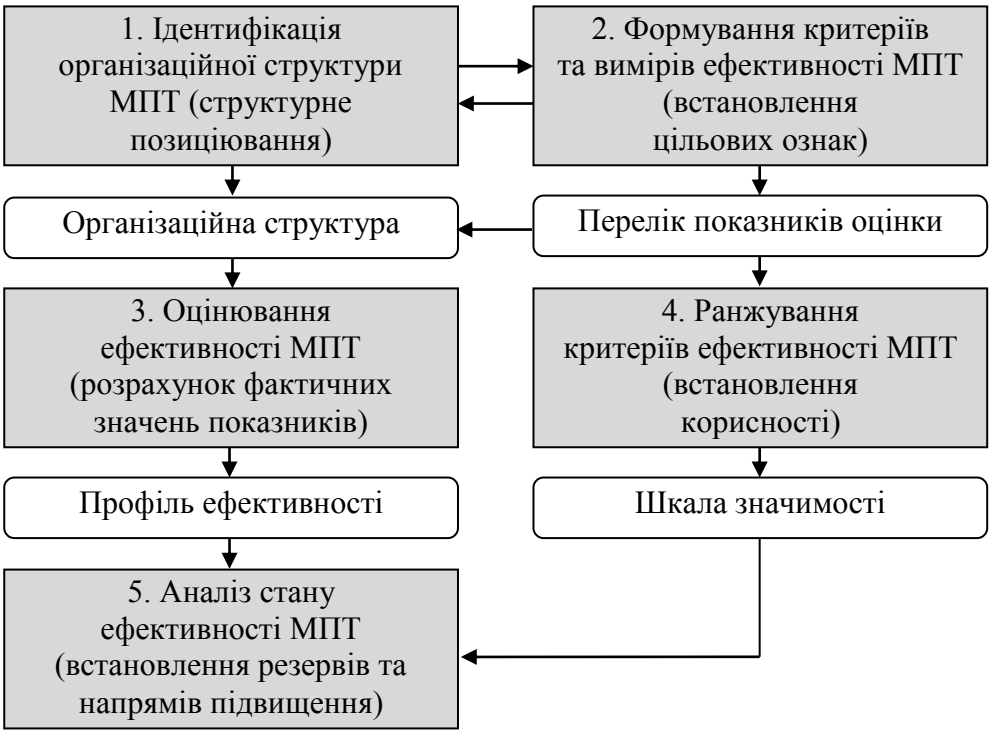


Рисунок 1.3 – Алгоритм оцінювання ефективності МПТ (на основі [208])

Процес перевезення пасажирів у міському сполученні має широкий спектр впливу на МС та може бути охарактеризований значною кількістю показників, загальною чисельністю більше п’ятдесяти. Вибір критерію оцінювання ефективності МПТ може різнися у залежності від конкретної наукової задачі, що вирішується. Виділяють такі групи критеріїв ефективності пасажирського транспорту [176]:

– за вартісними показниками експлуатаційних витрат;

– ефективність транспортного виробництва;
– ефективність господарських заходів;
– ефективність інвестиційних заходів;
– соціальна (загальноекономічна) ефективність.

Широке коло показників та можливість варіювання їх складом призвело до появи значної кількості науково-практичних підходів встановлення оцінки ефективності МПТ.

У світі накопичений достатній методологічний і практичний досвід оцінювання ефективності інвестиційних проектів у транспортну інфраструктуру, який знайшов своє відображення у офіційних методиках країн Європейського Союзу, США, Японії, Австралії, ПАР та ряду міжнародних організацій [209-213].

Виділення методології оцінювання ефективності окремо для МПТ у закордонних розробках представлено дуже обмежено. Однак окремі закордонні автори робили спроби формалізувати ефективність МПТ через представлення її показниками якості транспортного обслуговування. У роботі [214] автором запропоновано оцінювати МПТ через поєднання двох показників – забезпеченість населення та продуктивність рухомого складу. Основними показниками, що характеризують надання транспортних послуг виступає: вартість проїзду, витрати часу пасажирів, тип, місткість рухомого складу та ін. Однак, наведений у роботі підхід має вид концепції, яка у подальшому не отримала реалізації у вигляді конкретних функцій.

Серед спроб закордонних вчених представити ефективність МПТ є робота [215], в якій для оцінювання використовується ряд чинників: рівень транспортного обслуговування, стан навколишнього середовища, ресурси системи, що забезпечують транспортний процес, обсяг добових транспортних потоків. Представлена робота також не містить конкретних моделей формалізації критерію ефективності.

У роботі [216] для оцінювання ефективності МПТ автором запропоновано використовувати «перелік інтересів суб’єктів ринку транспортних послуг».

Наведений перелік має вид опису де представлений розподіл за категоріями, але подальшого розвитку в напрямку формалізації показників не отримав.

На основі аналізу робіт [214-219] можна дійти висновку, що серед закордонних досліджень розрахункові методи оцінювання ефективності МПТ в явному виді майже не представлені, їх опис має узагальнений вигляд, оцінка ефективності функціонування МПТ покладається на експертів та реалізується, як правило, через суб'єктивну оцінку якісних показників транспортних послуг. У питаннях дослідження ефективності МПТ вченими країн СНД, на відміну від закордонних вчених, накопичений значно більший досвід [220-226, 230-244].

Одним з поширених підходів до визначення ефективності МПТ є оцінка часу, що витрачається пасажирами на реалізацію пересувань [220-229]. Час пересування представляється у вигляді самостійного параметра або як складова частина комплексного критерію ефективності. Зведення оцінювання ефективності до представлення у вигляді часу пересування не дає можливості забезпечити достатню об'єктивність відображення стану всіх елементів та значно спрощує представлення процесів.

Модифікацією підходу оцінювання ефективності на основі часу пересування пасажирів представлена в роботі [230]. Автор пропонує прийняти за критерій, значення функціоналу, що представляється у вигляді зваженого рівня завантаження ділянок маршрутної мережі та безпосередньо впливає на час переміщення пасажирів

$$\Psi(X) = \frac{1}{z \cdot \Theta} \sum_{(\alpha,\beta)\in U}^{z} \sum_{\tau=1}^{\Theta} \frac{(\Pi_{\alpha,\beta}^{\tau}(X) - \overline{\Pi_{\alpha,\beta}})^2}{\overline{\Pi_{\alpha,\beta}}}, \qquad (1.1)$$

де z – кількість ділянок мережі;

Θ – кількість інтервалів часу;

$\Pi_{\alpha,\beta}^{\tau}(X)$ – кількість пасажирів, що проїжджає через ділянку (α,β) в інтервалі часу τ при заданому векторі початку роботи підприємств X;

$\overline{П_{\alpha,\beta}}$ – середнє завантаження ділянки (α,β).

Використання непрямих форм обліку часу переміщення дозволяє запровадити додаткові параметри до критерію, однак не вирішує питання однобічності його представлення.

Необхідність обліку якості транспортного обслуговування при оцінюванні ефективності МПТ обґрунтовано у роботах [10, 31, 231-236]. Рівень якості визначається показниками комфортності, що встановлюються шляхом експертної оцінки з подальшою статистичною обробкою даних. Основним недоліком методів ретроспективного оцінювання є їх обмеженість до застосування при моделюванні та аналізі перспектив.

Для оптимізації функціонування окремих об’єктів МПТ застосовуються локальні показники оцінювання ефективності [237-241]. У роботі [237] об'єктом дослідження є виробнича діяльність автотранспортного підприємства, що спрямована на підвищення техніко-експлуатаційних показників роботи маршрутів. У роботі [238] для формування раціональної структури парку МПТ використовуються показники ефективності маршрутів, що представлені у вигляді узагальнених питомих експлуатаційних витрат. Автори статті [240] запропонували в якості оцінювання системи перевезення пасажирів використовувати два коефіцієнти, що відображають відносно кількості маршрутів, питому вагу виконаних рейсів та ТЗ. Критерієм оцінювання у роботі [241] є показник транспортної доступності, що відображає якість одиночної поїздки пасажира. Використання локальних критеріїв значно обмежує можливості проведення оцінювання системної ефективності МПТ.

В якості критерію ефективності МПТ можуть використовуватися показники транспортної втоми пасажирів [242-245] та водіїв [246, 247], але оцінка ступеня її впливу залишається мало вивченою.

Ряд авторів у своїх роботах пропонують проводити оцінку не за окремим параметром або групою споріднених показників, поєднуючи їх в єдину складову за допомогою різних підходів [248-252]. У роботі [248] автор поділяє критерій ефективності МПТ на дві групи: соціальні характеристики

транспортного процесу (приріст використання МПТ, покращення стану навколишнього середовища, внесок у зайнятість населення, доступність, якість та придатність транспортних послуг) та фінансово-економічний результат транспортного процесу. Запропонована методика представлена в узагальненому виді та не має чіткої формалізації, що затрудняє її використання на практиці.

У роботі [249] економічна складова ефективності визначається на основі зниження собівартості перевезень пасажирів, якісні показники оцінюються часовими показниками обслуговування, кількісними параметрами провізних можливостей, стійкістю руху по маршрутах. У роботі [173] критерієм виступає співвідношення цільових інтересів учасників: для транспортного оператора − прибуток, для пасажиропотоку − втрати, для міста − втрати муніципалітету

$$F(y,\{x_i\}_{i=\overline{1,N}}) \to \min_{y\in Y}, \tag{1.2}$$

$$G_i(x_i,\{z_m\}_{m=\overline{1,K}}) \to \min_{x_i\in X}, i=\overline{1,N}, \tag{1.3}$$

$$H_k(\{x_i\}_{i=\overline{1,N}},\{z_m\}_{m=\overline{1,K}}) \to \max_{z_k\in Z_k}, k=\overline{1,K}, \tag{1.4}$$

де N – пасажиропотік;

y – стратегія муніципалітету;

x_i – стратегія пасажиропотоку;

z_i – стратегія транспортного оператора;

K – кількість операторів.

Баланс співвідношення цільових інтересів знаходиться за допомогою теорії ігор і представляється у вигляді функції, в якій враховуються сумарні втрати часу пасажирів та транспортні витрати. Представлені моделі не враховують транспортні можливості МС, розподіл транспортних потоків по окремих ділянках маршрутної мережі та інфраструктури.

У роботі [250] ефективність транспортної системи описується п’ятьма напрямами: паркувальна політика, збереження існуючої дорожньої мережі, вдосконалення роботи МПТ, організація і управління дорожнім рухом, вдосконалення транспортно-розподільчої системи міста. Основна увага в роботі приділена удосконаленню системи управління лише автотранспортної складової. Оцінка впливу роботи МПТ на ефективність наведена узагальнено без її формалізації, що обмежує її практичне застосування.

У роботі [251] автором ефективність МПТ представлена через поєднання корисності для пасажирів, їх сумарних витрат ресурсів та витрат на реалізацію транспортного процесу

$$E_{\text{п+тп}} = U_{\text{п}} - C'_{\text{п}} - a_f \cdot C_{f\text{тп}} \to \max, \qquad (1.5)$$

де $U_{\text{п}}$ – сумарна корисність транспортних послуг з перевезення пасажирів, що характеризує ступінь задоволення потреб пасажирів у перевезеннях;

$C'_{\text{п}}$ – сумарні витрати всіх видів ресурсів пасажира, за виключенням фінансових, приведені до корисності транспортних послуг;

$n-1$ – кількість значущих видів витрат ресурсів пасажира на здійснення *k*-го пересування за виключенням фінансових витрат;

a_f – коефіцієнт значущості фінансових витрат у критерії ефективності сегмента пасажири;

$C_{f\text{тп}}$ – сумарні витрати на реалізацію транспортного процесу всіх підприємств (замовників) за період, що розглядається.

У роботах [181, 182, 253] на основі логістичних принципів запропонований підхід до представлення МПТ у вигляді комплексу послідовно-взаємопов'язаних оптимізаційних моделей, в яких слід враховувати не тільки економічні, але й технічні та соціально-екологічні показники ефективності, імовірнісний характер оцінки витрат часу пасажиром, нестаціонарність і

нелінійність пасажиропотоку. Реалізація такого підходу виконана шляхом представлення ефективності у вигляді мультиплікативного показника оцінювання рівня пасажирського сервісу

$$S = S_1^{k_1} \cdot S_2^{k_2} \cdot S_3^{k_3} \cdot S_4^{k_4} \cdot S_5^{k_5} \cdot S_6^{k_6}, \qquad (1.6)$$

де $S_1^{k_1}$ – надійність переміщення;

$S_2^{k_2}$ – доступність;

$S_3^{k_3}$ – безпечність;

$S_4^{k_4}$ – комфортність;

$S_5^{k_5}$ – вартісний показник;

$S_6^{k_6}$ – показник інформаційного сервісу;

$k_1 ... k_6$ – вагові показники рівня значимості.

Представлена методика чітко формалізована за складовими критерія ефективності, але їх вид має спрощену форму, тому методика може бути використана лише для надання узагальненої оцінки ефективності транспортної системи міста.

Питанням дослідження ефективності перевезень пасажирів приділено уваги спеціалістами суміжних з транспортниками спеціальностей – економіки та менеджменту [254-259]. Але ці спроби мають частковий характер, представлені критерії ефективності в своїй основі мають споріднену природу з розглянутими підходами та не претендують на інноваційність.

Вплив транспорту на якість життя, підтверджується наявністю транспортного компоненту у багатьох індикативних методиках її оцінювання [260-264]. Індикатор дійсного розвитку враховує у соціальних чинниках вартість щоденних трудових поїздок (Cost of Commuting) та витрати, що спричинюють ДТП (Cost of Automobile Accidents) [263]. Зустрічаються також такі показники, як довжина шляхів, кількість транспортних вузлів, рівень

автомобілізації, кількість ДТП та ін. [262, 264]. Транспортні складові індикаторів якості життя населення поступово систематизуються, але в той же час слід констатувати, що ні представлення чіткого структурованого впливу МПТ, ні його формалізації в існуючих роботах не наведено. Існує небезпека, що в умовах непрорoбленості теоретико-методологічної бази дослідження впливу МПТ на якість життя населення міст, удосконалення його роботи є лише декларативним.

1.4 Сучасні тенденції та підходи удосконалення ТПВ

Підвищення ефективності МПТ передбачає створення умов для якісного задоволення потреб населення у переміщенні територіальним простором з одночасним зниженням рівня ресурсів, що використовуються. Реалізація такої стратегії можлива за умов чіткої організації взаємодії всіх структурних елементів МПТ. ТПВ відіграють важливу роль у забезпеченні «безшовної мобільності населення «від дверей до дверей», яка згідно «Білої книги» передбачає реалізацію таких ключових положень [117, 118]:

– впровадження заходів, необхідних для подальшої інтеграції різних видів пасажирського транспорту з метою забезпечення доступності до безшовного мультимодального переміщення пасажирів;

– створення нормативних умов для сприяння розробці та використання систем складання мультимодальних графіків взаємодії, погодження ресурсних можливостей об’єктів інфраструктури, впровадження інформаційних систем та інтелектуального управління транспортними послугами;

– розвиток законодавчого процесу, який забезпечує доступ приватних постачальників послуг до інформації про пересування пасажирів та рух ТЗ у режимі реального часу.

Необхідність формування систем МПТ на принципах інтеграції та комбінування різних видів транспорту та маршрутів визнана практикою в

багатьох країнах світу [265-269]. Однак, процеси, що сьогодні досліджуються в межах інфраструктурних об'єктів, у більшості випадків [270-279], розглядаються з позиції архітектурно-планувальної реконструкції, а технологічні аспекти взаємодії потоків вивчені поверхнево.

Проблема формування напряму удосконалення технологічної взаємодії у ТПВ МПТ, в деякій мірі, обумовлена відсутністю чіткого представлення базової термінології та класифікації. У більшості робіт ТПВ визначаються як місце взаємодії різних видів транспорту. Наприклад, у роботі [280] під ТПВ розуміється «елемент транспортної системи, в якому починається, закінчується перевізний процес одним з видів транспорту, чи здійснюється взаємодія магістральних і міських видів транспорту та реалізується перерозподіл пасажирських потоків». Основний акцент у такому визначенні ТПВ спрямовано на представлення його в якості місця поєднання різних видів транспорту. Це пояснюється тим, що перші напрями, які сформували концептуальні основи досліджень, зорієнтовані на підвищенні ефективності перевезень у комбінованому сполученні «внеміські території – місто». Дослідження процесів взаємодії внутрішніх сполучень МПТ у межах ТПВ до сих пір знаходяться у початковій стадії та потребують розвитку.

Характер протікання технологічних процесів у ТПВ МПТ має ряд відмінностей від комбінованого сполучення, що у значній мірі обумовлене специфікою формування пасажиропотоків, інтервалами прибуття ТЗ, умовами визначення пропускної спроможності ЗП, типом їх розташування по відношенню до елементів ВДМ та ін. До основних особливостей якими характеризуються процеси взаємодії в ТПВ МПТ відносяться [7, 29]:

– неоднорідність часових параметрів протікання технологічних операцій, пов'язаних з находженням ТЗ у ЗП;

– варіативність міжмаршрутного розподілу пасажиропотоків;

– ресурсна обмеженість перонного господарства;

– високий рівень конфліктності взаємодії суб'єктів маршрутного потоку, що призводить до виникнення непродуктивних простоїв ТЗ;

– необхідність своєчасного та повного задоволення потреб пасажирів;

– велика кількість суб’єктів та неузгодженість їх взаємодії;

– наявність характеристичного впливу параметрів взаємодії в ЗП на елементи прилеглих ділянок ВДМ.

Осмислюючи особливості ТПВ МПТ можливо сформувати наступне його визначення: «ТПВ МПТ – це об’єкт міської пасажирської транспортної інфраструктури в межах якого реалізується міжмаршрутний перерозподіл пасажиропотоків між окремими напрямками внутрішнього сполучення одного або різних видів транспорту». На відміну від комбінованих, ТПВ МПТ представляють собою значно менші за розмірами та структурою об’єкти, у них може бути відсутній єдиний комплекс споруд, а їх цільова підпорядкованість формується на принципах децентралізації. По суті, в якості ТПВ може виступати будь який ЗП або їх сукупність, в межах яких реалізується міжмаршрутний перерозподіл пасажиропотоків.

Основними параметрами, що характеризують ТПВ МПТ є [275]:

– кількість видів транспорту та умови їх взаємодії;

– кількість однотипних ліній, що реалізуються окремими елементами з обслуговування відповідних видів пасажиропотоків (початкових, кінцевих або пересадочних);

– кількість здійснюваних структурними елементами однотипних технологічних процесів по обслуговуванню різних видів сполучення.

Склад та структурна компоновка елементів ТПВ МПТ характеризують:

– потужність його перонного господарства;

– переробну та пропускну спроможність вузла.

До параметрів вхідних та вихідних потоків ТПВ відносяться [15, 275]:

– їх абсолютна величина та інтенсивність;

– розподіл інтервалів між надходженням ТЗ;

– рівень наповнення та пасажирообмін ТЗ;

– система пріоритетів надходження та відправлення ТЗ;

– інтенсивність транспортного потоку.

Вимоги до організації взаємодії грубнуються на необхідності забезпечення [20, 273, 275]:

– максимальної пропускної та переробної спроможності ТПВ;

– міжмаршрутної пересадки з мінімальними витратами часу;

– раціонального розподілу маршрутів серед існуючих ЗП;

– мінімізації непродуктивних простоїв ТЗ;

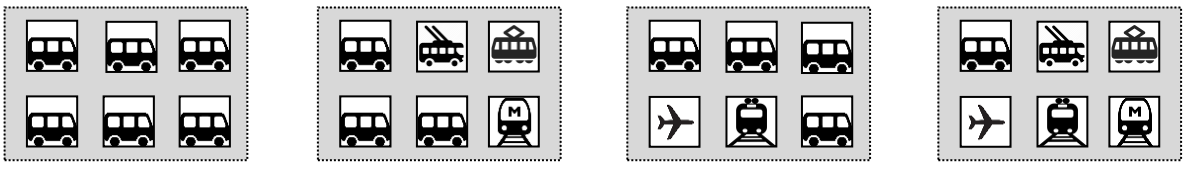
– зниження негативного впливу на ВДМ та МС;

– організація роботи по суміщеному контактному графіку і єдиному технологічному процесу, заснованого на взаємодії наявних видів транспорту.

– створення мультимодальних форм обслуговування пасажирів.

Розвиток структурних елементів ТПВ МПТ взаємопов'язаний та має вирішуватися комплексно з урахуванням ефективного використання провізних можливостей маршрутів, впровадження новітньої техніки та застосування прогресивних методів управління технологічними процесами [281, 282].

ТПВ МПТ розрізняються за складністю, розмірністю та типом компоновки [283]. У залежності від кількості видів транспорту та форми їх взаємодії, ТПВ можуть бути розподілені за відповідними типами організаційно-структурної компоновки (рис. 1.4.).

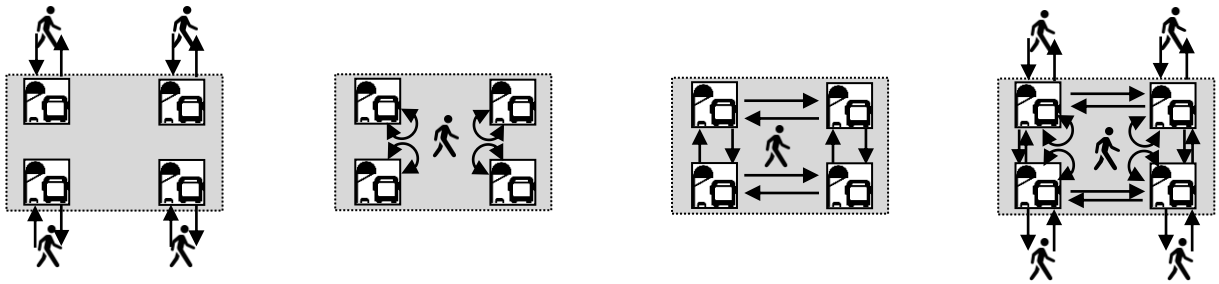


а) б) в) г)

а –монотранспортні міського сполучення; б – інтермодальні міського сполучення; в – міські монотранспортні з зовнішнім сполученням; г – міські інтермодальні з зовнішнім сполученням

Рисунок 1.4 – Типи організаційно-структурної компоновки ТПВ

Кількість однотипних ліній обслуговування пасажиропотоків визначає споживчо-технологічну компоновку ТПВ (рис. 1.5).

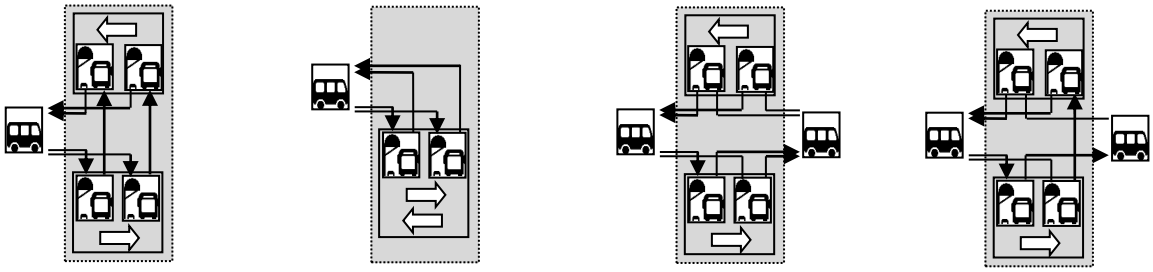


а) б) в) г)

а – початково-кінцеві поїздки; б – транзитні поїздки в межах окремих ЗП; в – транзитні поїздки між ЗП; г – комбіновані поїздки

Рисунок 1.5 – Типи споживчо-технологічної компоновки ТПВ

Кількість однотипних технологічних процесів з обслуговування маршрутів визначає техніко-технологічну компоновку ТПВ (рис. 1.6).

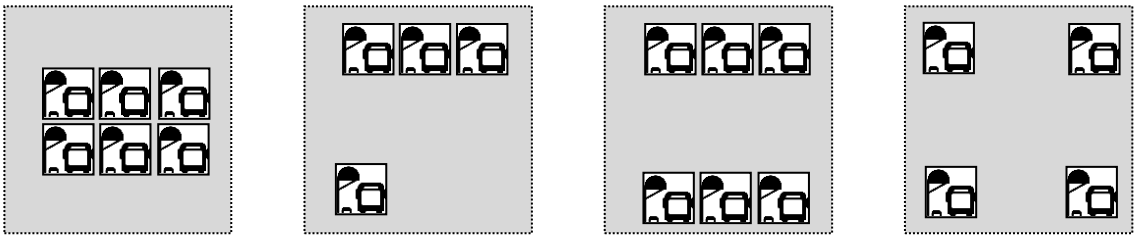


а) б) в) г)

а – початково-кінцеві розподілені; б – початково-кінцеві об’єднані; в – транзитні; г – комбіновані

Рисунок 1.6 – Типи техніко-технологічної компоновки ТПВ

Розміщення ЗП в ТПВ оказує вплив на параметри взаємодії суб’єктів та визначає тип планувальної конфігурації (рис. 4.4).

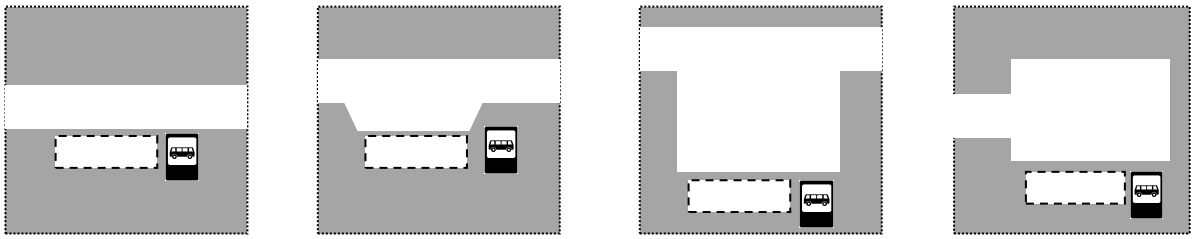


а) б) в) г)

а – сконцентровані; б – сконцентровані з відокремленими ЗП; в – розподілені на частини; г – рівномірно розосередженні

Рисунок 1.7 – Типи планувальної компоновки ТПВ

Розташування ЗП у плані ТПВ визначає передумови виникнення конфліктних ситуацій при прибутті ТЗ. Основні типові структури розташування ЗП відносно проїжджої частини ВДМ наведені на рис. 1.8.



а) б) в) г)

а – неізольовані; б – кишенькового типу; в – відокремлені поточні;
г – відокремлені тупикові

Рисунок 1.8 – Типи розташування ЗП

Ефективна взаємодія у ТПВ оказує позитивний вплив на якість транспортного обслуговування населення та відіграє важливу роль у формуванні сталості МПТ. Однак, реалії сьогодення свідчать про те, що поточна ситуація, яка спостерігається у ТПВ багатьох міст України, навпаки характеризується її низькою організованістю та якістю. На основі вибіркового анкетування та натурних обстежень, були встановлені індикативні показники обслуговування МПТ в ряді міст (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Індикативні показники обслуговування МПТ

Показник	м. Харків	м. Кривий Ріг	м. Херсон	м. Слов'янськ
Питома вага пересувань з пересадками, %	44,5	23,8	20,7	16,2
Витрати часу на реалізацію переміщення, хв	45-50	50-60	35-40	30-35
Витрати часу на реалізацію міжмаршрутних пересадок, хв	9-12	12-14	9-11	10-12
Питома вага витрат часу на пересадку, %	20,2-27,7	20,1-28,2	22,5-31,4	28,6-34,1

Виходячи з представленої інформації можна встановити, що питома вага часу, який витрачається на реалізацію міжмаршрутних пересадок складає 20-34 % від загального часу пересування, що робить цей процес незручним для пасажирів. Крім незручностей, пов’язаних з витратами значного часу на пересадку, наявна ситуація у значній мірі, погіршується конфліктністю руху ТЗ у зоні ЗП ТПВ. Негативним наслідком таких ситуацій є виникнення тривалих непродуктивних простоїв ТЗ, погіршення безпеки дорожнього руху на прилеглих ділянках ВДМ та зростання екологічного забруднення довкілля. В табл. 1.2 наведені дані про часові параметри перебування ТЗ у ТПВ які були встановлені у ході проведення натурних обстежень.

Таблиця 1.2 – Часові параметри перебування ТЗ у ТПВ

Транспортно-пересадочний вузол	Середній час знаходження ТЗ у ТПВ, хв	Середній час непродуктивного простою ТЗ, хв
«ст. м. пр. Гагаріна» м. Харків	4,1	2,1
«ст. м. Героїв Праці» м. Харків	3,2	1,7
«ст. м. Академіка Барабашова» м. Харків	5,3	2,4
«ст. м. Університет» м. Харків	4,2	1,6
«пр. Ювілейний – пр. Тракторобудівників» м. Харків	3,1	0,7
«вул. Гв. Широнинців – вул. Валентинівська» м. Харків	2,7	0,5
«Ювілейна» м. Кривий Ріг	2,9	1,2
«Соцмісто» м. Кривий Ріг	4,7	2,6
«Центральний ринок» м. Кривий Ріг	4,4	2,4
«Кривий Ріг – Вокзальний» м. Кривий Ріг	4,2	2,4
«вул. Залізнична» м. Херсон	3,6	2,1
«Автовокзал» м. Херсон	2,8	0,8
«САТУ» м. Слов’янськ	2,6	0,7

Наведена інформація дає змогу зробити висновок про низьку якість організації взаємодії суб'єктів маршрутного потоку. Питома вага непродуктивного простою ТЗ в межах в ЗП ТПВ, який пов'язаний з появою їх черги та очікуванням пасажирів складає від 19 % до 59 %. Це також свідчить про необхідність проведення детального причинно-наслідкового аналізу виникнення таких ситуацій.

Огляд літературних джерел [271, 272-279, 284] та практичного досвіду дозволив систематизувати основні причини зниження ефективності функціонування ТПВ МПТ (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Причини зниження ефективності ТПВ (на основі [27, 284])

Напрям	Причини виникнення
Збільшення часу пересадки пасажирів	– неузгодженість розкладів руху – нерегулярність прибуття ТЗ – додаткові непродуктивні простої ТЗ
Долання значних відстаней між ЗП	– незручне просторове розташування ЗП – неефективний розподіл пішохідних потоків – посадка-висадка пасажирів поза зоною ЗП
Витрати часу на оплату проїзду	– незручне розташування квіткових кас – відсутність єдиних проїзних білетів
Низька інформативність	– необ'єктивність інформації – низька регулярність руху ТЗ – відсутність представлення онлайн інформації
Зниження безпеки руху	– перевищення кількості ТЗ номінальної місткості ЗП – конфліктність пішохідних та транспортних потоків
Зниження пропускної спроможності ЗП	– неузгодженість часу простою ТЗ з інтенсивністю вхідного маршрутного потоку – нераціональний розподіл маршрутів між ЗП – відсутність координації часу перебування ТЗ
Зниження провізних можливостей маршрутів	– непродуктивні простої ТЗ у черзі – збільшення часу простою ТЗ для збору оплати – додаткові простої для очікування пасажирів

Усунення спектру встановлених причин зниження ефективності ТПВ реалізується в контексті удосконалення функцій об'єктів пасажирської

транспортної інфраструктури. На рисунку 1.9 представлені науково-практичні підходи удосконалення ТПВ МПТ.

Рисунок 1.9 – Напрями удосконалення ТПВ МПТ

В умовах формування сталого МПТ, напрям оптимізації технологічних процесів взаємодії в ТПВ є дієвим способом підвищення сервісно-ресурсної ефективності. На відміну від архітектурно-планувальної реконструкції, він дозволяє покращити якість транспортного обслуговування пасажирів у ТПВ без використання додаткових ресурсів та капіталовкладень в їх розбудову. Крім того використання архітектурно-планувальної реконструкції на практиці значно обмежується територіальними можливостями міст та фінансовими можливостями їх муніципалітетів.

Серед оптимізації технологічних процесів найбільшого поширення отримала синхронізація часових параметрів взаємодії. Синхронізація є важливим прикладним аспектом інтеграції в системах МПТ та завдяки своїй актуальності, в останні роки привернула увагу багатьох закордонних вчених-транспортників. Протягом останніх десятиріч були розроблені різні методи та моделі синхронізації розкладу руху ТЗ (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Методи синхронізації взаємодії в ТПВ (на основі [284])

Автор	Критерій	Метод оптимізації
Domschke W. [285]	Час очікування пересадки	Евристичний алгоритм
Daduna J. [286]	Час очікування пересадки	Метод табу-пошуку
Chakroborty P. [287]	Час очікування пересадки	Генетичний алгоритм
Ceder A. [288, 289]	Одночасне перебування ТЗ різних маршрутів	Евристичний алгоритм
Wu Y. [290]	Час очікування пересадки	Генетичний алгоритм
Ibarra-Rojas O.J. [291]	Кількість пасажирів, що здійснюють пересадку без очікування ТЗ	Метаевристичний алгоритм
Poorjafari V. [292]	Утримання в допустимих межах часу очікування пересадки	Генетичний алгоритм
Foss S. [293]	Час очікування пересадки, інтервал руху на маршрутах	Метод табу-пошуку
Shafahi Y. [294]	Мінімізація загального часу очікування пасажирів	Генетичний алгоритм
Jansen L.N. [295]	Час очікування пересадки	Табу пошук
Daganzo C.F. [296]	Час очікування пересадки	Евристичний алгоритм
Капитонов Ю.А. [297]	Час очікування пересадки	Евристичний алгоритм
Самчук Г.О. [284]	Час очікування пересадки	Евристичний алгоритм

Завдання синхронізації переважно зводиться до мінімізації часу очікування пасажирами міжмаршрутної пересадки, що досягається погодженням розкладу руху. Як правило, це реалізується одночасним перебуванням в ТПВ декількох ТЗ різних маршрутів. В якості критерію оптимізації найчастіше застосовуються різні моделі часу очікування пересадки. У роботі [289] процес синхронізації розглядається з позиції мінімізації загального часу переміщення пасажирів

$$PTT_i = \sum_{j=1}^{n-1}(TT_{V_{R(i,j)}} + ETR_{V_{R(i,j)},V_{R(i,j+1)}}) + TT_{V_{R(i,n)}}, \qquad (1.7)$$

де $TT_{V_{R(i,j)}}$ – час поїздки на маршруті відправлення, хв;

$ETR_{V_{R(i,j)},V_{R(i,j+1)}}$ – час міжмаршрутної пересадки, хв;

$TT_{V_{R(i,n)}}$ – час поїздки на маршруті до ТПВ, хв;

n – кількість маршрутів пересадки.

Час міжмаршрутної пересадки визначається залежністю

$$ETR_{\substack{V_{R(i,j)} \\ V_{R(i,j+1)}}} = EP_{\substack{V_{R(i,j)} \\ V_{R(i,j+1)}}} \cdot TR_{\substack{V_{R(i,j)} \\ V_{R(i,j+1)}}} + (1 - EP_{\substack{V_{R(i,j)} \\ V_{R(i,j+1)}}}) \cdot (\Pr_{\substack{V_{R(i,j)} \\ V_{R(i,j+1)}}} \cdot W_{\substack{V_{R(i,j)} \\ V_{R(i,j+1)}}} + (1 - \Pr_{\substack{V_{R(i,j)} \\ V_{R(i,j+1)}}}) \cdot W_{\substack{V_{R(i,j)} \\ V_{R(i,j+1)}}}), \quad (1.8)$$

де $EP_{\substack{V_{R(i,j)} \\ V_{R(i,j+1)}}}$ – ймовірність відправлення пасажира рейсом $V_{R(i,j+1)}$;

$TR_{\substack{V_{R(i,j)} \\ V_{R(i,j+1)}}}$ – інтервал руху між рейсами $V_{R(i,j)}$ та $V_{R(i,j+1)}$, хв;

$\Pr_{\substack{V_{R(i,j)} \\ V_{R(i,j+1)}}}$ – ймовірність реалізації пересадки в періоді координації;

$W_{\substack{V_{R(i,j)} \\ V_{R(i,j+1)}}}$ – час координації перебування ТЗ у ТПВ.

У роботі [296] критерієм оптимізації синхронізації пересадки виступає функція

$$\zeta_{n,s+1} = \sum_{j=0}^{s} \sum_{m} (f_{m|j} - f_{1|j}) v_{n-m,s+1-j}, \quad (1.9)$$

де $f_{m|j}$ – час відправлення ТЗ маршруту m, хв;

$f_{1|j}$ – час прибуття ТЗ маршруту 1, хв;

$v_{n-m,s+1-j}$ – обсяг пересадки між рейсами $s+1-j$ маршрутів $n-m$, пас.;

s – кількість маршрутів пересадки.

Основним недоліком більшості способів синхронізації є їх функціональна обмеженість: розглядається, як правило, два маршрути; не врахована стохастичність прибуття ТЗ, варіативність вибору маршруту поїздки та рівень наявних вільних місць; облік часу транзитних пасажирів (які не здійснюють посадку-висадку в ЗП) не включений до критерію оптимізації.

Важливим елементом оптимізації технологічних процесів є узгодження часових параметрів перебування ТЗ в ЗП з їх пропускною спроможністю [298-303]. Важливою складовою реалізації такої процедури є встановлення фактичної пропускної спроможності ЗП. У роботі [303] автором запропоновано визначати пропускну спроможність ЗП з урахуванням часу перебування ТЗ

$$Q_B = \frac{3600n}{\frac{n}{s} + t_l + t_p + t_e}, \qquad (1.10)$$

де n – місткість ЗП, авт.;

s – середня інтенсивність прибуття ТЗ, авт/с;

t_l – час маневрування ТЗ, с;

t_p – час посадки-висадки пасажирів, с;

t_e – додаткова затримка ТЗ у ЗП, с.

Модель (1.10) враховує додаткові затримки ТЗ, але не дозволяє оцінити ступінь впливу вхідного маршрутного потоку на їх виникнення. Також для оцінювання пропускної спроможності та дослідження параметрів функціонування ЗП використовуються симулятори IRENE [304] і PASSION [305]. Наведені прикладні інструменти дають змогу оцінити фактичні параметри функціонування ЗП, але функції вирішення задачі оптимізації вхідних маршрутних потоків в них не передбачено.

1.5 Структурно-логічна схема дослідження

Онтологічний аспект дослідження повинен включати в себе необхідну та достатню конкретизацію виділеного об'єкта та предмета, а також обґрунтування меж аналізу. Даний аспект аналізу розкривається всередині тривимірного простору (проблема – мета – задачі для вирішення) та може бути представлений у вигляді структурно-логічної схеми дослідження (рис. 1.10).

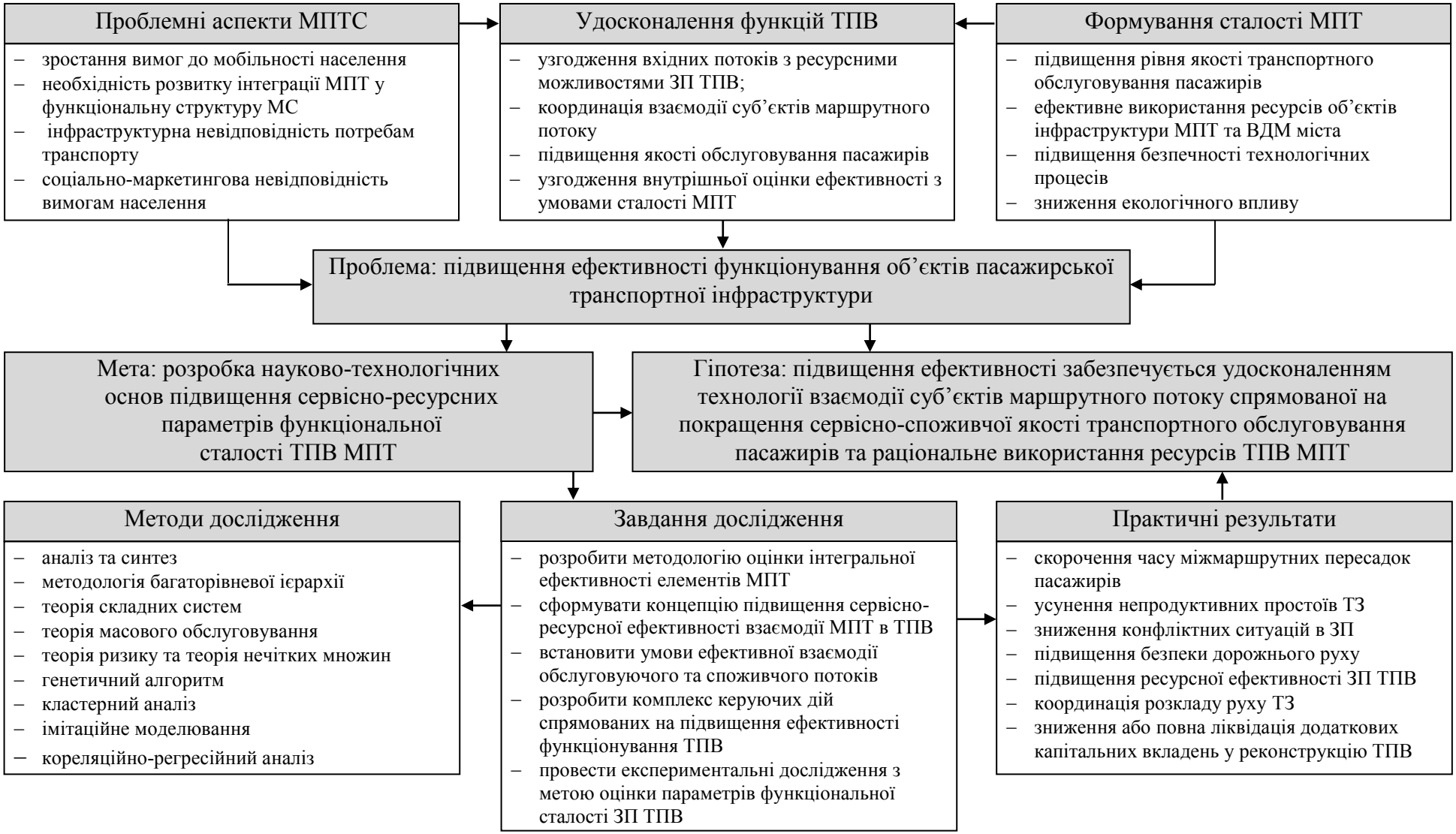


Рисунок 1.10 – Структурно-логічна схема дослідження

Основним призначенням структурного уявлення гносеологічного аспекту є адекватне відображення всіх суттєвих причинно-наслідкових зв'язків об'єкта та предмета дослідження в межах виділених компонентних складових. Відносно вимог до кількісного та якісного аналізу дослідження, вони повинні ґрунтуватися на отриманих практичних результатах та бути погодженими з умовами оцінювання достовірності висунутої наукової гіпотези.

Основою виділення наукової гіпотези є відокремлення структурної компоновки проблеми, яка ґрунтується на обліку аспектів функціонування ТПВ в межах єдиного простору МПТС, саме для вирішення яких необхідне створення сталого МПТ. Теоретико-методологічною основою дослідження виступають загальнонаукові принципи пізнання: детермінізму, розвитку, системності та система загальнонаукових і спеціальних методів, яка дозволяє досліджувати технологічні процеси в їх взаємозв’язку та розвитку та вирішувати виділені науково-практичні завдання.

Для реалізації визначеної мети та завдань у процесі виконання дисертаційного дослідження використовувався комплекс взаємопов’язаних, взаємодоповнюючих загальнонаукових і спеціальних методів. Сукупність використаних методів створює комплекс науково-прикладного інструментарію дослідження, основним призначенням якого є реалізація виділених завдань та забезпечення їх практичної адаптації. Вирішення поставлених завдань спрямоване на отримання практичних результатів, що виступають в якості критерія оцінки рівня досягнення поставленої мети та є інформаційним джерелом для перевірки виділеної наукової гіпотези.

В основі формування комплексного підходу до вирішення поставленого кола науково-практичних завдань лежить використання системного аналізу, як основоположного методу дослідження. Використання методу системного аналізу, є винятково важливим під час проведення дослідження фактичного та перспективного станів об’єкта, встановлення чинників, що оказують вплив на його параметри, формулювання та систематизації складників виділеної наукової проблеми. Застосування системного підходу та системного аналізу дає

можливим встановити нові закономірності в системі управління взаємодією МПТ в ТПВ, а також з'ясувати її внутрішні та зовнішні зв'язки. Методи системного підходу та системного аналізу використовувалися в усіх основних розділах дисертаційної роботи, а саме: при розробці методології багаторівневого аналізу ефективності МПТ, при формуванні концепції функціональної сталості об'єктів інфраструктури та розробці теоретичних основ управління ТПВ. Виділена структрно-логічна схема дозволяє систематизувати процедуру дослідження та вносить певну упорядкованість в послідовність її реалізації.

1.6 Висновки за розділом 1

1. На сучасному етапі розвитку МПТС виникає гостра необхідність їх реформування та впровадження нових підходів до підвищення її ефективності. Потреба у реформуванні обґрунтована вимогами суспільства до економії усіх видів наявних ресурсів, зниження рівня негативного впливу транспорту, усебічного соціально-економічного зростання, зорієнтованого на реалізацію стратегії сталого розвитку міст.

2. У межах існуючих вимог та ресурсних можливостей міст дієвим способом забезпечення населення доступною високоякісною мобільністю є створення сталих транспортних систем на базі МПТ, які забезпечують екологічну, транспортну, ресурсну ефективність міського середовища та уможливлюють підвищення його потенціалу.

3. Для вирішення сучасних завдань які стоять перед МПТ, необхідне впровадження його інтеграційного представлення у структурі міського середовища, як багаторівневого системоутворюючого елемента спрямованого на реалізацію ефективних способів задоволення транспортних потреб населення та організації ефективної взаємодії технологічних процесів.

4. Існуючі підходи до оцінювання ефективності МПТ зорієнтовані на визначення результативності по відношенню до внутрішніх параметрів, що не

дозволяє використовувати їх в повній мірі для усестороннього оцінювання впливу елементів МПТ на компоненти транспортно-територіального середовища міста та не забезпечує відтворення його багатоаспектної ролі у формуванні якості життя населення.

5. Характер реалізації технологічних процесів взаємодії у ТПВ МПТ відрізняється від позаміського сполучення специфікою формування пасажиропотоків, інтервалів прибуття ТЗ, умовами встановлення пропускної спроможності ЗП, типом їх розташування по відношенню до елементів ВДМ. Удосконалення взаємодії у ТПВ МПТ має вирішуватися комплексно з урахуванням ефективного використання провізних можливостей маршрутів, впровадження новітньої техніки та застосування прогресивних методів управління технологічними процесами.

Основні результати дослідження по даному розділу опубліковані в роботах [1, 2, 4, 5, 7, 29, 31, 36, 38, 45, 46].

РОЗДІЛ 2
МЕТОДОЛОГІЯ БАГАТОРІВНЕВОГО АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

2.1 Методологічні рівні дослідження МПТ

Під ефективністю системи розуміють найбільш обособлене загальне, що визначає властивість будь-якої цілеспрямованої діяльності, яка з гносеологічної точки зору розкривається через категорію мети, об'єктивно виражається ступенем її досягнення, дає можливість охарактеризувати рівень витрат часу та обсяг залучених ресурсів [306]. Вибір форм та способів дослідження ефективності систем визначається умовами розв'язуваних завдань та рівнем їх складності. Проведений у першому розділі аналіз підходів до оцінювання ефективності МПТ дозволив встановити, що існуючі методики в основному сконцентровані на оцінюванні внутрішніх процесів та мають системну обмеженість, яка проявляється у відсутності чітко формалізованого комплексного обліку зміни стану маршрутів, елементів ВДМ, екологічної та дорожньої безпеки. Слід відмітити, що всебічне дослідження ефективності МПТ – це нетривіальне завдання, яке потребує використання системного підходу та спеціальних методик оцінювання. Необхідність розробки нових форм оцінювання ефективності ґрунтується на важливому соціально-економічному значенні МПТ та обумовлюється його системоутворюючим характером по відношенню до структурних компонент життєдіяльності міста [307]. При дослідженні ефективності МПТ, слід враховувати основні вимоги щодо об’єктивності відображення процесів, які можуть бути сформовані у вигляді сукупності системних властивостей [153]: загальносистемні (цілісність, стійкість, динамічність та ін.), структурні (зв'язність, організованість, централізованість та ін.), функціональні (результативність, надійність та ін.).

Дослідження ефективності складних функціональних систем, до яких відноситься МПТ, зазвичай проводять за двома категоріями [308]: цільовою та

технологічною (ресурсною). Цільова ефективність відображає рівень відповідності призначенню та розкриває ступінь досягнення поставленої мети. Основою визначення технологічної (ресурсної) ефективності МПТ є окремі процеси, які у загальному вигляді можуть розглядатися як спосіб оцінювання досягнення внутрішніх результатів по відношенню до обсягу витрачених локальних ресурсів. У рамках системного підходу, основними вимогами до оцінювання технологічної ефективності МПТ є об'єктивне відображення співвідношення локальних результатів з інтенсивністю використання ресурсів та забезпечення обліку погодженості їх цільових інтересів.

Метою дослідження ефективності МПТ є оцінка поточного стану та визначення стратегії переходу на новий якісний рівень, що забезпечує його відповідність сервісно-ресурсним, екологічним та соціальним вимогам сталого розвитку міст. Процедура дослідження ефективності МПТ в рамках формування стратегії відповідності умовам сталого розвитку міст вимагає використання багаторівневого аналізу, який реалізується у вигляді послідовності етапів (рис. 2.1).

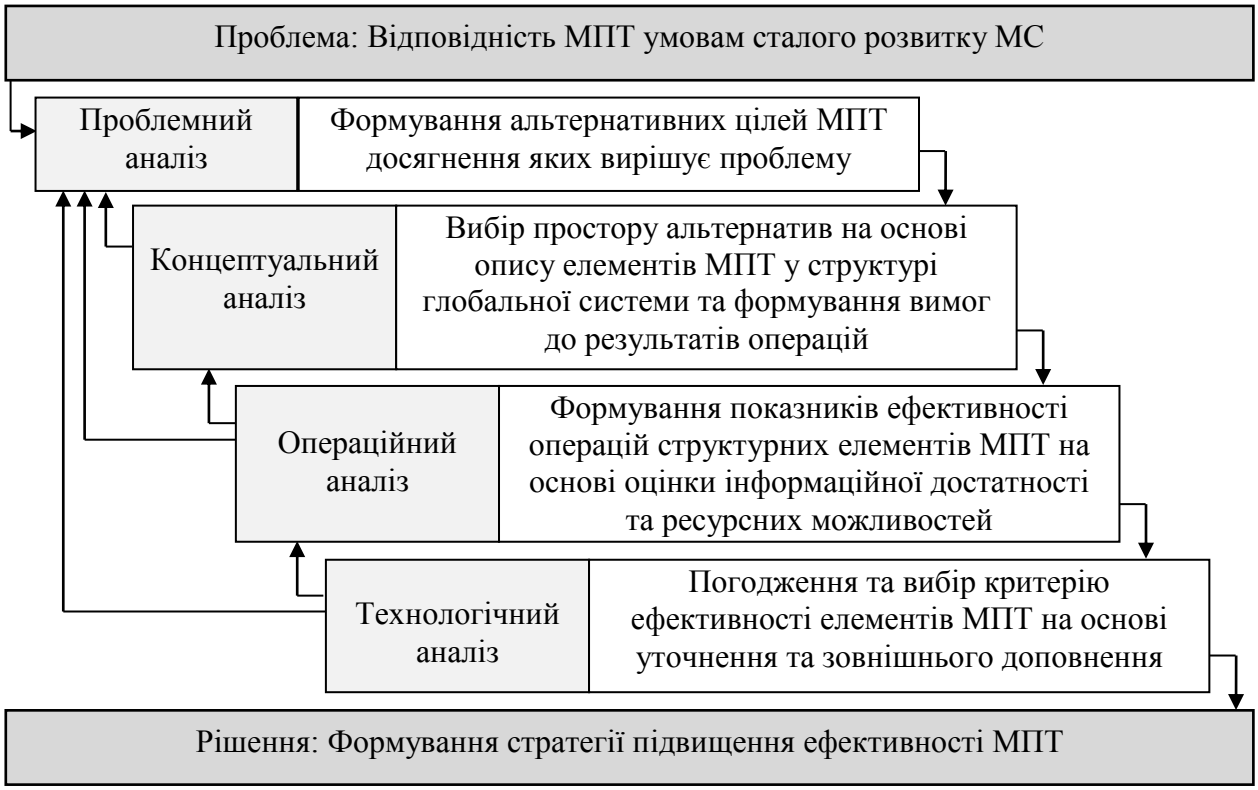


Рисунок 2.1 – Етапи дослідження ефективності МПТ

Ефективність складної системи не можна вивести повністю тільки з її властивостей, необхідно враховувати також і властивості надсистеми [309]. Визначення ефективності МПТ через показники ефективності системи вищого рівня потребує виділення меж глобальної системи, формалізації зв'язків, встановлення окремих цільових пріоритетів, розподілення внутрішніх процесів підсистем та проведення оцінювання зміни сервісно-ресурсних параметрів.

При аналізі складних багаторівневих об'єктів в якості системи вищого рівня використовують поняття метасистеми. Під нею розуміється масштабна система, ширша, ніж традиційні системи, в яку кожна досліджувана система входить як складова частина. Метасистема – це взаємодія декількох систем, фактично її можна розглядати, як систему систем, що включає різні, досить неоднорідні організації, які знаходяться у взаємодії між собою особливим чином. Метасистема представляє собою інтеграцію різних сфер діяльності, різних за рівнями господарювання структур і комплексів, вона відрізняється від структурованої системи наступними особливостями [310]:

– умовою виділення елементів метасистеми є квантифікація цілі її функціонування на основі аналізу умов повноти та достатності підсистем;

– зв'язки між елементами метасистеми, на відміну від структурованої системи, формуються на основі сервісно-ресурсних міжсистемних потоків, що є результатом наявності високого рівня самодостатності її складових частин;

– досягнення мети метасистеми забезпечується узгодженням результатів систем та реалізується на основі їх міжрівневої інтеграції.

МПТ є основним елементом забезпечення територіальної доступності населення до об'єктів економічного, соціального, суспільного простору та виступає в якості системоутворюючого елемента міського середовища [311]. Виходячи з цього, МПТ можливо розглядати з позицій представлення його у вигляді складової частини метасистеми «міське середовище» (МС). Метасистема МС до структури якої входить МПТ, являє собою єдність економічної, соціальної, екологічної, інформаційної, технологічної та інших систем, які становлять не просто організаційно-технологічне різноманіття, а

системну конструкцію, що забезпечує поєднання певної самостійності безлічі центрів прийняття рішень та їх скоординовану участь у вирішенні головного завдання – через доступну мобільність забезпечити якість життя населення.

Природа формування ефективності МПТ з позицій метасистеми, знаходиться у площини синергетичних відносин та у значній мірі визначається її структурою. Опис структури МПТ в межах метасистеми передбачає проведення її декомпозиції з виділенням відповідних рівнів аналізу. Досвід досліджень ефективності складних систем показує доцільність виділення сукупності методологічних рівнів аналізу [312]. Розподіл за методологічними рівнями дослідження МПТ має умовний характер, він не передбачає їх вихід за межі локальних процесів, основним його призначенням є реалізація процедури обліку відокремленої технологічної ефективності в межах єдиного функціонального простору. Структура методологічних рівнів дослідження МПТ відповідає формам ієрархічного представлення та передбачає виділення наступних рівнів: елементного, агрегативного, системного та метасистемного. Відповідно до рівнів оцінка ефективності МПТ проводиться з позицій: об’єктів інфраструктури МПТ, маршрутної мережі, міської транспортної системи, міського середовища (рис. 2.2).

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 2.2 – Методологічні рівні дослідження МПТ

Методологія представлення МПТ з позицій метасистемного підходу, яка реалізується у вигляді сукупності етапів (рис. 2.3), є важливим елементом дослідження природи формування його ефективності та вимагає використання особливих умов єдності процедур синтезу та аналізу.

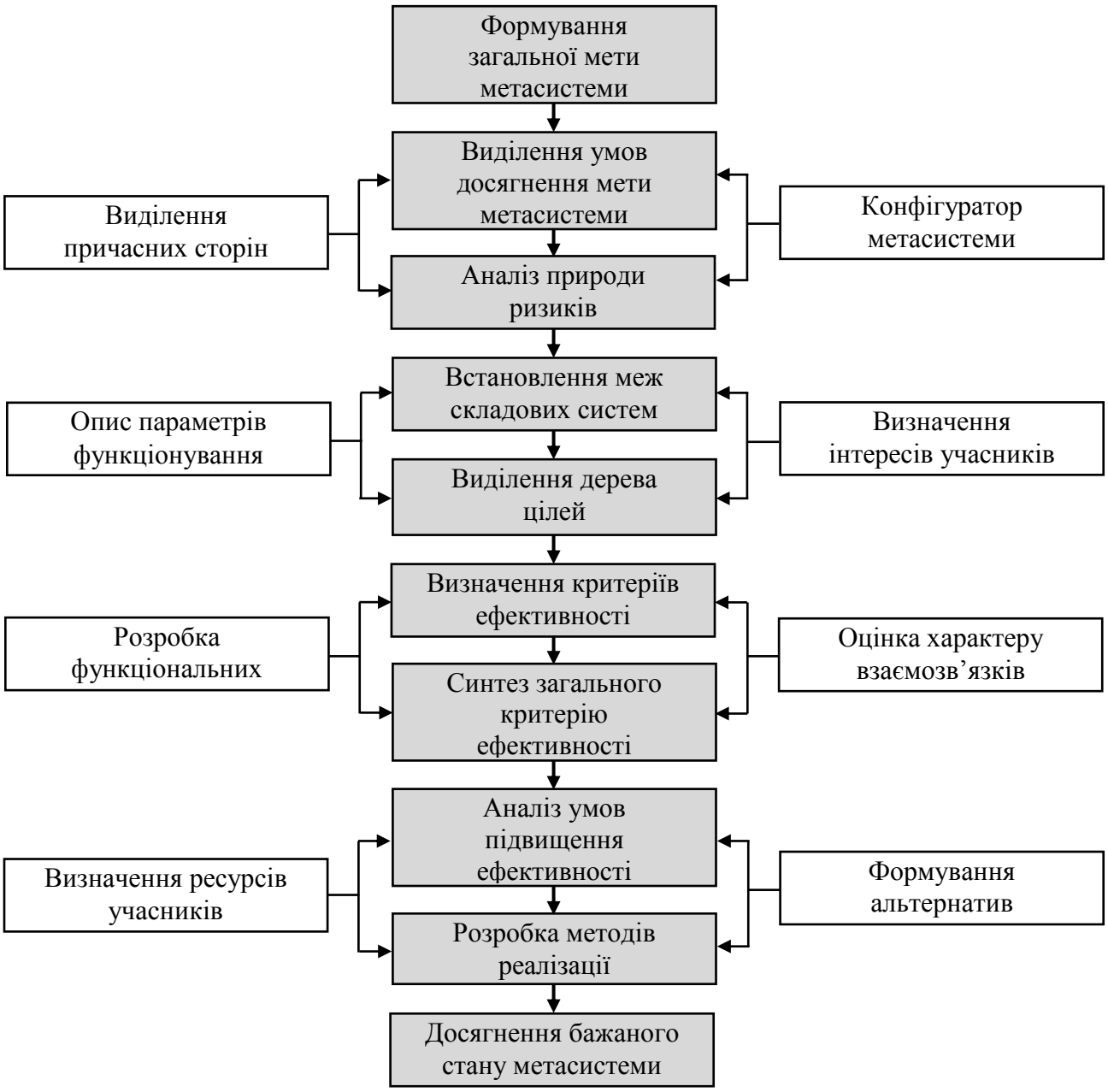


Рисунок 2.3 – Етапи дослідження МПТ з метасистемних позицій

Відповідно методології опису функціональних систем [313], склад МПТ може бути представлений у вигляді сукупності елементів розподілених в межах операційної, споживчої та керуючої підсистем. У структурі МПТ потрібно виділити такі компоненти: учасник, елемент, основна та допоміжна дійова особи, варіант системи, обов'язки системи. З урахуванням багаторівневого розподілу, склад МПТ можна представити у вигляді ієрархічної упорядкованості операційної, споживчої та керуючої підсистем (рис. 2.4).

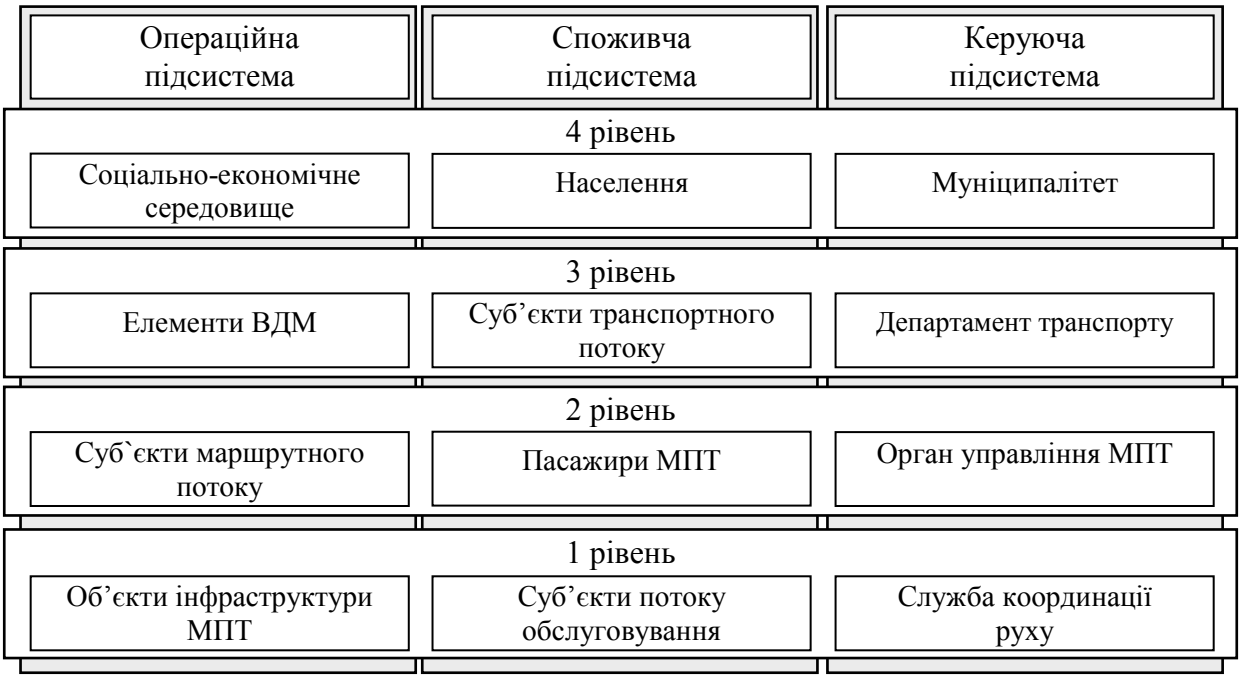


Рисунок 2.4 – Склад функціональних підсистем МПТ

Виділення елементів МПТ проводиться на основі аналізу технологічних процесів та може бути розподілене в залежності від середовища де вони виконуються. Виділення елементів проводиться на основі аналізу локальних технологічних процесів та може бути розподілене за базовими середовищами їх реалізації. Важливим етапом визначення структурних параметрів є визначення її основних та допоміжних діючих осіб. Під основною діючою особою у системі слід розуміти її учасника, який звертається до неї за послугою, визначає її мету та запускає варіант використання. Слід зазначити, що окремі основні діючі особи не мають безпосередньої взаємодії з метасистемою. Для МПТ основною діючою особою є населення, яке звертається за послугою. При цьому вимоги, що висуваються до МПТ пасажирами є основними критеріальними параметрами формування його цільової ефективності. До допоміжних діючих осіб відносяться організації, які надають відповідні послуги для МПТ. Внутрішньосистемні зв'язки МПТ у складі метасистеми мають багаторівневу форму опису, що у значній мірі визначає можливості пошуку резервів підвищення його потенціалу та впливає на формування умов забезпечення

ефективного стану. Структурно-організаційна модель зв’язків, яка відображає складові елементи підсистеми МПТ у складі метасистеми наведена на рис. 2.5.

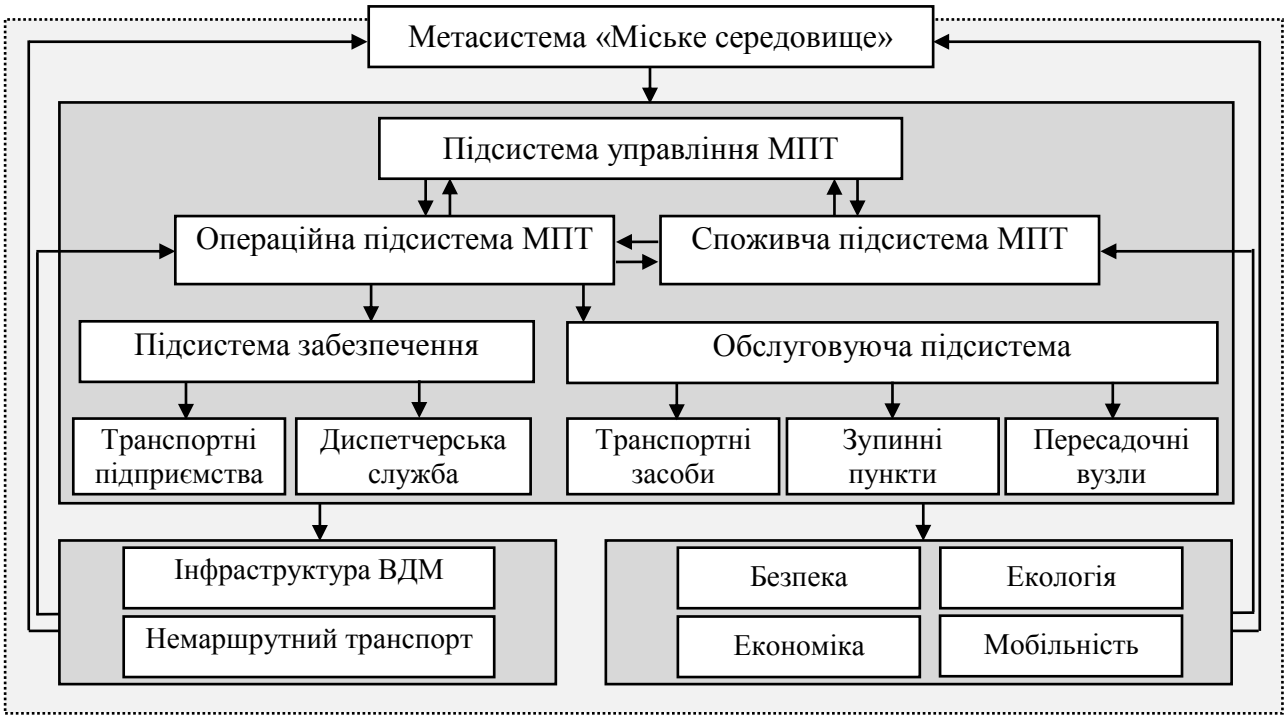


Рисунок 2.5 – Структурно-організаційна модель підсистем МПТ

Для МПТ визначення єдиного критерію ефективності є досить складною задачею, що не може бути вирішена без використання нових форм його представлення. Багатогранність впливу внутрішніх та зовнішніх зв’язків, наявність їх значної кількості, функціональна нестабільність не дозволяють знайти досить простого аналітичного опису ефективності МПТ та вимагають впровадження інтегральної форми її представлення, яка базується на аналізі структурно-організаційного характеру внутрішнього та зовнішнього середовищ. Складність виділення показників інтегральної ефективності МПТ обумовлюється тим, що вона не є сумарним показником окремих систем і за своїм змістом повинна характеризувати не окремі елементи, а відображати цілісні властивості з позицій метасистеми. Взяв за основу існуючі дефініції поняття інтегральної ефективності [314] можна сформувати відповідну понятійну категорію для МПТ. Під інтегральною ефективністю МПТ слід розуміти стан його відповідних структурних елементів, які визначають

можливість максимального використання та нарощування його потенціалу в умовах взаємодії зі зовнішньою середою та формують рівень організованості цілеспрямованого довгострокового функціонування метасистеми «міське середовище», до складу якої він входить. Інтегральна ефективність виходить за межі МПТ та базується на виділенні потенціалу всіх рівнів метасистеми шляхом оцінювання стану використання ресурсів складових частин, аналізу їх граничних обмежень, відображає направленість та динаміку процесів його функціонування та розвитку. Процедура дослідження інтегральної ефективності МПТ передбачає виконання відповідної послідовності етапів, які підпорядковані вирішенню загальної проблеми. На основі аналізу підходів і структури оцінювання інтегральної ефективності МПТ, можливо виділити послідовність її дослідження, яка базується на принципах обліку інтеграції, сервісно-ресурсного балансу та конфліктології складових елементів метасистеми (рис. 2.6).

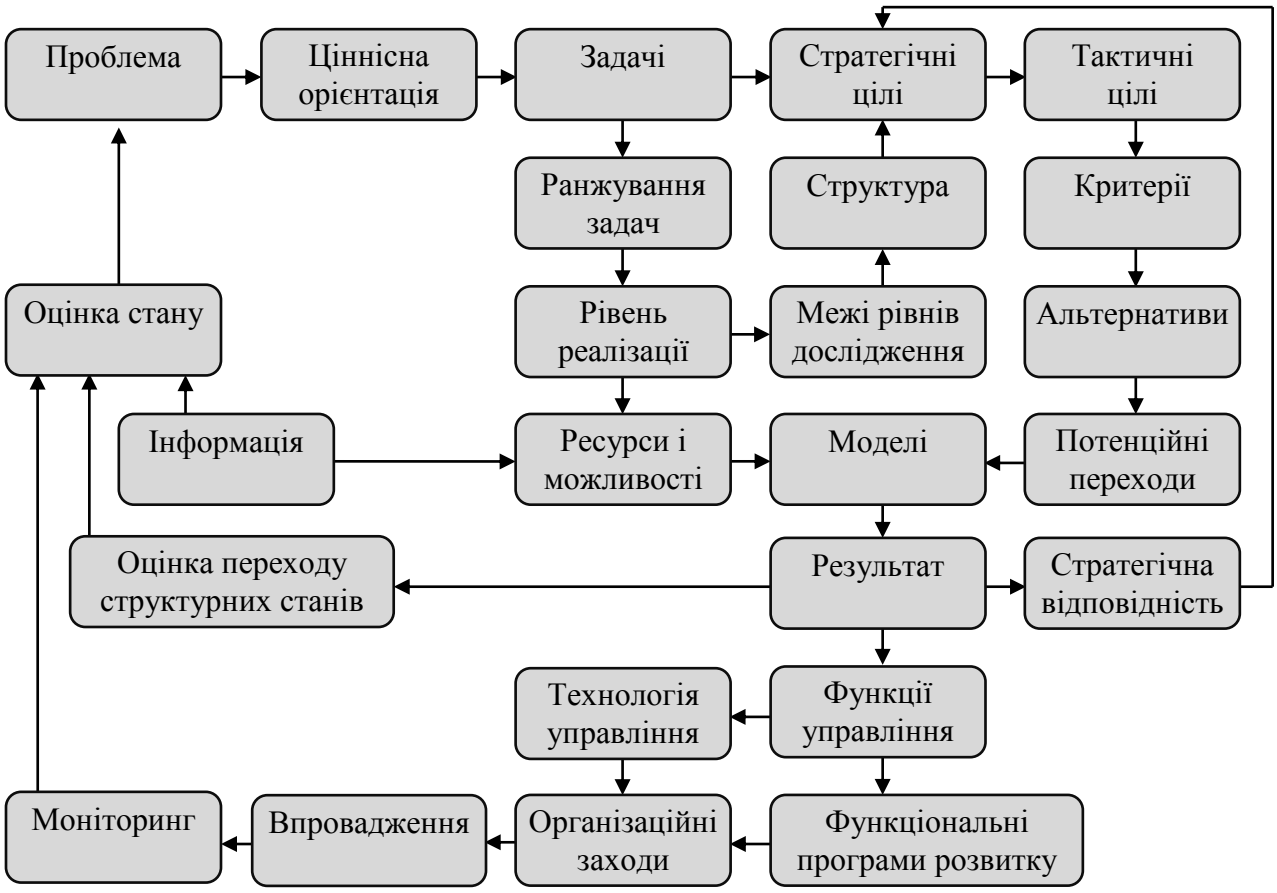


Рисунок 2.6 – Етапи дослідження інтегральної ефективності МПТ

Базовим етапом запропонованої послідовності дослідження інтегральної ефективності МПТ є реалізація процедури оцінювання поточного стану елементів відповідних рівнів. В основу такої процедури покладене виділення рівневих цілей, яке досягається вибором конкретних вимог до реалізації поставлених функціональних завдань через виділення рівнів бар'єрів, обмежень та оцінювання порогів чуткості переходу елементів операційних підсистем.

2.2 Структура багаторівневого оцінювання ефективності МПТ

Напрям оцінювання ефективності МПТ визначається цільовим характером його функціонування та відповідністю глобальній меті метасистеми в складі якої він відіграє важливу роль. На основі виділених методологічних рівнів дослідження МПТ визначені напрями та форми представлення оцінювання його ефективності (рис. 2.7).

Рівень дослідження	Напрям ефективності	Рівень оцінки ефективності	Форма оцінки ефективності
4 рівень Міське середовище	Сталий розвиток	Глобальна мета	Вербальний опис
3 рівень Транспортна система	Організованість транспорту	Багатомірні властивості системи	Векторний показник
2 рівень Маршрутна мережа	Якість обслуговування	Структура-синергія елементів	Скалярний показник
1 рівень Об'єкти інфраструктури	Результативність операцій	Елементні процеси	Перелік властивостей

Рисунок 2.7 – Напрями дослідження ефективності МПТ

Важливим етапом представлення методологічних рівнів дослідження ефективності МПТ є її формальний опис. Перший методологічний рівень передбачає представлення оцінювання ефективності шляхом формування переліку показників, які характеризують властивості елементних процесів в межах базових ОІ МПТ. На даному етапі розгляд ефективності МПТ з

системної позиції не може проводиться внаслідок того, що сукупність відокремлених структурно та у часі елементарних процесів не дозволяє забезпечити цілісність її опису. Другий рівень дослідження ефективності МПТ, який за своїм методологічним значенням відповідає рівню організації, дозволяє описати її скалярною формою у вигляді комплексного показника. Такий показник відображає узагальнюючий результат МПТ через облік сукупності техніко-експлуатаційних, техніко-економічних та якісних показників роботи маршрутної мережі. Третій рівень передбачає дослідження ефективності МПТ з позицій його взаємодії зі зовнішнім середовищем. На цьому рівні МПТ розглядається як складова частина міської транспортної системи. Характерною рисою опису ефективності МПТ на такому рівні є необхідність оцінювання стану самоорганізації МТС, яка формується на принципах рефлексії. МПТ повинен розглядатися з позицій впливу на рівень організованості руху транспорту в межах єдиного територіального простору ВДМ.

Проблема підвищення ефективності використання міських ресурсів є стратегічною задачею не тільки окремих суб'єктів соціально-економічного простору міст, а і в значній мірі визначає пріоритетні напрями їх розвитку. Важливою рисою в цьому аспекті є оцінка умов формування сталого розвитку МС за рахунок удосконалення МПТ. Такі умови дають можливість обґрунтувати необхідність впровадження четвертого методологічного рівня дослідження ефективності, при якому МПТ розглядається з позицій впливу на загальну мету МС. Труднощі представлення метасистемного рівня полягають у наявності великої кількості складних та слабоструктурованих зв'язків, що майже унеможливлює його чітку формалізацію. Аналіз діяльності любої метасистеми можливий лише у вербальному виді. Вплив МПТ на метасистему МС може бути формалізований за допомогою алгебри логіки шляхом опису його характеру. В основу такого представлення покладений принцип багаторівневого обліку взаємозв'язків, при якому враховується вплив складових елементів всіх попередніх рівнів на стан метасистеми. Охарактеризувати інтегральну ефективність МПТ в межах метасистеми можна

за допомогою сукупності станів всіх рівнів. Стан метасистемного рівня представляється у вигляді вкладених множин станів складових систем

$$S_c^c \supseteq S_t^c \supseteq S_u^c \supseteq S_e^c, \tag{2.1}$$

де S_c^c – стан метасистеми МС;

S_t^c – стан міської транспортної системи;

S_u^c – стан маршрутної мережі МПТ;

S_e^c – стан ОІ МПТ.

Стан кожної системи, яка входить до складу метасистеми, характеризується множиною параметрів, до яких відносяться: елементарна структура, внутрішньосистемні зв'язки, сервісно-ресурсні показники, чинники зовнішнього впливу. Сукупність елементів рівня k представляється множиною, розмірність якої відповідає кількості структурних об'єктів

$$N_k^e = \left\{ n_{k_i}^e \right\}, i = \overline{1, b_k^o}, \tag{2.2}$$

де $n_{k_i}^e$ – кількість елементів які входять до i-го об'єкту;

b_k^o – кількість складових об'єктів.

Внутрішньосистемні зв'язки k-го рівня формуються на основі характеру взаємодії структурно-функціональних процесів та описуються множиною параметрів, розмірність якої відповідає кількості об'єктів

$$C_k^c = \left\{ c_{k_i}^c \right\}, i = \overline{1, b_k^o}, \tag{2.3}$$

де $c_{k_i}^c$ – кількість зв'язків між елементами які входять до i-го об'єкту.

Функціонування МПТ в межах МС можна розглядати, як сукупність процесів, у ході яких досягається поставлена перед ним основною діючою особою (споживчою підсистемою) глобальна мета (рис. 2.8).

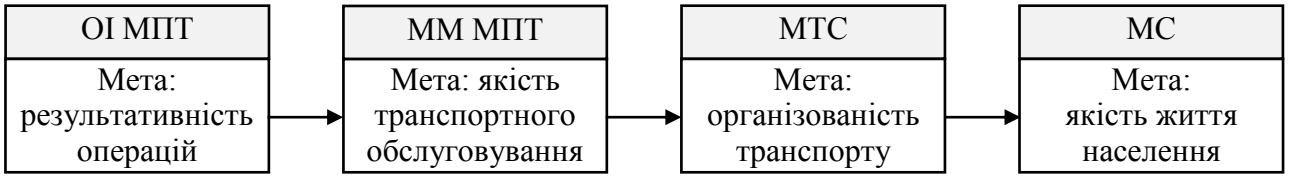


Рисунок 2.8 – Послідовність формування мети метасистеми

Результат функціонування МПТ може бути представлений у вигляді множини параметрів які відображають рівень досягнення поставленої мети

$$A_k^o = \left\{ a_{k_i}^o \right\}, i = \overline{1, b_k^o} \ , \tag{2.4}$$

де $a_{k_i}^o$ – результативний показник i-го об’єкту.

Множина ресурсів k-го рівня визначається кількістю їх видів

$$R_k^a = \left\{ r_{k_i}^a \right\}, i = \overline{1, b_k^o} \ , \tag{2.5}$$

де $r_{k_i}^a$ – ресурс елементу i-го об’єкту.

Важливу роль при забезпеченні ефективного функціонування МПТ відігрівають чинники зовнішнього впливу, які описуються множиною

$$G_k^m = \left\{ g_{k_i}^m \right\}, i = \overline{1, b_k^o} \ , \tag{2.6}$$

де $g_{k_i}^m$ – чинники впливу на елемент i-го об’єкту.

Стан систем, які входять до метасистеми описуються відповідною сукупністю параметрів

$$S_k^c = \left\{ s_k^c \middle| s_k^c \in N_k^e, s_k^c \in C_k^c, s_k^c \in R_k^a, s_k^c \in A_k^o, s_k^c \in G_k^m \right\}, \qquad (2.7)$$

де s_k – множина параметрів, що характеризують стану об'єктів рівня k.

Структура ієрархічного представлення об'єктів МПТ в складі МС має вкладену форму (елемент нижнього рівня є складовою частиною вищого рівня), стан метасистеми при цьому визначається сукупністю параметрів

$$S_c = \left\{ s_c^p \middle| s_c^p \in S_c^c \wedge s_t^p \in S_t^c \wedge s_u^p \in S_u^c \wedge s_e^p \in S_e^c \right\}, \qquad (2.8)$$

де s_c^p – параметри, що визначають стан метасистеми МС;

s_t^p – параметри стану міської транспортної системи;

s_u^p – параметри стану маршрутної мережі МПТ;

s_e^p – параметри стану ОІ МПТ.

Візуалізація ієрархічної структури МПТ в межах метасистеми представлена на рисунку 2.9.

Рисунок 2.9 – Ієрархічна структура представлення МПТ в складі МС

Розгляд ефективності МПТ з позицій метасистеми не може бути реалізовано без обліку рівня його корисності для інших систем. Це пояснюється наявністю зв'язків МПТ зі структурою та властивостями інших рівнів ієрархії метасистеми. Така форма представлення передбачає трансформацію результатів отриманих від МПТ у форму загального сприйняття рівня якості життя населенням. Трансформація результату МПТ має ускладнюючій характер, передбачає поетапне його перетворення та доповнення через системи вищого рівня в результат метасистеми. Структура результативно-цільових зв’язків МПТ в умовах метасистеми представлена на рисунку 2.10.

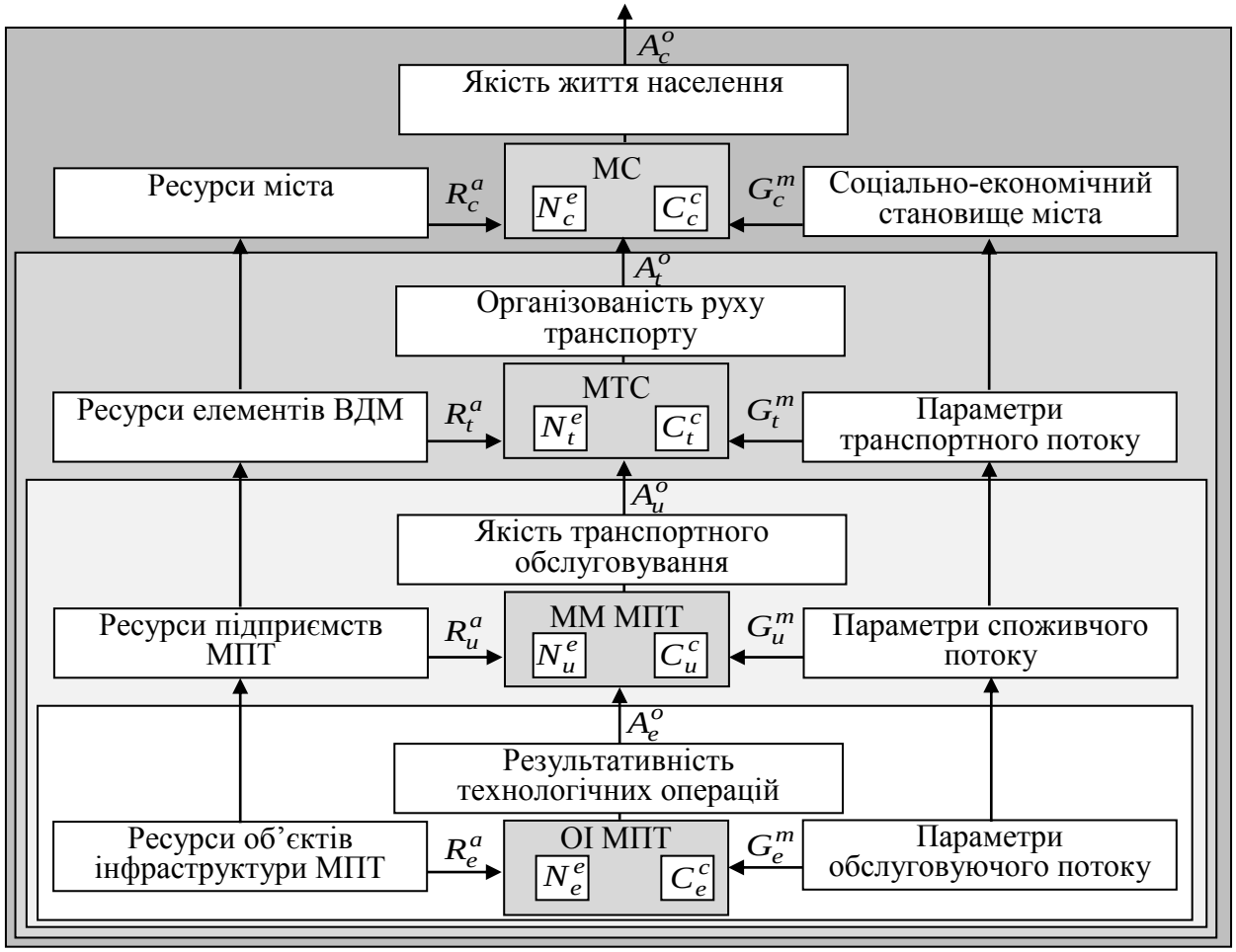


Рисунок 2.10 – Результативно-цільові зв’язки МПТ в структурі метасистеми

Важливим поняттям теорії ефективності систем є виділення форми та складу оціночного критерію, який повинен відображати ступінь відповідності

поставленій загальній меті та давати можливість об’єктивного представлення стану складових елементів [315].

Міру інтенсивності прояву ефективності називають показником ефективності, який для складних систем має більш розгорнуте визначення [316]: «показник ефективності великої системи – це кількісна характеристика кінцевого результату її функціонування і розвитку протягом обумовленого періоду в порівнянні з цільовим нормативом та витратою ресурсів при заданих характеристиках стану структурних елементів, впливу зовнішнього середовища, а також при заданому векторі управління». Така форма представлення критерію ефективності повністю відповідає вимогам щодо формування сталого розвитку міського середовища та дозволяє визначити ступінь відповідності МПТ глобальній меті метасистеми за визначеними методологічними рівнями дослідження.

Опис ефективності МПТ з позицій метасистеми МС передбачає формування сукупності показників у вигляді кінцевого набору для кожного методологічного рівня та структурованого взаємозв’язку між ними. Особливої уваги при формуванні показників ефективності складної системи слід приділяти їх збалансованості, яка досягається шляхом обліку внутрішніх конфліктів та компромісів [316]. Міжрівнева інтеграція оцінювання ефективності МПТ може бути представлена об’єднанням множин показників ефективності для відповідних рівнів

$$E_c \supseteq E_t \supseteq E_u \supseteq E_e, \tag{2.9}$$

де E_c – множина показників оцінювання ефективності МС;

E_t – множина показників оцінювання ефективності МТС;

E_u – множина показників оцінювання ефективності маршрутної мережі МПТ;

E_e – множина показників оцінювання ефективності елементів ОІ МПТ.

Для прийняття рішення про відповідність меті, необхідно встановити значення критерія ефективності, який представляється як правило, що дозволяє зіставляти стратегії з різним ступенем його досягнення та здійснювати спрямований вибір керуючих впливів з сукупності допустимих [317-318].

Представлення ефективності у вигляді функціоналу «результат – ресурс» дозволяє відобразити її з ресурсозберігаючих позицій та забезпечує погодження з основоположними принципами концепції сталого розвитку МС. Вхідними параметрами є сукупність ресурсів, що використовуються МПТ, вихідними – результат, який відображається у вигляді відповідної множини показників. У загальному вигляді ефективність k-го рівня представляється як певна функція

$$E_k = \Phi(R_k^a, A_k^o, G_k^m), \qquad (2.10)$$

де A_k^o – результат функціонування МПТ;

R_k^a – витрати ресурсів для отримання результату A_k^o;

G_k^m – чинники впливу на МПТ.

Обсяг використаних ресурсів традиційно оцінюється абсолютним або відносним рівнем їх витрат. Однак, сучасні умови, пов’язані з необхідністю обліку технологічної (ресурсної) ефективності МПТ, вимагають впровадження нових форм оцінювання. Такі форми повинні надавати можливість оцінювання використання ресурсів відносно їх критичності за умовою забезпечення функціональної стабільності технологічних процесів. Вирішення цієї задачі можливе шляхом розрахунку рівня їх резервів ресурсів МПТ. Скорочення та диспропорція резервів ресурсів призводить до унеможливлення функціональної сталості об’єктів, внаслідок чого відбувається дестабілізація роботи, зниження ефективності, погіршення якості транспортного обслуговування, суттєво збільшується негативний вплив МПТ на МС. Показником, який відображає ресурсну ефективність є рівень резервів ресурсів, який поряд з результативними параметрами є основними складовими оцінювання

функціонального потенціалу МПТ. Абсолютний резерв ресурсів розраховується як різниця між доступним (R_k^u) та фактично використаним (R_k^a) обсягом

$$r_k^c = R_k^u - R_k^a . \qquad (2.11)$$

Резерв ресурсу є визначальним параметром функціональної сталості об'єктів МПТ, безпосередньо впливає на їх надійність, можливості повного використання їх потенціалу та відповідність вимогам сталого розвитку МС. Рівень резерву i -го ресурсу оцінюється коефіцієнтом резерву

$$k_k^r = \max(1 - \frac{R_k^a}{R_k^u}; 0), \qquad (2.12)$$

де R_k^u –доступний обсяг ресурсу.

Представлення ефективності МПТ з метасистемної позиції передбачає опис його елементів у вигляді кінцевого їх набору з урахуванням характеру міжрівневих зв'язків. Особливої уваги при формуванні показників інтегральної ефективності МПТ слід приділяти обліку міжрівневих конфліктів та компромісів. Такий підхід передбачає опис зав'язків елементів з урахуванням чинників формування конфліктів та можливого характеру їх впливу. Для цього потрібно побудувати модель встановлення міжрівневих переваг, як інструмент квантифікації цілей метасистеми [316]. Умовою досягнення ефективного стану метасистеми є погодження результатів складових систем з її загальною метою. Тобто ефективність першого рівня повинна відповідати досягненню мети другого рівня, ефективність другого рівня повинна відповідати меті третього рівня і т.д. Стан кожного рівня забезпечує наближення або віддалення відносно кінцевої мети метасистеми. При порівнянні станів одного рівня можливе встановлення чотирьох видів співвідношень

$$S_k^i \overset{M_{k+1}}{>} S_k^j,\ S_k^i \overset{M_{k+1}}{<} S_k^j,\ S_k^i \overset{M_{k+1}}{\cong} S_k^j,\ S_k^i \overset{M_{k+1}}{\neq} S_k^j, \qquad (2.13)$$

де S_k^i – стан i – го варіанта системи k – го рівня;

S_k^j – стан j – го варіанта системи k – го рівня;

M_{k+1} – мета системи наступного за k – тим рівнем;

$\overset{M_{k+1}}{>}$ – перевага i -го варіанта над j -м відносно мети рівня $k+1$;

$\overset{M_{k+1}}{<}$ – недолік i -го варіанта над j -м відносно мети рівня $k+1$;

$\overset{M_{k+1}}{\cong}$ – еквівалентність i -го варіанта з j -м відносно мети рівня $k+1$;

$\overset{M_{k+1}}{\neq}$ – неможливість порівняння переваг i -го варіанта над j -м відносно досягнення мети рівня $k+1$.

На основі характеру видів співвідношень можливо сформувати процедуру пошуку раціонального стану кожного рівня. Цей пошук проводиться шляхом порівняння з множини доступних альтернатив, стану який відповідає умовам забезпечення збільшення ефективності вищого рівня

$$S_k^i \overset{M_{k+1}}{>} S_k^j \Rightarrow E_{k+1}^i(A_{k+1}^{oi}, R_{k+1}^{ai}, G_{k+1}^{mi}) > E_{k+1}^j(A_{k+1}^{oj}, R_{k+1}^{aj}, G_{k+1}^{mj}), \qquad (2.14)$$

де $E_{k+1}^i(A_{k+1}^{oi}, R_{k+1}^{ai}, G_{k+1}^{mi})$ – ефективність рівня $k+1$, яка 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 $k+1$, яка досягається за рахунок реалізації j -го варіанта керуючих дій на рівні k.

Вибір варіанта керуючих дій, який забезпечує необхідний стан базового рівня може бути реалізований через побудову графу конгруентності міжрівневих зв’язків. Однак, така форма дає можливість визначення лише загальних напрямів удосконалення, але не дозволяє вирішувати задачі

встановлення конкретних технологічних параметрів керуючих дій. Для вибору раціональних керуючих альтернатив необхідно реалізувати перехід від бінарних співвідношень до визначення переваг за показниками критеріїв ефективності. Така форма представлення передбачає опис ефективності показниками, які мають для кожного рівня однакову шкалу виміру. Це забезпечує погодження міжрівневих цілей в межах єдиного показника.

Зміна ефективності, на відповідному рівні, досягається не лише за рахунок операцій цього рівня, а реалізується через заходи, реалізовані на попередніх рівнях. Функція прирощення ефективності k-го рівня, яка досягається реалізацією i-го варіанта у порівняні з базовим j-м має вигляд

$$\Delta E_k^i = E_{k+1}^i(A_{k+1}^{oi}, R_{k+1}^{ai}, G_{k+1}^{mi}) - E_{k+1}^j(A_{k+1}^{oj}, R_{k+1}^{aj}, G_{k+1}^{mj}). \qquad (2.15)$$

Негативне прирощення ефективності рівня потребує в якості компенсації отримання додаткового внутрішньорівневого збільшення результату

$$A_{k+1}^{oj} = (A_{k+1}^{oi} + \Delta A_{k+1}^{oj}), \qquad (2.16)$$

де ΔA_{k+1}^{oj} – внутрішньорівневий приріст результату на рівні $k+1$.

Реалізація таких умов в межах існуючих технологій можлива за рахунок використання додаткового обсягу ресурсів

$$A_{k+1}^{oi} + \Delta A_{k+1}^{oj} \Rightarrow R_{k+1}^{ai} + \Delta R_{k+1}^{aj}, \qquad (2.17)$$

де ΔR_{k+1}^{aj} – додатковий обсяг ресурсів необхідний для отримання результату на рівні $k+1$.

Прирощення ресурсу для досягнення результату призводить до зниження ефективності

$$E^{i}_{k+1}(A^{oi}_{k+1}, R^{ai}_{k+1}, G^{mi}_{k+1}) > E^{j}_{k+1}(A^{oi}_{k+1} + \Delta A^{oj}_{k+1}, R^{ai}_{k+1} + \Delta R^{aj}_{k+1}, G^{mi}_{k+1} + \Delta G^{mj}_{k+1}). \quad (2.18)$$

При оцінюванні ефективності МПТ в якості показника міжрівневого впливу використовується коефіцієнт ресурсних можливостей. Формування резервів ресурсів має своєю метою забезпечення умов стабілізації функціональних процесів. Коефіцієнт ресурсних можливостей відображає питому вагу резервів ресурсів та виступає в якості обмежень вибору станів МПТ із множини допустимих альтернатив. Критерій придатності ресурсних можливостей визначається умовами його відповідності мінімально допустимому рівню, який необхідний для з стабілізації функціонування

$$\omega_k = \left\{ k^r_k \middle| k^r_k \in R^a_n \right\}, n = \overline{1,k}, \quad (2.19)$$

де k^r_k – область допустимих значень рівня резерву ресурсу;

R^a_n – значення ресурсних можливостей, які входять у коло описане радіусом допустимих значень;

k – кількість рівнів представлення МПТ.

Інтегральне оцінювання МПТ ставить за мету надати загальну оцінку стану елементів всіх методологічних рівнів представлення. Найпростішою інтегральної оцінкою може служити величина яка відображає накопичений у періоді сумарний ефект

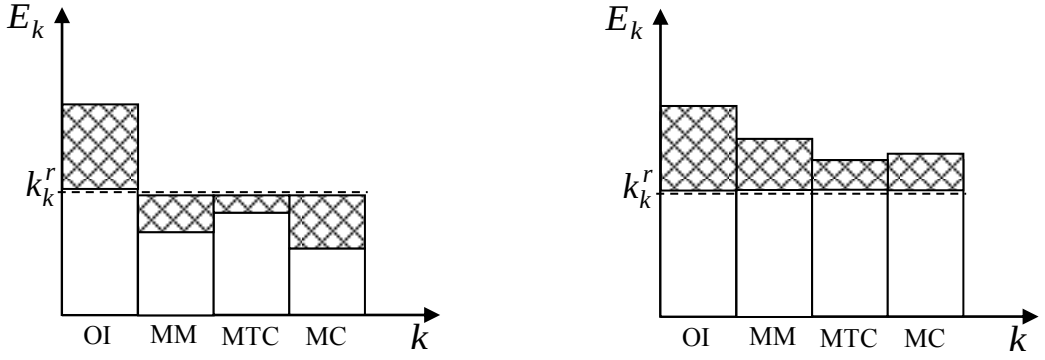
$$E^{w}_{k} = \int_{t_{st}}^{t_{fn}} E_k(t)dt, \quad (2.20)$$

де t_{st} – момент часу початку обліку ефективності;

t_{fn} – момент часу закінчення обліку ефективності;

$E_k(t)$ – функція оцінювання показника ефективності у часі.

Представлена закономірність відтворює інтегральну ефективність для окремого об’єкту у вигляді горизонтального (часового) простору. Перехід до вертикального (міжрівневого) простору ґрунтується на обліку міжрівневих конфліктів, який реалізується встановленням критичності ресурсних можливостей. На рисунку 2.11 наведена графічна інтерпретація встановлення інтегральної ефективності МПТ в ієрархії його представлення.



а) б)

а – локальна; б – багаторівнева

Рисунок 2.11 – Структура формування інтегральної ефективності МПТ

На рис. 2.11 (а) графічно проілюстрована ситуація при якій рівень резерву ресурсів ОІ перевищує необхідну для забезпечення ефективного стану межу k_k^r, а для інших рівнів (ММ, МТС та МС) він знаходиться нижче необхідного рівня. За таких умов стає очевидним, що ефективним є лише стан ОІ. Інші рівні у цьому випадку будуть мати низьку ефективність. Така ситуація не дає змоги стверджувати про дотримання умовам забезпечення міжрівневої інтегральної ефективності МПТ. Ситуація представлена на рис. 2.11 (б) навпаки відображає стан при якому на всіх рівнях представлення забезпечується такий рівень резервів ресурсів при якому його значення знаходиться в допустимій області.

Виходячи з умов ресурсної відповідності інтегральна ефективність МПТ представляється у вигляді базової елементної компоненти та додаткової міжрівневої функції її прирощення

$$E_k^s = E_e + \sum_{i=1}^{n} \omega_{i+1} \cdot \Delta E_{i+1}, n = \overline{1,m}, \quad (2.21)$$

де E_e – базова елементна складова інтегральної ефективності;

ω_{i+1} – ступінь відповідності отриманого приросту ефекту резервам ресурсу рівня $i+1$;

ΔE_{i+1} – приріст ефективності рівня $i+1$ який досягається за рахунок елементного рівня;

m – загальна кількість рівнів прирощення ефективності.

З наведеної форми представлення інтегральної ефективності МПТ, можна визначити, що умовами її формування поряд з внутрішніми технологічними процесами є вплив на інші складові частини метасистеми які позиціонуються на відповідних методологічних рівнях. Характер такого впливу відображається параметрами сервісно-ресурсних показників роботи МПТ по відношенню до міської транспортної системи та міського середовища. Критичність впливу МПТ на рівень резервів пропускної спроможності елементів пасажирської транспортної інфраструктури, ВДМ та соціально-економічні субсередовища міста дає можливість відстежити виникнення ризиків порушення внутрішніх технологічних процесів та зниження сталості МС. Така форма представлення ефективності є передумовою створення моделей комплексних рішень спрямованих на забезпечення зростання потенціалу МПТ при формуванні позитивного впливу на МС.

2.3 Сервісно-ресурсні параметри оцінювання інтегральної ефективності МПТ

Форма представлення складових інтегральної ефективності МПТ повинна забезпечувати відтворення уявлень про якісний рівень отриманого результату та рівень витрачених ресурсів на всіх рівнях. В умовах ресурсозберігаючої

концепції, ефективність МПТ повинна комплексно відображати значення отриманих результатів та рівень резерву ресурсів.

У якості оціночного параметра ефективності за таких вимог може бути використаний функціональний потенціал МПТ. Слід відмітити, що на сучасному етапі поняття потенціалу транспорту не має чіткої формалізації. У окремих роботах в якості потенціалу транспорту пропонується розглядати провізні можливості транспортних підприємств, які є відображенням можливостей його розвитку [107]. Альтернативний напрямок представлення потенціалу транспорту грубнується на обліку пропускної спроможності та рівня розвиненості транспортної інфраструктури [319]. Недоліком представлених підходів є те, що вони не відображають існуючий результат функціонування транспорту, а спрямовані на однофактору оцінку ресурсного забезпечення окремих елементів. З позицій метасистемного підходу, метою МПТ є надання якісного транспортного обслуговування населення при одночасному забезпеченні такого рівня споживання ресурсів, який дає можливість сформувати їх резерви в обсязі достатньому для стабілізації функціональних процесів та зниження його негативного впливу на МС. Виходячи з цього можна встановити наступні вимоги до складу індикаторів функціонального потенціалу МПТ як показника оцінювання ефективності:

– необхідність відтворення рівня якісної оцінки сервісних (результативних) параметрів функціонування МПТ;

– відображення рівня резервів ресурсів;

– міжрівнева узгодженість параметрів сервісно-ресурсної оцінки.

Для формального опису функціонального потенціалу доцільно використати мультиплікативну форму представлення. В якості складових використовуються сервісно-ресурсні показники, що представлені за допомогою відносної шкали вимірювання. У загальному вигляді функціональний потенціал МПТ представляться добутком індикаторів

$$P_u^m = A_u^q \cdot K_u^r, \qquad (2.22)$$

де A_u^q – показник оцінювання результату;

K_u^r – показник оцінювання резерву ресурсу.

Для визначення потенціалу МПТ необхідно встановити складові оцінювання результату для кожного методологічного рівня. У межах перших двох рівнів результати МПТ можуть бути оцінені показниками сервісної якості послуг, яка тісно пов’язана з соціальними та маркетинговими чинниками її сприйняття. Приріст якості потрібно розглядати як умову переходу транспортної послуги на новий рівень сприйняття її споживачами. Зв'язок «якість – корисні властивості пасажирських транспортних послуг» визначається через встановлення відповідності між властивостями процесу та її показниками. Дослідження ефективності міських пасажирських перевезень свідчить про те, що при незмінній технології, покращення якості транспортних послуг досягається збільшенням витрат ресурсів. Це дає впевненість обґрунтувати доцільність використання в якості характеристичного параметра оцінювання якості МПТ формального опису зв’язку «ресурси – транспортна пропозиція – якість». Реалізація такої схеми можлива шляхом формування нормативів сервісної якості міських пасажирських транспортних послуг через виділення їх основних стимулів, які визначаються соціально-маркетинговим сприйняттям транспортної послуги. Поняття стимулів концепції оцінювання якості сервісної послуги розкривається в рамках маркетингової моделі, яка спрямована на встановлення вимог щодо задоволеності споживачів комплексом послуг, які надаються споживачам. Серед таких підходів, доцільним для вирішення поставлених задач є використання методики Servqual, яка науково обґрунтована, має логічну завершеність і широку практичну апробацію в сфері оцінювання якості споживчих послуг [320]. В основу методики Servqual покладене формування оцінювання сервісної якості послуги на основі сприйняття її параметрів споживачами через встановлення рівня їх відповідності висунутим вимогам. В межах такої моделі структура споживчої цінності послуг МПТ складається з трьох рівнів: технічного, реалізаційного та рівня споживчого потенціалу (рис. 2.12).

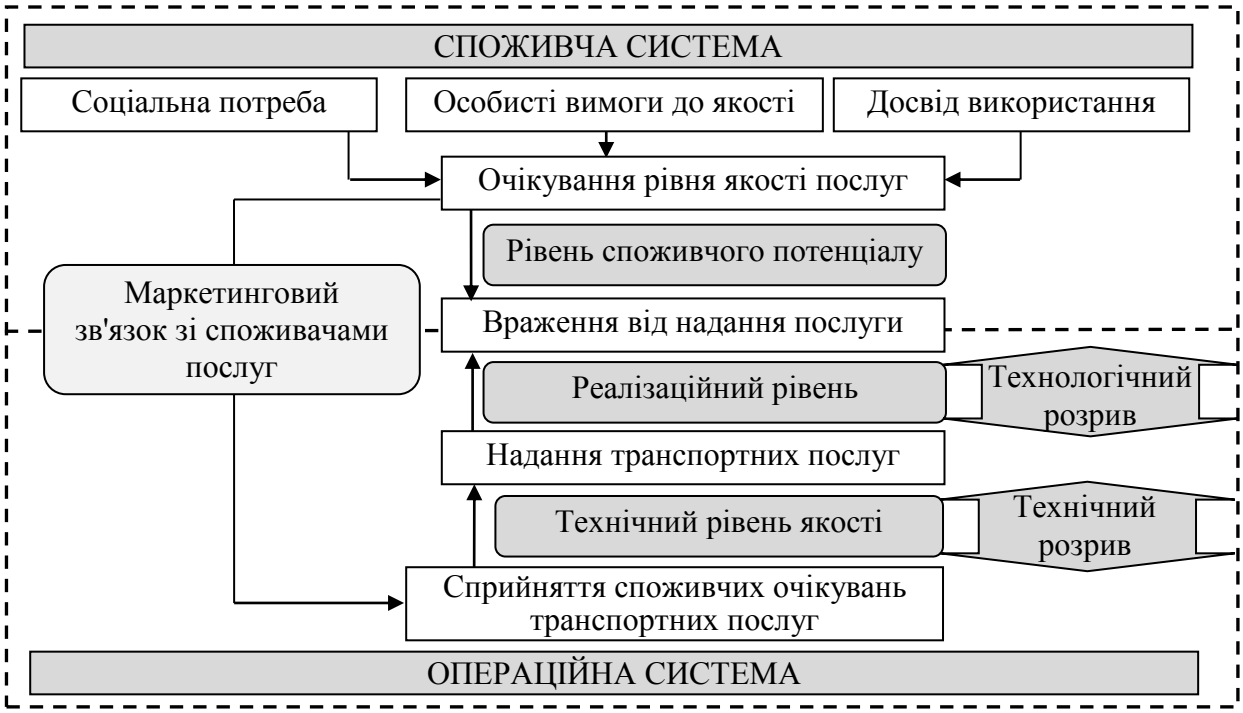


Рисунок 2.12 – Структура формування сервісної якості пасажирських транспортних послуг МПТ

Базовим у встановленні сервісної якості транспортних послуг є технічний рівень, який визначається наявними провізними можливостями транспортних підприємств. Обсяг необхідної транспортної пропозиції визначається виходячи з висунутих соціально-маркетингових потреб пасажирів. При його визначенні не враховується вплив зовнішніх середовищ на умови реалізації технологічних процесів. Другий (реалізаційний) рівень відображає реальні умови використання виробничих ресурсів транспорту через оцінку фактичних умов реалізації технологічних процесів. Він передбачає облік впливу внутрішніх та зовнішніх чинників на характер протікання процесів, які поряд з технічними можливостями є визначальними у формуванні фактичної транспортної пропозиції. Цей рівень формується експлуатаційними параметрами реалізації технологічного процесу (час рейсу, простою ТЗ, швидкість руху, використання місткості та ін.), які визначають фактичні провізні можливості транспорту. Третій рівень (споживчий) визначається умовами співставлення фактичної пропозиції з маркетинговими вимогами пасажирів. Показники цього рівня є

результуючими, до них входить весь перелік параметрів оцінювання якості транспортного сервісу, він враховує стан технічного та реалізаційного рівня формування пропозиції, відображає ступінь відповідності наданих послуг конкретним маркетинговим потребам пасажирів через формування у них узагальненого сприйняття якості наданої транспортної послуги.

Базою для оцінювання сервісної якості транспортного обслуговування в межах запропонованого соціально-маркетингового підходу є виділення розривів між рівнями її формування. Технічний розрив відображає ступінь відповідності наявних провізних можливостей МПТ висунутим споживачами потребам. У разі, коли наявні виробничі можливості транспортних підприємств повністю задовольняють потреби пасажирів, то такий розрив відсутній. При наявності дефіциту провізних можливостей виникає незадоволення пред'явленого попиту, що призводить до зниження якості обслуговування. Технологічний розрив відображає ступінь використання наявного парку ТЗ у реальних виробничих умовах та їх відповідність маркетинговим вимогам. Наявність розриву цього рівня свідчить про те, що існують умови які призводять до зниження ресурсної віддачі елементів обслуговуючої підсистеми. До таких причин відноситься: зниження експлуатаційної швидкості руху по ділянках мережі, виникнення непродуктивних простоїв ТЗ в ОІ, неузгодженість часових параметрів взаємодії суб'єктів споживчої та обслуговуючої підсистем та ін. Розрахунок відповідних значень рівня розриву проводиться за формулою

$$\Delta A_s^{q(i-j)} = \max\left(0, A^{qi} - A^{qj}\right), \qquad (2.23)$$

де A^{qi} – рівень якості, який встановлюється для i-го сервісного рівня;

A^{qj} – рівень якості, який забезпечується j-м сервісним рівнем.

Виходячи з соціально-маркетингових принципів, максимальна якість транспортного сервісу МПТ досягається при відсутності визначених розривів. Така ситуація відповідає максимально ефективному стану елементів

маршрутної мережі МПТ. Оцінка якості транспортного сервісу МПТ може бути проведена шляхом визначення рівня розриву другого рівня

$$A_q^{PT} = 1 - \Delta A_{gs}^{w-p} - \Delta A_{gs}^{p-r}, \tag{2.24}$$

де ΔA_{gs}^{w-p} – рівень технічного розриву;

ΔA_{gs}^{p-r} – рівень технологічного розриву;

Після проведення перетворень залежність (2.24) приймає вид

$$A_q^{PT} = 1 - \max\left(0, A_q^w - A_q^p\right) - \max\left(0, A_q^p - A_q^r\right), \tag{2.25}$$

де A_q^w – рівень якості, що відповідає соціально-маркетинговим потребам пасажирів;

A_q^p – рівень, що забезпечується технічними можливостями;

A_q^r – рівень, що забезпечується реалізаційними можливостями.

Рівень якості відображає ступінь відповідності фактичних значень показників маркетингових стимулів вимогам споживачів. При повній відповідності вимогам значення рівня якості A_q^{PT} складає 1, а мінімальне значення – 0. Рівень якості визначається на основі показників маркетингових стимулів

$$A_q^{PT} = \sum_{j=1}^{n_e^u} \sum_{i=1}^{n_q^m} \frac{a_{u_j}^{q_i} \cdot y_m^{q_i} \cdot y_u^{e_j}}{n_e^u \cdot n_q^m}, \tag{2.26}$$

де $a_{u_j}^{q_i}$ – якісний показник оцінювання i-го маркетингового стимулу;

$y_m^{q_i}$ – ваговий коефіцієнт i-го маркетингового стимулу;

$y_u^{e_j}$ – ваговий коефіцієнт j-го елементу;

n_e^u – кількість елементів;

n_q^m – кількість показників оцінювання маркетингових стимулів.

Вибір показників оцінювання маркетингових стимулів сервісної якості МПТ реалізується через виділення з сукупності базових критеріїв якості процесу, їх характеристичних властивостей (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Маркетингові стимули сервісної якості транспортних послуг

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

Представлені показники маркетингових стимулів можуть бути розподілені за відповідними методологічними рівнями дослідження МПТ. Для першого та другого рівня сервісна якість представляється показниками: своєчасність, доступність, інформативність, комфортність. Показники безпечності та екологічного забруднення відносяться до метасистемного рівня.

Своєчасність відображає умови реалізації пересувань у плановий термін

$$a_u^{q_{tl}} = (1 - l_u^{q_{tr}})(1 - l_u^{q_{th}}), \qquad (2.27)$$

де $l_u^{q_{tr}}$ – рівень невідповідності часу поїздки по маршруту;

$l_u^{q_{th}}$ – рівень невідповідності часу переміщення внаслідок неефективної організації пересадочних процесів.

Доступність визначається показником який відображає рівень безперешкодної реалізації пересування

$$a_u^{q_{av}} = (1 - l_u^{q_{di}})(1 - l_u^{q_{da}}), \tag{2.28}$$

де $l_u^{q_{di}}$ – рівень відмови реалізації пересувань в наслідок низької інтенсивності руху по маршруту;

$l_u^{q_{da}}$ – рівень відмови реалізації пересувань в наслідок дефіциту провізної можливості маршруті.

Інформативність відображає якість інформаційного обміну

$$a_u^{q_{ie}} = (1 - l_u^{q_{ni}})(1 - l_u^{q_{vi}}), \tag{2.29}$$

де $l_u^{q_{ni}}$ – рівень відсутності інформаційного обміну суб'єктів;

$l_u^{q_{vi}}$ – рівень недостовірності інформації.

Комфортність оцінюється рівнем відповідності обсягу транспортної пропозиції вимогам пасажирів

$$a_u^{q_{cm}} = (1 - l_u^{q_{or}})(1 - l_u^{q_{oh}}), \tag{2.30}$$

де $l_u^{q_{or}}$ – рівень можливість виникнення переповнення транспортних засобів на маршруті;

$l_u^{q_{oh}}$ – рівень виникнення перевищення пропускної спроможності об'єктів пасажирської інфраструктури.

Складові показників сервісної якості послуг в залежності від поставлених задач формуються за відповідними сукупностями елементів об’єктів дослідження та визначаються за допомогою сервісно-ресурсного моделювання.

Результат МТС може бути оцінений ступенем її організованості. Сутність організованості МТС проявляється через поняття її функціональності, що є основною характеристичною властивістю її елементів. Функціоналізм є основною вимогою організаційної системи, та визначає її цільове формування. Рівень організованості або впорядкованості МТС визначається ступенем її відхилення від максимально неупорядкованого стану. Він обумовлюється її достатньою структурною та функціональною складністю системи, ступенем різноманітності та кількістю елементів та зв'язків між ними, багатотіпністю тощо. Організованістю МТС є її спроможність перетворювати невпорядковані та розрізненні функціональні процеси, які відбуваються в межах ВДМ в упорядкований та цілісний процес, який полягає в забезпеченні надійної та повної реалізації призначення всіх видів міського транспорту. Під рівновагою слід розуміти такий стан, при якому буде забезпечено нормальне функціонування всіх видів транспорту. Це досягається шляхом ліквідації дисфункцій елементів МТС. Дисфункція МТС – це такий тип стану елементів ВДМ, при якому наслідки будь-деякого явища, події або процесу виявляються несприятливими для реалізації нормального руху транспортного потоку. Організованість МТС може бути визначено на основі оцінювання рівня дисфункції елементів ВДМ

$$A_{q_{og}}^{t} = 1 - l_{q_{df}}^{t}, \qquad (2.31)$$

де $l_{q_{df}}^{t}$ – рівень дисфункції елементів ВДМ.

Результат міського середовища визначається якістю життя яка формується через його складові, у тому числі за рахунок МПТ. Параметризація системи виміру якості життя неможлива внаслідок суб’єктивності її сприйняття

та великої кількості чинників впливу. МПТ через відповідні внутрішні процеси оказує вплив на формування стану метасистеми МС. Представлення результатів МПТ з позиції метасистеми МС реалізується у формі концептуального дослідження, спрямованого на оцінку його впливу на її глобальну мету. Обрана глобальна мета метасистеми МС породжує безліч локальних, окремих цілей і завдань, які грають роль механізмів її досягнення. Дослідження цільових функцій МПТ спрямовані на формування впорядкованості окремих цілей та завдань для всіх його рівнів, встановлення способів і засобів їх досягнення. Процес формування безлічі проміжних цілей і завдань проводять зазвичай послідовно, починаючи з аналізу чинників, які безпосередньо впливають на досягнення глобальної мети. При цьому формуються проміжні цілі першого рівня. Потім вибирають цілі другого рівня, досягнення яких обумовлює виконання цілей першого рівня і так далі. Безліч проміжних цілей, що призводять до глобальної мети метасистеми МС, зручно представити у вигляді орієнтованого графа. Якщо глобальна мета або будь-яка з проміжних цілей може бути досягнута не єдиним способом, то можна використовувати логіко-ймовірнісні методи дослідження структурно складних систем, засновані на операціях булевої алгебри. Ці методи дозволяють формалізувати процес упорядкування цілей та завдань. Представлена структура формування глобальної мети є основою для формування варіантів погодження цілей МПТ з МС. Оцінювання впливу МПТ на результат функціонування МС може бути проведена шляхом формування логічних функцій досягнення мети для внутрішнього і глобального (метасистемного) рівня. Логічні функції будуються у вигляді функції алгебри логіки та передбачають використання елементарних операцій комбінаторної логіки. Основними елементами комбінаторної логіки є константи, змінні і комбінаторні терми які встановлюють умови формування переходу станів об’єкта моделювання.

В основі встановлення умов переходу станів лежить сформоване дерево цілей. Особливістю опису дерева цілей для рівня представлення МПТ з позицій метасистеми МС є виділення внутрішніх його зв’язків з іншими середовищами.

Така форма зв'язків пояснюється його впливом на всі види середовищ, що можуть мати як позитивний так і негативний характер. Якість життя міського населення – це комплексне поняття яка формується у відповідних середовищах міста. Відповідно до прийнятої структури оцінювання якості життя населення міст [264] базовими середовищами її формування є: економічне, соціальне, природниче, суспільне. Умовою забезпечення якості життя населення є одержання одночасного позитивного відклику за всіма напрямами її оцінювання. Логічна функція досягнення МПТ глобальної цілі метасистеми МС будується на основі оцінювання характеру їх зв'язків

$$M_0 = M_1 \wedge M_2 \wedge M_3 \wedge M_4 \wedge M_5, \qquad (2.32)$$

де M_1, M_2, M_2, M_3, M_4, M_5 – мета міського транспорту, економічного, соціального, природного, суспільного середовищ.

Внутрішній вплив МПТ на досягнення мети кожного елемента описується логічними функціями

$$M_2 = M_2^{/} \wedge M_{1-2},\ M_3 = M_3^{/} \wedge M_{1-3},\ M_4 = M_4^{/} \wedge \overline{M}_{1-4},\ M_5 = M_5^{/} \wedge \overline{M}_{1-5}, \quad (2.33)$$

де $M_2^{/}$, $M_3^{/}$, $M_4^{/}$, $M_5^{/}$ – мета економічного, соціального, природнього, суспільного середовища сформована під впливом нетранспортних чинників;

M_{1-2}, M_{1-3}, M_{1-4}, M_{1-5} – мета економічного, соціального, природнього, суспільного середовища сформована під впливом транспортних чинників.

Представлені логічні функції відображають умови при яких позитивний вплив міського транспорту на якість життя забезпечується дотриманням вимог щодо відповідності його результатів індикаторам її оцінювання. До структури індикаторів якості життя входять транспортні показники, що визначають стан природного та суспільного середовища (табл. 2.2) [264].

Таблиця 2.2 – Транспортні індикатори якості життя

Середовище	Індикатор
Природне	Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення, т. на 1 км^2.
Соціальне	Кількість загиблих у ДТП, на 100 тис. населення. Кількість загиблих у ДТП, на 100 тис. км доріг. Кількість травмованих у ДТП, на 100 тис. населення. Кількість ДТП, на 100 тис. населення.

Виходячи з складу транспортних індикаторів можна визначити, що основна роль МПТ у формуванні якості життя населення полягає у зниженні негативного екологічного впливу та підвищення безпеки дорожнього руху. Вирази (2.32), сформовані у диз'юнктивній нормальній формі, можна представити у вигляді ймовірнісної функції методом заміщення, а саме: події замінити їх рівнем впливу на глобальну мету, знаки диз'юнкцій і кон'юнкція – знаками алгебраїчного додавання і множення відповідно. У результаті такого представлення отримаємо функцію

$$\begin{aligned} P(M_0) = P(M_1) \wedge P(M_2^{/}) \wedge P(M_{1-2}) \wedge P(M_3^{/}) \wedge \\ \wedge P(M_{1-3}) \wedge P(M_4^{/}) \wedge P(\overline{M}_{1-4}) \wedge P(M_5^{/}) \wedge P(\overline{M}_{1-5}) \end{aligned}, \qquad (2.34)$$

де $P(M_1)$ – рівень впливу на мету M_1;

$P(\overline{M}_{1-4})$ – рівень негативного впливу на мету M_{1-4}.

У функції (2.34) є зв’язки, які мають форму заперечення. Ці зв’язки сформовані на рівні впливу МПТ на природне та суспільне середовище. Такий вид логічної функції пояснюється наявним зв’язком у вигляді негативного впливу МПТ на екологічну складову міського середовища та транспортну безпеку. Рівень цього негативного впливу визначається ступенем і характеризується параметрами, що визначають його критичність

$$P(\overline{M}_{1-4}) = \max\left(0, P^k_{M(1-4)} \in p_{mk4}\right), \quad (2.35)$$

$$P(\overline{M}_{1-5}) = \max\left(0, P^k_{M(1-5)} \in p_{mk5}\right), \quad (2.36)$$

де $P^k_{M(1-4)}, P^k_{M(1-5)}$ – рівень впливу МПТ на природнє середовище та суспільне середовище відповідно;

p_{mk4}, p_{mk5} – область критичного впливу МПТ на природнє середовище та суспільне середовище відповідно.

Виходячи з представлених логічних функцій, результат функціонування МПТ, може бути визначений ступенем відповідності меті МС

$$A^c_q = (1 - P(\overline{M}_{1-2})) \cdot (1 - P(\overline{M}_{1-4})) \cdot (1 - P(\overline{M}_{1-5})), \quad (2.37)$$

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.

Представлена функція відповідності результатів МПТ меті МС дає можливість перейти до вербального опису ефективності на метасистемному рівні. При значенні отриманої функції (2.37) менше 1 можна зробити висновок про те, що результат МПТ є негативним з позицій метасистеми.

Другою частиною оцінювання ефективності МПТ є ресурсна складова. Під ресурсами МПТ слід розуміти всі види можливостей, що необхідні для забезпечення реалізації технологічних процесів. За характером споживання вони розподіляються на прямі та забезпечуючі. В умовах вирішення задачі підвищення ефективності МПТ, в якості основних виступають загальні ресурсні показники, а забезпечуючими є ресурсні елементи джерел їх формування. Рівень фактичної доступності ресурсів визначається характером зв’язків в межах елементів їх формування та рівнем критичності їх взаємного впливу. Окрім рівня забезпеченості обслуговуючими ресурсами вагому роль у їх

формуванні оказує продуктивність, яка залежить від умов їх використання. Контур зв'язків ресурсного забезпечення МПТ представлений на рисунку 2.13.

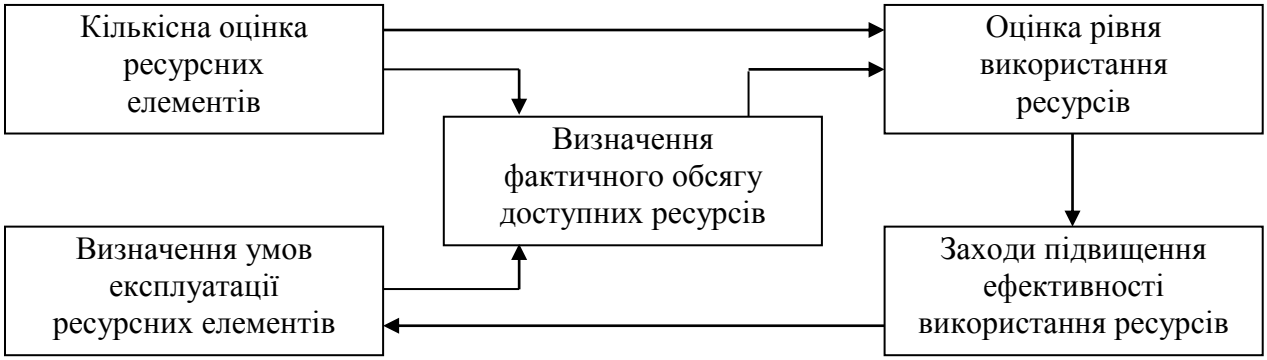


Рисунок 2.13 – Контур зв'язків ресурсного забезпечення МПТ

Для формування макромоделі оцінювання ефективності доцільним є представлення ресурсів МПТ для кожного методологічного рівня у вигляді сукупності узагальнених характеристик. Склад і джерела формування необхідних ресурсів МПТ представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Склад джерел формування ресурсів МПТ

Рівень	Ресурсний показник	Джерела формування	Базові ресурсні елементи
МС	Транспортно-територіальний потенціал	Транспортна інфраструктура МС	Територія міста, інвестиції в транспортну інфраструктуру
МТС	Пропускна спроможність ВДМ	Елементи ВДМ	Проїжджа частина ділянок та вузлів ВДМ, спорудження, пристрої обліку та управління рухом
ММ МПТ	Провізні можливості маршрутів	Транспортні підприємства	Виробничі, матеріальні, трудові, фінансові, нематеріальні активи, виробнича інформація, засоби управління
ОІ МПТ	Потік обслуговування	Зупинні пункти	Пости розташування ТЗ, засоби інформаційного забезпечення

Джерелом перетворення ресурсів у результат є процеси, які реалізуються учасниками на відповідних рівнях. Вертикальна та горизонтальна інтеграція

процесів МПТ в структурі метасистеми є джерелом формування синергетичного ефекту. Умовою забезпечення синергетичного ефекту є впровадження раціональної взаємодії елементів у внутрішньорівневому та міжрівневому просторі. Ця процедура потребує проведення подальшого уточнення типу та характеру взаємозв'язків в межах конкретних функціональних об'єктів МПТ та проведення оцінювання їх впливу на відповідні зовнішні середовища в межах всіх методологічних рівнів дослідження.

2.4 Модель проблемної ситуації підвищення ефективності МПТ

Дослідження ефективності МПТ в межах метасистемного підходу можна представити як вирішення триєдиної задачі:

– проведення оцінювання ефективності в межах окремих рівнів;

– багаторівневий аналіз ефективності з позицій зростання функціонального потенціалу МПТ та забезпечення умов сталого розвитку МС;

– оптимізація процесів взаємодії елементів в межах внутрішнього середовища МПТ з позицій погодження з елементами метасистеми.

Перші дві задачі відносяться до вирішення прямої задачі і спрямовані на оцінку ефективності існуючого або прогнозного стану МПТ в межах відповідних функціональних об'єктів. Третя задача відноситься до зворотної і має своєю метою обґрунтування оптимальних параметрів функціонування елементного та агрегатного рівнів МПТ на основі синтезу процесів в межах єдиного транспортно-територіального простору МС.

Основою для визначення ефективного стану МПТ в умовах виділеної метасистеми, є формування моделі проблемної ситуації, яка відображає взаємозв'язок основних етапів визначення інтегральної ефективності та послідовність формування сукупності локальних задач. Дана модель створюється для того щоб охопити проблему підвищення ефективності МПТ в цілому, виділивши при цьому основні напрями дій, які необхідно реалізувати в

межах відповідних методологічних рівнів з позицій розгляду його як складової частини метасистеми МС.

Формування моделі проблемної ситуації підвищення ефективності МПТ передбачає створення сукупності складових моделей які відтворюють зв'язок вхідних параметрів з результатами. Першочерговою є модель, яка відображає відповідність результатів функціонування об’єктів

$$X_k^A : S_k^e \times R_k^a \times G_k^m \xrightarrow{Z_k^i} A_k^s(A_r^o, A_u^o, A_t^o, A_c^o), \qquad (2.38)$$

де S_k^e – множина станів об’єктів;

R_k^a – множина доступних ресурсів;

G_k^m – множина чинників впливу;

$A_k^s(A_e^o, A_u^o, A_t^o, A_c^o)$ – вектор характеристик результатів всіх рівнів які забезпечуються рівнем k;

Z_k^i – керуючий вплив.

Представлені складові моделі (2.38) характеризують метасистему з позицій одночасного оцінювання його впливу базового рівня k на результати всіх рівнів. Оператор відповідності (Y_k^R) визначає зв'язок між моделлю результатів та резервно-ресурсними можливостями елементів

$$Y_k^R : S_k^e \times A_k^o \times G_k^m \xrightarrow{Z_k^i} R_k^{rs}(R_e^{ra}, R_u^{ra}, R_t^{ra}, R_c^{rc}), \qquad (2.39)$$

де $R_k^{rs}(R_e^{ra}, R_u^{ra}, R_t^{ra}, R_c^{rc})$ – вектор резервних можливостей елементів всіх рівнів які забезпечуються рівнем k.

Показник ефективності описується моделлю співставлення результатів, ресурсів та чинників впливу

$$W_k^E : A_k^o \times R_k^a \times G_k^m \xrightarrow{I_k^s} E_k^s, \qquad (2.40)$$

де E_k^s – показник інтегральної ефективності рівня k;

I_k^s – інформація о проблемній ситуації.

Оцінка ефективності проводиться шляхом порівняння розрахункового критерію ефективності з існуючим значенням $E_k^{s(b)}$. Критерій ефективності представляє собою набір граничних параметрів, що визначають умови забезпечення функціональної сталості технологічних процесів. Вони встановлюються на основі аналізу характеристичного впливу можливих варіантів на потенціал МПТ та умови забезпечення сталого розвитку МС. Задача підвищення ефективності МПТ відноситься до NP-складних, які мають безліч варіантів вибору та в значній мірі ускладняються протиріччям інтересів внутрішньорівневого і міжрівневого характеру. Вибір відповідного рішення про реалізацію заходів щодо підвищення ефективності МПТ проводиться шляхом порівняння проектних варіантів та може бути описаний моделлю прийняття рішення (B_k^z), яка формується на елементах множини допустимих альтернативних станів

$$V_k^s \left\{ S_k^e, R_k^a, G_k^m, A_k^o, R_k^{rs} \right\}. \qquad (2.41)$$

У загальному вигляді модель проблемної ситуації підвищення ефективності МПТ з метасистемної позиції може бути представлена у вигляді сукупності параметрів

$$L_k^s \left\{ S_k^e, R_k^a, G_k^m, A_k^o, A_k^s, R_k^{rs}, W_k^E, E_k^{s(b)}, B_k^z, I_k^s \right\}. \qquad (2.42)$$

Проблема підвищення інтегральної ефективності МПТ пов'язана з встановленням виду функції відповідності результатів $A_k^s(A_e^o, A_u^o, A_t^o, A_c^o)$ та резервів ресурсів $R_k^{rs}(R_e^{ra}, R_u^{ra}, R_t^{ra}, R_c^{rc})$ необхідному рівню потенціалу P_k^m, які формуються за рахунок впровадження раціонального керуючого впливу Z_k^i при зовнішньому впливі G_k^m, ресурсному R_k^a та інформаційному забезпеченні I_k^s. Умовою вибору раціонального керуючого впливу з сукупності альтернатив V_k^s є забезпечення співвідношення $E_k^s > E_k^{s(b)}$. Модель прийняття рішення (B_k^z) повинна надати формалізовану відповідь на питання доцільності реалізації керуючих дій на рівні k з позицій оцінювання їх впливу на всі рівні метасистеми. Така модель дозволяє вирішити багато задач серед яких є:

– формування множини альтернативних станів об'єктів МПТ відповідно до можливих станів метасистеми;

– визначення можливих сервісно-ресурсних параметрів в умовах існуючого транспортно-просторового забезпечення;

– виділення характеру внутрішніх та міжрівневих чинників впливу;

– розробка локальних показників оцінювання ефективності для відповідних рівнів в структурі метасистеми;

– встановлення критеріальних обмежень впровадження локальних керуючих дій.

Наявність міжрівневих зв'язків призводить до ситуації, при якій апріорне завдання значення критерію ефективності призводить до одержання на інших рівнях деякої множини станів які не можуть гарантувати допустимий стан всіх рівнів метасистеми. У такому випадку потрібне формування складового критерію, який включає як формальні так та не формальні судження щодо вибору варіанта керуючих дій. Таке правило задається на множинах міжрівневих зв'язків і може бути представлено у вигляді аналітичної моделі формування інтегральної ефективності МПТ (рис. 2.14).

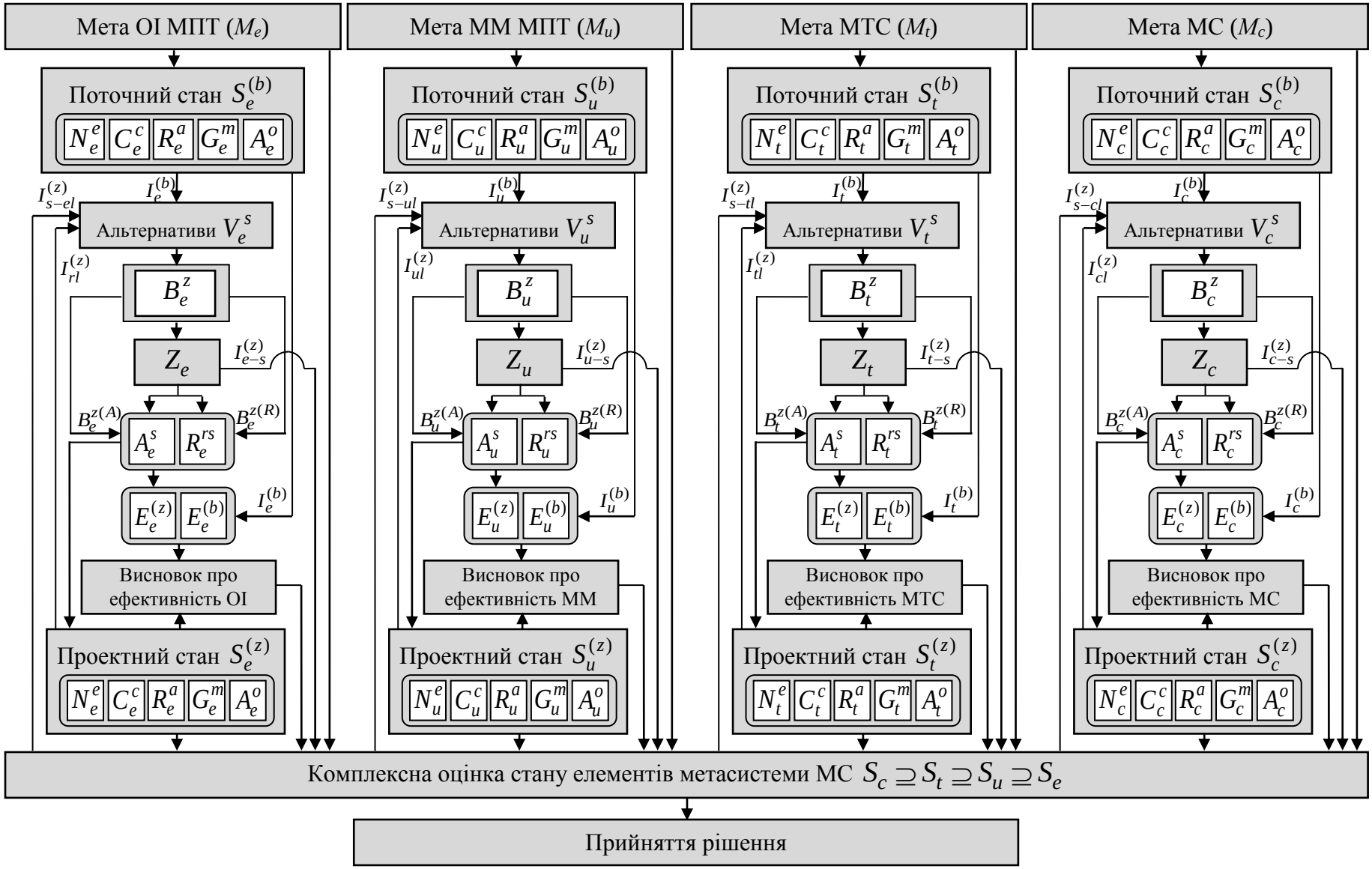


Рисунок 2.14 – Схема формування інтегральної ефективності МПТ

На основі виділених цілей та визначення поточного стану для кожного рівня визначається сукупність їх можливих альтернатив V_k^s. Аналіз альтернатив є базою для формування загальної моделі прийняття рішень B^z, яка складається з сукупності підмоделей кожного рівня B_k^z. Модель прийняття рішення для рівня k передбачає реалізацію внутрішніх керуючих впливів Z_k^i та складається з субмоделі управління ресурсами $B_k^{z(R)}$ та результатами реалізації процесів $B_k^{z(A)}$. На основі інформації про очікувані результати та показники резервів ресурсів визначається ефективність реалізаційного рівня $E_k^{(z)}$. Порівняння $E_k^{(z)}$ з $E_k^{(b)}$ дає можливість зробити висновок про ефективність запропонованих керуючих впливів з позиції зміни стану внутрішнього середовища. Загальний висновок про доцільність впровадження керуючих дій для відповідного рівня формується на основі проведення комплексного оцінювання стану метасистеми МС. Позитивне рішення приймається за умов, що міжрівневий вплив не призведе до виходу сервісно-ресурсних параметрів кожного рівня за допустимі межі.

При підвищенні інтегральної ефективності МПТ важливу роль відіграють інформаційні потоки які формують загальний інформаційни простір проблемної ситуації. Інформація про поточний стан елементів кожного рівня $I_k^{(b)}$ дозволяє виділити основні завдання, способи удосконалення внутрішніх процесів, є визначальною для формування базового комплекту альтернативних станів V_k^s, а також використовується для оцінки існуючої ефективності $E_k^{(b)}$. Умовою визначення доцільності впровадження керуючих дій в межах окремого рівня є облік їх впливу на зміну всіх компонент метасистеми. Інформація про міжрівневий вплив $I_{k-s}^{(z)}$ який досягається за рахунок впровадження внутрішніх керуючих дій відображає характеристичний вплив на стан інших рівнів метасистеми. Уточнення сукупності допустимих альтернатив V_k^s відбувається

на основі інформації про очікуваний внутрішній стан рівня $I_{kl}^{(z)}$ та обмеження які формуються вимогами щодо забезпечення допустимого сервісно-ресурсного стану інших рівнів $I_{s-kl}^{(z)}$.

На основі моделі проблемної ситуації підвищення інтегральної ефективності МПТ можна сформулювати сукупність окремих задач які можуть бути вирішені, а саме:

– структурування інформації про реалізацію транспортних процесів;

– аналіз невизначеності умов функціонування МПТ;

– моделювання стану елементів МПТ;

– розробку моделей переваг вибору альтернатив реалізації технологічних процесів МПТ;

– формування стратегії удосконалення МПТ з позиції забезпечення сталого розвитку МС.

Модель проблемної ситуації виступає в якості формалізації процесу структуризації взаємних впливів та відносин між елементами МПТ на відповідних методологічних рівнів дослідження.

2.5 Висновки за розділом 2

1. Виділена структура методологічних рівнів дослідження МПТ передбачає їх розподіл за елементним, агрегативним, системним та метасистемним рівнями, що дозволяє зреалізувати процедуру оцінювання ефективності МПТ виходячи з позицій об’єктів інфраструктури, маршрутної мережі, міської транспортної системи, міського середовища.

2. В основі оцінювання інтегральної ефективності МПТ покладене відокремлення структури рівневих цілей та визначення конкретних вимог до ресурсного забезпечення функціональних процесів через встановлення їх критичних обмежень та оцінювання порогів чуткості переходу стану елементів операційних підсистем.

3. Запропонована форма представлення інтегральної оцінки ефективності МПТ ґрунтується на відтворенні сервісно-ресурсного рівня отриманого результату, відповідає принципам ресурсоощадної концепції організації технологічних процесів, враховує в якості умов її формування характеристичний метасистемний вплив та дозволяє комплексно відобразити його поточний стан.

4. Пошук ефективного стану досягається аналізом моделі проблемної ситуації яка відтворює взаємовплив внутрішньорівневих керуючих дій, дозволяє сформувати послідовність відбору їх раціональних варіантів, алгоритмічно представляє процес погодження локальних критеріїв оцінки та є базовою платформою для розробки стратегії формування сталого МПТ.

Основні результати дослідження по даному розділу опубліковані в роботах [6, 8, 9, 10, 26, 28, 35, 39, 40, 51].

РОЗДІЛ 3
КОНЦЕПЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТАЛОСТІ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

3.1 Загальноутворюючі принципи сталого розвитку МПТ

Підвищення ефективності МПТ передбачає впровадження нових форм та моделей забезпечення його сталості. Вони повинні ґрунтуватися на оцінюванні сервісно-ресурсної критичності впливу елементів МПТ на стан всіх рівнів метасистеми. Дослідження параметрів оцінки сталості міського транспорту є актуальною задачею, яка протягом останнього часу набуває поширення у сфері, як загального оцінювання якості життя міського населення [156, 321, 322] так і розгляду окремих задач формування ефективного транспорту [323-326]. Однак, існуючи підходи до представлення сталого міського транспорту [99, 110-115, 327-331] мають суттєву обмеженість в реалізації такого способу опису МПТ. Така ситуація обумовлюються відсутністю в них єдності ставлення до його ознак та їх структурною недосконалістю, яка проявляється в недостатньому обліку принципів сервісно-ресурсного балансу, що є основоположним у позиціюванні стратегії сталого розвитку. Актуальність проблеми формування уявлень про цільову відповідність МПТ сталому розвитку МС також ґрунтується на необхідності здійснювати системне, комплексне дослідження внутрішніх та зовнішніх об'єктів шляхом інтеграції його елементів в єдине міське територіально-функціональне середовище міста.

Незважаючи на значну кількість робіт, присвячених виділенню індикаторів сталості транспорту, поняття «сталий МПТ» ще методологічно не сформульоване. Потреба у встановленні основоположних понять сталості МПТ викликана необхідністю виділення її структури, яка повинна ґрунтуватися на обліку закономірностей та параметрів відображення стану внутрішнього функціонального простору та впливу на зовнішнє середовище. Дослідження поняття «сталий МПТ» дозволило зробити висновок про те, що для його

формування необхідне осмислення та визначення понять «закономірності сталого розвитку МПТ» та «принципи сталого розвитку МПТ» на загальнонауковому та спеціальному рівнях. У такі поняття повинні включатися різні форми відносин між елементами МПТ, що відображають спосіб досягнення загального результату та відображають їх вплив на МС. Для виділення таких ознак необхідна формалізація аспектів практичної реалізації закономірностей сталого розвитку МПТ, серед яких виділяються: цільовий, прикладний, практичний, стратегічний та системоутворюючий, які в комплексі формують систему основоположних принципів. Принципи сталого розвитку МПТ розглядаються у їх єдності з принципами детермінізму функціональних процесів, системності оцінювання їх результатів та наслідків. На методологічному рівні осмислення проблеми, закономірності сталого розвитку МПТ – це прояв загальних законів, які відображають виділені на технологічному рівні істотні, стійкі, повторюванні взаємозв’язки або причинно-наслідкові залежності між процесами, що відбуваються в його зовнішньому та внутрішньому середовищі, які сприяють формуванню умов розвитку МС. Принцип сталого розвитку МПТ – це діяльний вираз причинно-наслідкової залежності між функціональними процесами та явищами, які мають системну форму та характер зв’язків, що дозволяють використовувати їх в якості регулятивних норм оцінювання розвитку всіх складових елементів метасистеми МС. Аналізуючи процеси змін МПТ в умовах метасистеми МС, можна сказати, що виділені закономірності формують збереження умов забезпечення його інтегральної ефективності шляхом цільової спрямованості на процес розвитку та реалізації основних процесів, енергоефективних технологій та підвищення його функціонального потенціалу. Виявлені умови формують збереження загального характеру позитивного розвитку МС через можливість зростання рівня якості життя міського населення, яке досягається завдяки внутрішнім та зовнішнім умовам забезпечення інтегральної ефективності МПТ. Осмислення проблеми сталого розвитку МПТ дозволило сформувати загальноутворюючий характер цих закономірностей та принципів (рис. 3.1).

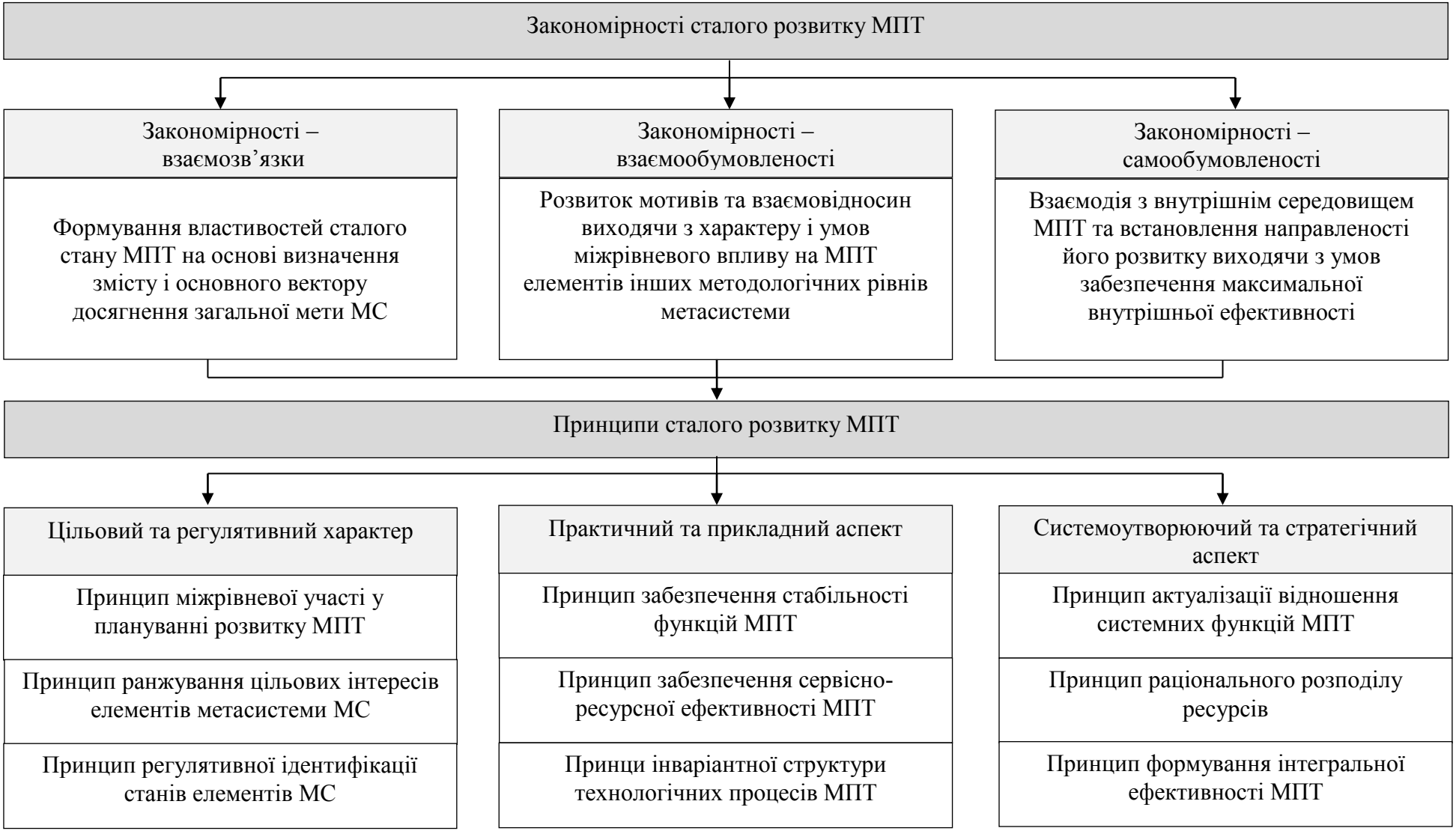


Рисунок 3.1 – Загальноутворюючий характер закономірностей та принципів сталого розвитку МПТ

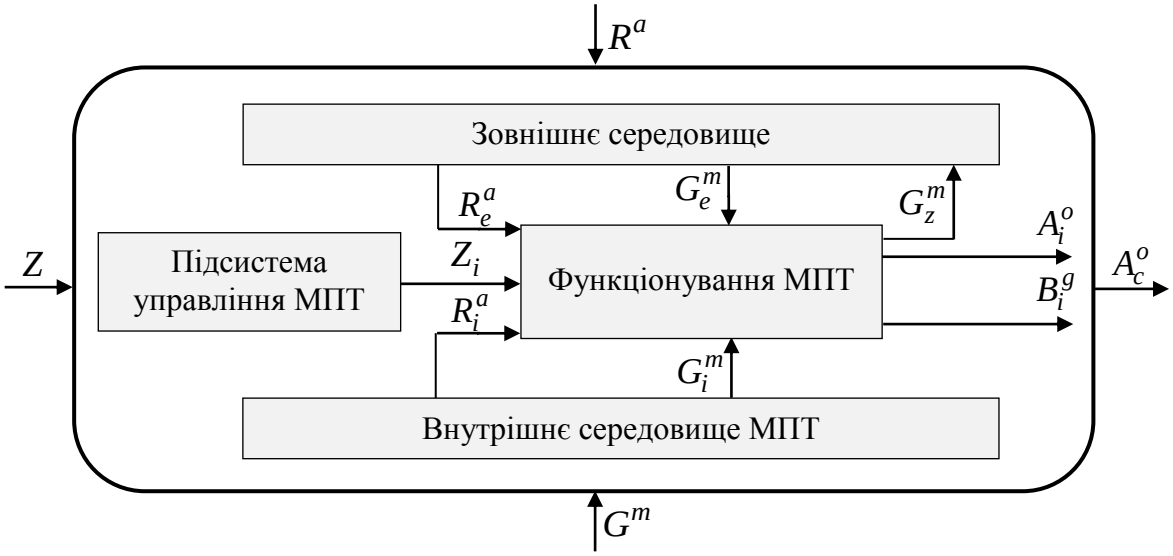
3.2 Формування уявлень про функціональну сталість об’єктів інфраструктури

3.2.1 Загальне представлення функціональних зв’язків МПТ

Важливою характеристикою сталого розвитку МПТ є властивості, які визначають функціональний стан його об’єктів. МПТ, як люба система, може бути охарактеризований станом, який відображає множину його властивостей і функцій у відповідний період часу або фіксованій точці простору. В якості показників оцінювання виступають сервісно-ресурсні параметри функціонування, які під впливом внутрішніх та зовнішніх чинників змінюють стан МПТ, що в кінцевому результаті призводить до формування відповідного рівня сприйняття населенням умов якості життя. Визначення загальноутворюючого характеру закономірностей та принципів сталого розвитку МПТ, потребує дослідження властивостей впливу окремих технологічних операцій в межах об’єктів інфраструктури. Властивості технологічних операцій характеризуються умовами функціонування та визначаються на основі опису динамічних процесів. Динаміка МПТ – це сукупність всіх змін, які відбуваються в середовищі під дією внутрішнього та зовнішнього впливів. Динамічні процеси МПТ призводять до змінності елементів, яка відображає можливість перетворення їх стану, структури, зв’язків, характеру протікання процесів та наслідків впливу на складові елементи метасистеми МС.

Функціонування МПТ представляє сукупність всіх збалансованих внутрішніх процесів, спрямованих на забезпечення задоволення потреб населення у реалізації просторових переміщень шляхом обміну та трансформації всіх видів ресурсів у результат. Умовно процес функціонування МПТ можна представити у формі об’єкту, який під впливом сукупності керуючих дій (Z) та зовнішніх чинників (G^m) забезпечує отримання результату (A^o) на основі трансформації ресурсів (R^a). При цьому крім

отримання позитивного результату функціонування відбувається виділення негативних наслідків його роботи (B^g), які впливають як на зовнішнє середовище МПТ, так і на загальний результат метасистеми МС. Узагальнена структура функціональних зв'язків представлена на рисунку 3.2.



Умовні позначення: Z, Z_i – сукупність керуючих загальних та внутрішніх впливів, відповідно, R^a, R_e^a, R_i^a – сукупність загальних, зовнішніх та внутрішніх ресурсів МПТ, відповідно, G^m, G_e^m, G_i^m, G_z^m – сукупність загальних, зовнішніх, внутрішніх та міжрівневих впливів, відповідно, A_i^o, A_c^o – сукупність результатів МС та МПТ, відповідно, B_i^g – сукупність негативних наслідків МПТ на МС

Рисунок 3.2 – Узагальнена структура функціональних зв'язків МПТ

Внутрішнім середовищем МПТ є транспортні підприємства, підсистема управління у вигляді організатора пасажирських перевезень, пасажирська транспортна інфраструктура тощо. Зовнішнім середовищем виступає міська транспортна система та елементи міського середовища. Споживча підсистема, яка представляється пасажирами, входить одночасно до складу внутрішнього і зовнішнього середовищ. У внутрішньому середовищі вона представлена у вигляді пасажирів, які користуються МПТ, а в зовнішньому – в якості міського населення, яке реалізує свій життєвий потенціал у межах всіх складових частин МС. Така форма представлення споживчої підсистеми дозволяє реалізувати

принцип взаємного обліку результатів та негативних наслідків всіх середовищ, який є основоположним у формуванні сталого розвитку МС. Загальний результат МС, який оцінюється якістю життя міського населення, формується на основі синтезу отриманих результатів у межах економічного, екологічного, соціального, суспільного простору з урахуванням їх взаємного пливу.

3.2.2 Концептуальна структура сталості МПТ

Результат функціонування МПТ полягає в задоволенні потреб міського населення у реалізації територіальних переміщень, рівень якого в значній мірі впливає на можливості життєвого потенціалу міста. Негативні наслідки МПТ, які утворюються в процесі його функціонування, знижують загальну результативність МС через вплив на компоненти якості життя населення. В умовах реалізації стратегії зростання якості транспортного обслуговування, утримання негативних наслідків в існуючих межах, є формою реалізації загальних принципів сталого розвитку, та може бути прийнята як основоположне правило забезпечення функціональної сталості МПТ. У загальному вигляді оцінка МПТ з позицій сталого розвитку МС може бути представлена через синтез концептів сервісно-ресурсних параметрів та негативних наслідків

$$ST_m = \{K_R, K_A, K_B\}, \tag{3.1}$$

де K_R – концепт, який характеризує ресурси, що використовуються МПТ;

K_A – концепт, який характеризує результати МПТ;

K_B – концепт, який характеризує негативні наслідки МПТ.

Структура концептів, які характеризують МПТ с позицій сталого розвитку визначається сукупністю множин параметрів для кожного методологічного рівня в структурі метасистеми МС (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Структура концептів сталого розвитку МПТ

Методологічний рівень	Концепт ресурсів K_R	Концепт результатів K_A	Концепт наслідків K_B
Метасистемний (МС)	$\left\{R_c^a\right\}$ – територіальний простір міста, економічні ресурси	$\left\{A_c^o\right\}$ – цільова кон'юнкція сталого розвитку МС	$\left\{B_c^g\right\}$ – екологічне забруднення, дорожня аварійність
Системний (МТС)	$\left\{R_t^a\right\}$ – пропускна спроможність ділянок та вузлів ВДМ	$\left\{A_t^o\right\}$ – організованість транспорту	$\left\{B_t^g\right\}$ – структурна невідповідність ВДМ
Агрегативний (ММ МПТ)	$\left\{R_u^a\right\}$ – провізні можливості маршрутів	$\left\{A_u^o\right\}$ – сервісна якість транспортних послуг	$\left\{B_u^g\right\}$ – зниження техніко-реалізаційної пропозиції
Елементний (ОІ МПТ)	$\left\{R_e^a\right\}$ – пропускна спроможність ЗП	$\left\{A_e^o\right\}$ – витрати часу пасажирів	$\left\{B_e^g\right\}$ – дестабілізація функціональності

Виділені концепти дозволяють описати загальний характер взаємозв’язку процесів формування сталого розвитку МПТ у вигляді структурно-логічної схеми. При виділенні різних видів взаємозв’язку між рівнями представлення МПТ використовуються два базових типи: позитивний вплив «+» та негативний вплив «–». У разі нейтрального, такий вплив, згідно принципів стратегії сталого розвитку вважається позитивним впливом. Функціонування МПТ представляється у вигляді сукупності процесів, які реалізуються на перших двох рівнях, а результати та наслідки впливають на інші рівні. Структура та характер зв’язків концептів МПТ представлена на рисунку 3.3.

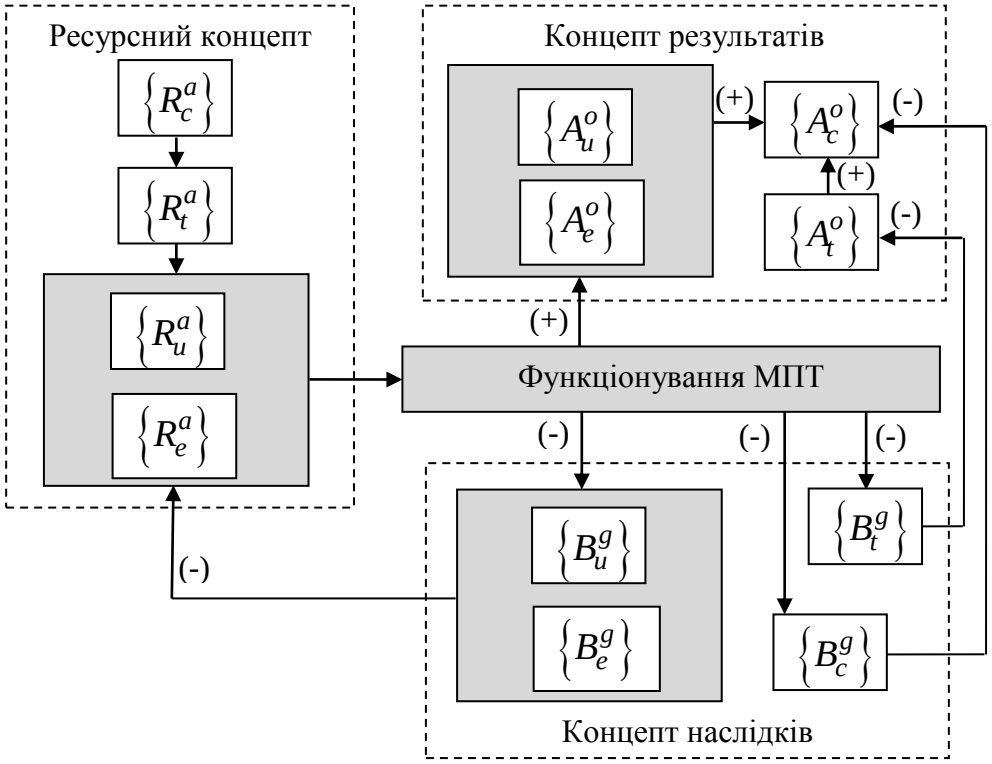


Рисунок 3.3 – Структура зв’язків концептів МПТ

Умовою сталого розвитку МПТ є обмеження негативних наслідків можливостями їх поглинання за умов забезпечення відповідного рівня якості транспортних послуг. До внутрішніх відносяться наслідки, що формуються в межах елементного та агрегативного рівнів, а саме дестабілізація ОІ МПТ та маркетингова невідповідність транспортної пропозиції, а до зовнішніх – вплив, який формується в елементах МТС та просторі МС. Встановлення зон формування сталості дозволяє виділити її загальну структуру (рис. 3.4).

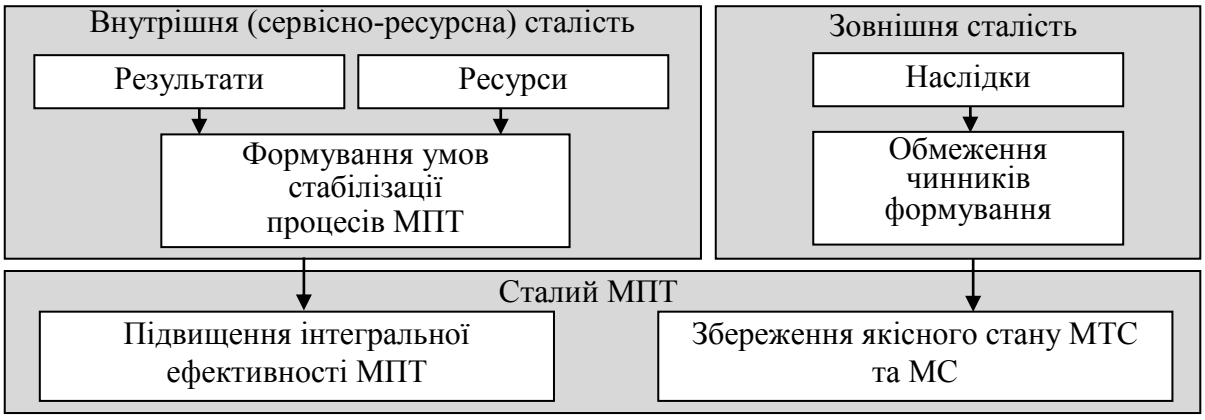


Рисунок 3.4 – Загальна структура формування сталості МПТ

У ході управління відбувається перехід елементів обслуговуючої підсистеми МПТ між наступними станами: змінний, критичний, стаціонарний, рівноваги, функціональної сталості та саморозвитку (рис. 3.5).

Рисунок 3.5 – Послідовність зміни станів МПТ

Саморозвиток, який ґрунтується на функціональній сталості, є процесом створення нової форми МПТ в межах існуючої структури, яка спроможна самостійно забезпечити протидію всім видам впливів та витримати обрану траєкторію цілеспрямованості. Базовою для формування умов саморозвитку є функціональна сталість, яка визначається стаціонарністю внутрішнього середовища та забезпечується стабілізацією технологічних процесів.

Вимогою до стабілізації є утримання необхідного рівня резерву ресурсів, який забезпечує можливості реалізації цілеспрямованих функціональних процесів МПТ в умовах дестабілізаційного впливу. Джерелом ресурсного потенціалу МПТ є створення резервів ресурсів, які спрямовані забезпечити компенсаторний вплив динамічних змін. Формування стаціонарності через ресурсний потенціал відноситься до функціональної (технологічної) сталості. Функціональна сталість МПТ – це сукупність цілеспрямованих динамічних процесів в межах внутрішніх елементів, у ході яких забезпечується його закономірний перехід до стаціонарного стану, що створює умови зростання сервісно-ресурсного потенціалу, підвищення інтегральної ефективності та відповідності сталому розвитку МС. Функціональна сталість МПТ відображає властивість зберігати під час впливів протягом тривалого часу, який зіставлений з часом, який змінює систему процесів його рівноважного гомеостатичного стану, структури, характеру функціонування.

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

$$C_e^b = \inf\left(\rho_{ec}^r(k_{ec}^r, A_{ec}^o)\right), k_{ec}^r \in R_e^a, A_{ec}^o \in A_e^o, \qquad (3.2)$$

де ρ_{ec}^r – критичний рівень сервісно-ресурсних параметрів стабілізації;

k_{ec}^r – допустимі значення резервів ресурсів;

A_{ec}^o – допустимі значення результатів.

R_e^a – межа допустимих значень резервів ресурсів;

A_e^o – межа допустимих значень результатів.

Властивості функціональної сталості ОІ характеризуються її областю, запасом та зоною. Область функціональної сталості визначається інтервалом зміни сервісно-ресурсних параметрів, при яких досягається стаціонарне положення протікання процесів. Запасом виступає умовна відстань між точкою реального стану сервісно-ресурсних параметрів та точкою, при якій відбуваються перехід до критичного стану. Зона сталості – це простір в якому динамічні процеси компенсуються внутрішніми резервами ресурсів. Графічне представлення просторів функціональної сталості наведено на рисунку 3.6.

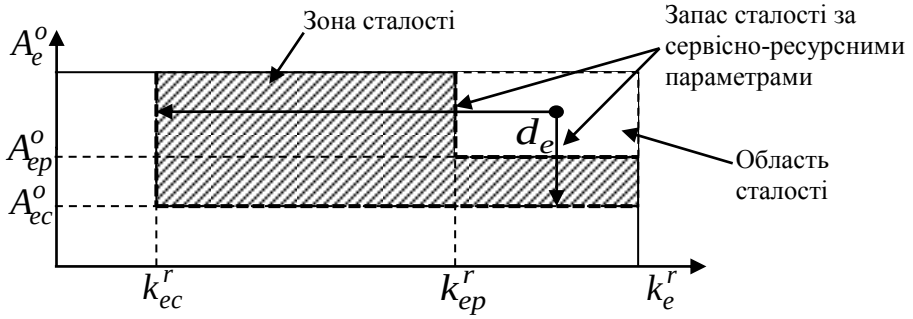


Рисунок 3.6 – Графічне представлення функціональної сталості

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

$$O_a^e = \left\{ o_a^e(h_e, v_e) \middle| h_e \in H^e, v_e \in V^e \right\}, \tag{3.3}$$

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

Відображення множини вихідних даних на просторі рішень є моделлю, яка визначає стан ОІ та відображає рівень їх сталості. В якості показника сталості використовується функція

$$d_e(Z^e) = \sup\left(\psi_n^{ze}(n_1^e, n_2^e)\right), n_1^e \in Z^e, n_2^e \in Z^e, \tag{3.4}$$

де ψ_n^{ze} – показник, що відображає ступінь близькості до рівня сталості;

n_1^e, n_2^e – нижня та верхня межа допустимого простору рішень.

Абсолютним показником функціональної сталості ОІ МПТ у відповідній точці на просторі вихідних даних є величина

$$d_e(z_e, O^p) = \inf\left(d_e(v_e, o_e(h_e, v_e))\right), o_e \in O^p, v_e \in V^e, \tag{3.5}$$

де d_e – показник функціональної сталості.

Абсолютний мінімум сталості забезпечується на межі критичного стану

$$d_e^b(h_e, O^e) = \inf\left(d_e(h_e, o_{en}(h_{ne}, v_{ne}))\right), h_{ne} \in H^e, v_{ne} \in V^e, \qquad (3.6)$$

де o_{ne} – допустиме відхилення;

h_{ne} – вихідні данні для критичного стану;

v_{ne} – результат функціонування при критичному стані.

Рівень запасу сталості відображає властивості об’єктів інфраструктури МПТ протидіяти різним впливам, забезпечуючи при цьому можливість отримання результату який не виходить за межу критичного стану

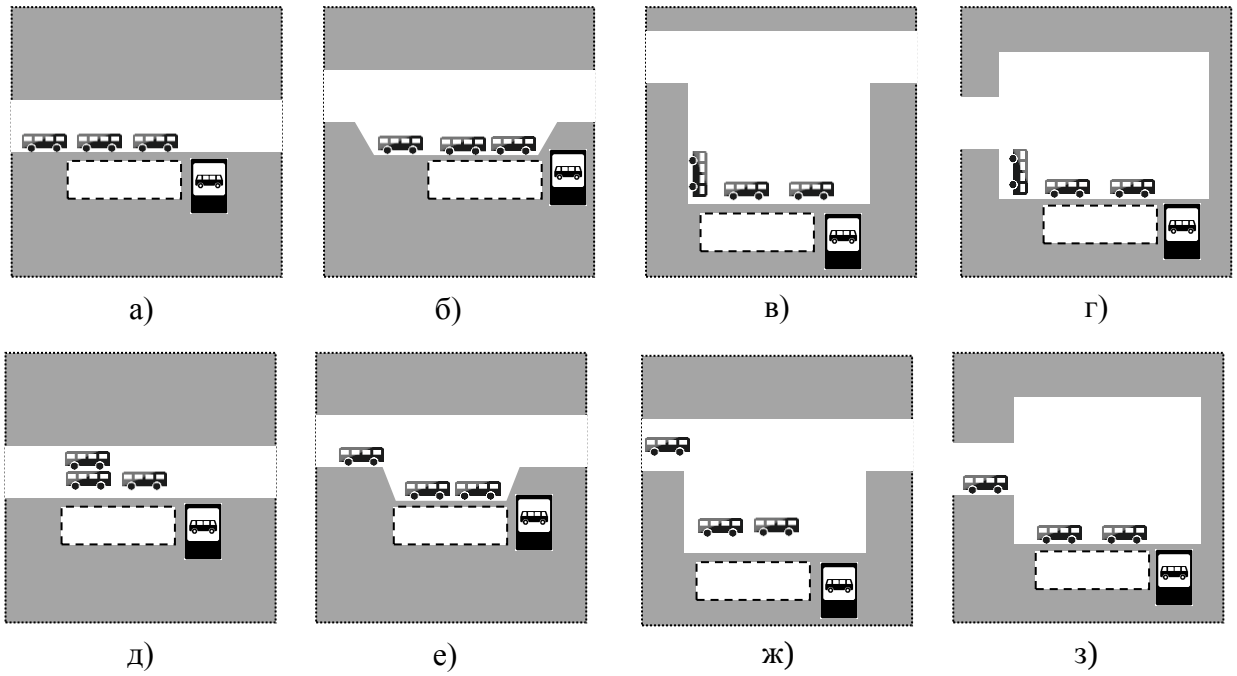
$$U_e(h_e, o_e) = \frac{d_e(z_e, O^e) - d_e^b(h_e, O^e)}{d_e^b(h_e, O^e)} = \frac{d_e(z_e, O^e)}{d_e^b(h_e, O^e)} - 1. \qquad (3.7)$$

До складу запропонованої загальної схеми функціональної сталості об’єктів інфраструктури МПТ входять параметричні області допустимих значень, які визначаються шляхом відображення множини простору технологічно-організаційних рішень на сервісно-ресурсні показники, що можуть бути досягнуті у відповідних виробничих умовах.

3.2.3 Облік погодженості функціональних процесів в об’єктах інфраструктури МПТ з умовами сталого розвитку МС

Загальні умови формування функціональної сталості ОІ МПТ передбачають їх погодження з умовами сталого розвитку МС. Основними видами негативного впливу ОІ МПТ на МТС є зниження швидкості руху на елементах ВДМ прилеглих до ЗП, на МС – зниження безпеки руху та додаткові екологічні викиди. Причиною виникнення негативних наслідків МПТ в ОІ є конфліктні ситуації, які є джерелом формування чинників зниження дорожньої

безпеки та призводить до збільшення шкідливих викидів МПТ (у разі використання транспортних засобів на вуглеводному паливі). Конфліктною ситуацією в ЗП є одночасне перебування ТЗ у кількості, що перевищує їх допустиме значення. Правилами дорожнього руху України визначене місце для зупинки транспортних засобів МПТ, яке позначається дорожніми знаками 5.41.1-5.43.2. У залежності від умов організації руху вказують конкретне місце або межі посадкового майданчика. Відповідно «Правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту» та «Правил надання населенню послуг з перевезень міським електротранспортом» встановлено, що зупинка транспортних засобів відповідних маршрутів виконується лише в місцях, позначених вказаними дорожніми знаками. Згідно з ДБН В.2.3-5-2001 «Вулиці та дороги населених пунктів» [332] ЗП можуть бути одиночними або подвійними. Таким чином, конфліктною ситуацією в ЗП є одночасне пред'явлення замовлень ТЗ у кількості: для одиночного ЗП – більше одного, подвійного – більше двох. За своїми негативними наслідками на умови руху конфліктні ситуації можуть бути: впливовими або невпливовими (рис. 3.7).



а, б, в, г – без впливу на умови руху транспортного потоку; д, е, ж, з – з негативним впливом на умови руху транспортного потоку

Рисунок 3.7 – Типи конфліктних ситуацій у ЗП

Оцінка дорожньої безпеки базується на систематизації умов і чинників ризику настання аварійних подій. Ймовірність виникнення небезпечної ситуації в ЗП залежить від чинників ризику, що визначаються умовами транспортного процесу, станом дорожньої мережі, станом ТЗ, людськими чинниками та ін. Показник рівня безпеки може бути визначений через оцінку ризику виникнення ситуації, яка сприяє настанню негативних (аварійних) подій (рис. 3.8).

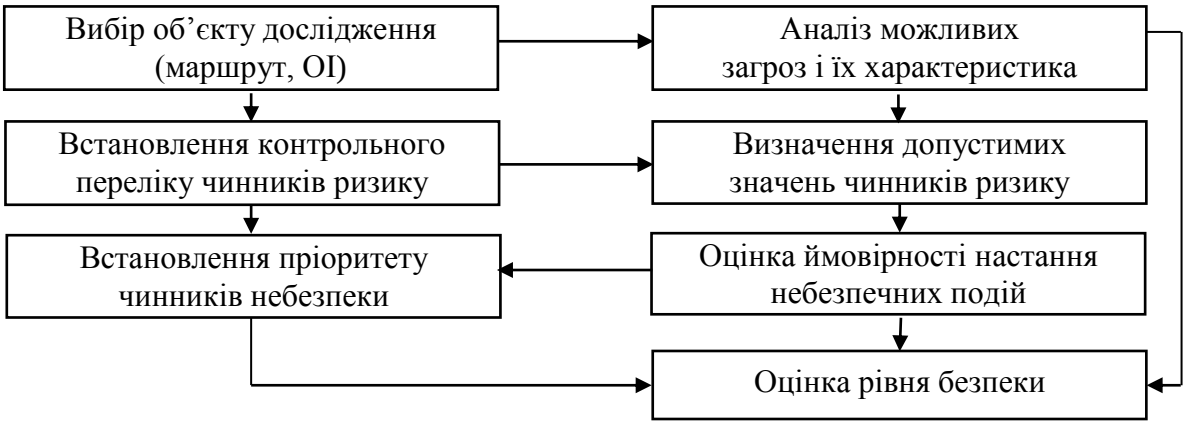


Рисунок 3.8 – Схема оцінювання безпеки руху МПТ

Відповідно обраного об'єкту дослідження формується матриця чинників аварійних ситуацій, яка у подальшому трансформується у матрицю ризиків. Складовим елементом матриці ризиків є функціонал, який визначає рівень небезпечності та може бути визначений на основі обліку настання можливих аварійних подій. Складним питанням при дослідженні дорожньої безпеки МПТ є визначення його допустимого рівня. Впровадження нормативних значень цього показника не має сенсу взагалі, так як основна задача організації роботи МПТ полягає у забезпеченні абсолютного рівня безпеки. Такий стан можливий лише за умов повного виключення чинників ризику виникнення аварійної події. Передбачимо, що розподіл виникнення аварійних подій має випадковий характер, який визначається складовою шуму її розподілу. Однак є інформація про межі розподілу цієї імовірності відносно нижньої та верхньої межі настання подій, які можуть бути описані у вигляді функції розподілу випадкових величин. Межі розподілу функції формуються на основі оцінки

пріоритету чинників небезпеки та визначають групу чинників, що мають вагомий вплив на рівень безпеки. Процедура вибору чинників впливу проводиться на основі аналізу умов функціонування досліджуваного об'єкту. Визначення гранично допустимих значень чинників ризику проводиться шляхом визначення рівня корисності обраних показників. Функція ризику настання аварійної ситуації окремих чинників визначається оцінкою можливого впливу з урахуванням умов забезпечення абсолютного рівня безпеки

$$U(u_i) = U_i - f(q_i) \tag{3.8}$$

де U_i – рівень значення i-го чинника, який забезпечує абсолютний рівень безпеки на об'єкті дослідження;

$f(q_i)$ – функція ризику i-го чинника впливу на безпеку.

Значення абсолютного рівня безпеки визначається шляхом вибору найкращої функції $f(q_{0i})$ з параметричної множини $f(q_i)$ на множині параметрів $Q_e^{st} = \{q_i\}, (i = \overline{1,n})$. Функція розподілу величини виникнення аварійної події i–го чинника впливу на безпеку перевезень пасажирів $P(u_i)$ визначається з множини $P_e^{st} = \{p_i\}, (i = \overline{1,g})$, яка визначає відповідні функції щільності настання аварійних подій. Неможливість визначення чіткого значення виникнення аварійної події дає підстави обґрунтувати можливість проведення оцінювання рівня безпеки через використання мінімаксної (песимістичної) моделі. Основна ідея використання такого методу ґрунтується на гіпотезі про необхідність обліку в якості критерію дисперсії розподілення ймовірності появи чинників виникнення аварійної ситуації. Показник безпеки представляється як сумарна мінімаксна функція, що відображає рівень ризику та настання аварійної події

$$B_b = \sum_{i=1}^{q_e^{st}} \min_{q_i \in Q_e^{st}} \max_{p(u_i) \in P_e^{st}} \int U(u_i) P(u_i)\, du_i \tag{3.9}$$

де q_e^{st} – кількість чинників впливу на безпеку.

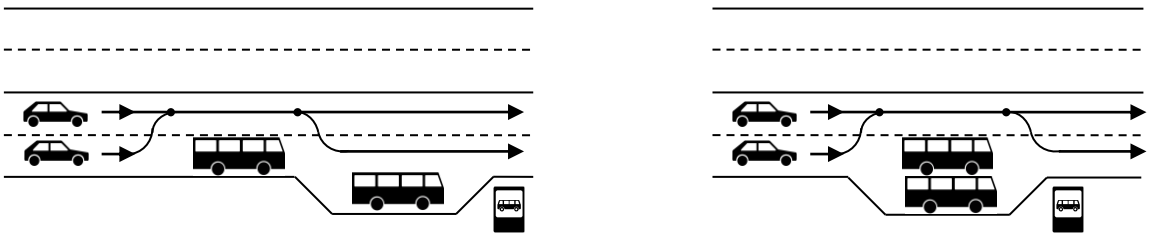
Кількість чинників впливу визначається за встановленим контрольним переліком ризиків, які обираються з області допустимих значень

$$q_i^m = \min\left(q_i \in y \middle| y_j \to y_j^k\right), j = \overline{1,h}, \tag{3.10}$$

де y_j – область контрольного переліку чинників ризику;

y_j^k – допустимі значення чинників області контрольного переліку.

На формування ризиків аварійності в ЗП ОІ впливає організованість руху транспорту на ВДМ та взаємодії маршрутного потоку. На рис. 3.9 наведена типова схема формування чинників зниження безпеки руху в зоні ЗП.



а) б)

а – з чергою маршрутних ТЗ; б – з одночасним перебуванням ТЗ в ЗП

Рисунок 3.9 – Типова схема формування конфліктних точок в ЗП

У процесі формування сукупності заходів забезпечення функціональної сталості ОІ може відбуватися зміна умов і стану організації дорожнього руху та елементах ВДМ. При оцінюванні рівня безпеки через їх чинники виникнення можливо оцінити їх зміну відносно базового (існуючого) стану організації дорожнього руху

$$\Delta B_b = B_b^{(b)} - B_b^{(z)}, \tag{3.11}$$

де $B_b^{(b)}$ – базове значення показника чинників небезпеки руху;

$B_b^{(z)}$ – фактичне значення показника чинників небезпеки руху.

Виділення простору рішень, які забезпечують умови безпечності МПТ та немаршрутного транспорту можна провести через визначення рівня відповідності параметрів чинників ризику аварійності

$$O^b = o_b(h_e, z_b), h_e \in H^e, z_b \in Z_e, \quad (3.12)$$

де o_b – сукупність допустимих відхилень при відповідних вихідних параметрах та значенні чинників небезпеки;

z_b – допустиме рішення з позиції забезпечення безпеки руху;

Z_e – множина допустимих рішень організації роботи ЗП.

Вплив транспорту на навколишнє середовище включає в себе різні види забруднення. Сьогодні існує безліч методик для ідентифікації та вимірювання їх впливу. Однак жоден з підходів не дозволяє уникнути труднощів, пов'язаних з переведенням впливу чинників у кількісні показники. Для оцінювання впливу МПТ на екологічне середовище доцільно використовувати стандартизований підхід до розрахунку екологічного впливу транспортних проектів EcoTransit World, який розроблений в Європейському союзі і показав свою придатність для вирішення задач оцінювання екологічних наслідків транспорту [333]. Структура індикаторів екологічного впливу включає наступні індикатори екологічного впливу МПТ [333]: первинні енергоресурси, викиди парникових газів (CO_2), викиди оксидів азоту (NO_x), викиди діоксинів сірки (SO_2), неметанові вуглеводи (NMHC), викиди твердих частин (Particles).

Відповідність екологічним умовам сталості МПТ може бути визначена областю допустимих експлуатаційних показників на просторі рішень N^z, які задовольняють вимогам їх відповідності

$$B_c(N^z) = \sup\left(\psi_c^{ze}(l_{et}, l_{eu})\right), l_{et} \in L_t, l_{eu} \in L_u, \qquad (3.13)$$

де ψ_c^{ze} – показник, що відображає область допустимих значень параметрів за умовою їх екологічної відповідності;

l_{et} – межа допустимого простору експлуатаційних параметрів немаршрутного транспорту з умов забезпечення екологічної відповідності;

l_{eu} – межа допустимого простору експлуатаційних параметрів МПТ з умов забезпечення екологічної відповідності;

L_t – множина експлуатаційних параметрів немаршрутного транспорту;

L_u – множина експлуатаційних параметрів МПТ.

Виділення простору рішень які забезпечують умови відповідності допустимому обсягу шкідливих викидів

$$O^c = o_c(h_e, z_c), h_e \in H^e, z_c \in Z_e, \qquad (3.14)$$

де o_c – сукупність допустимих відхилень з позиції екологічного впливу;

z_c – допустиме рішення з позиції екологічного впливу.

Умовою пошуку варіанта концептів N^m з множини рішень N^z є забезпечення погодженості області допустимих станів безпеки та екологічності. Цільова функція пошуку стану ОІ полягає у максимізації рівня його функціональної сталості

$$D(N^m \in N^z(O^e \bigcap O^b \bigcap O^c)) \to \max, \qquad (3.15)$$

Формування функціональної сталості МПТ передбачає пошук стану на просторі можливих рішень, при якому буде забезпечене виконання відповідних вимог до забезпечення мінімізації чинників небезпечності, утримання

шкідливих викидів в межах допустимих норм та забезпечення максимальної сервісно-ресурсної ефективності.

3.3 Вплив дестабілізації технологічних процесів на функціональну сталість об’єктів інфраструктури МПТ

При дослідженні функціональної сталості ОІ важливим є оцінювання ризиків дестабілізації процесів. Дестабілізацією ОІ МПТ є результат зовнішньої та внутрішньої дії чинників впливу, які призводять до втрати його стаціонарності шляхом порушення рівномірності та рівноваги технологічних процесів. До основних видів дестабілізуючих чинників відносяться: кількісна та якісна недостатність ресурсів, конфлікти, відмови, збої, дефекти, структурна недосконаліть, непідконтрольні зовнішні явища. Цінність у визначенні областей і груп чинників представляє можливість проведення факторного аналізу, який дозволив виділити структурну схему дестабілізації ОІ (рис. 3.10).

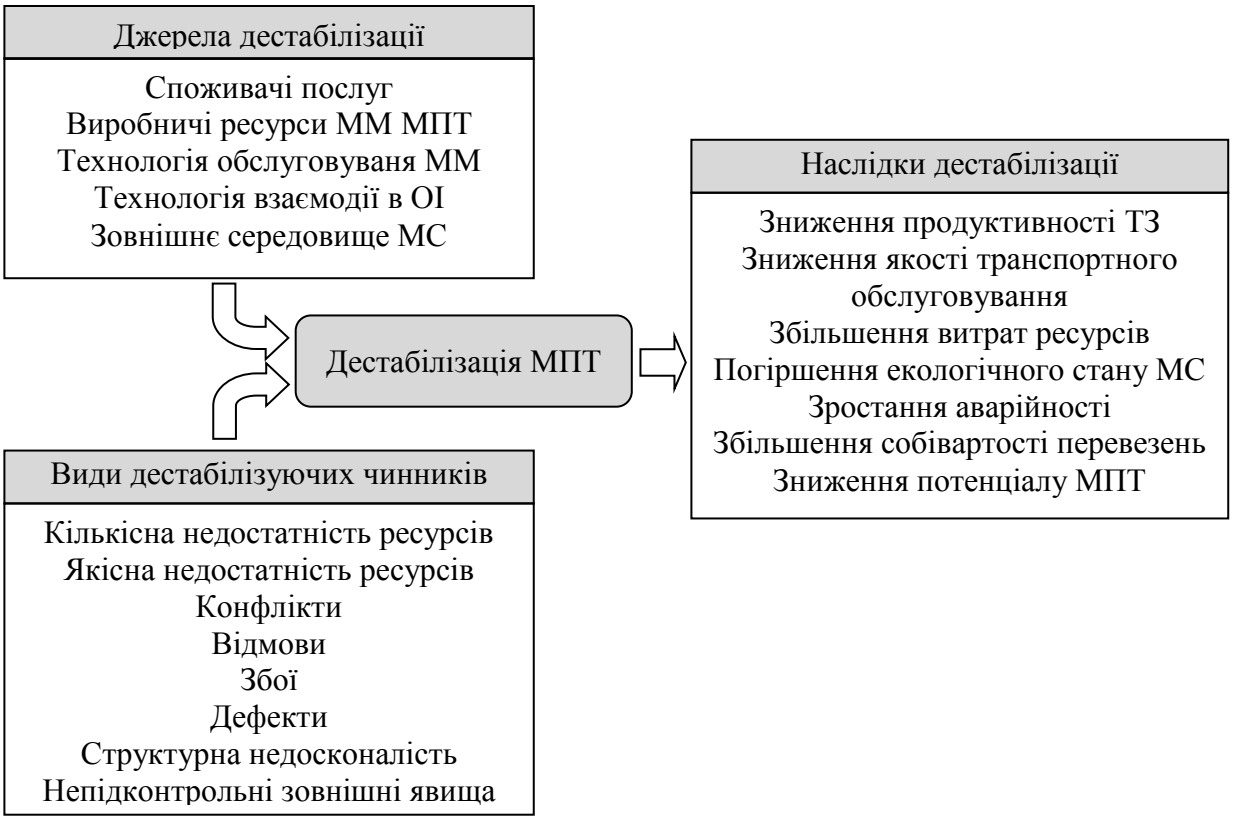


Рисунок 3.10 – Структурна схема дестабілізації ОІ МПТ

Характеристика чинників дестабілізації ОІ МПТ наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристика чинників дестабілізації ОІ МПТ

Чинники	Характеристика
Кількісна недостатність ресурсів	Абсолютна недостатність компонентів для забезпечення функціональних потреб
Якісна недостатність ресурсів	Невідповідність параметрів пристроїв, споруд, засобів вимогам функціональних потреб МПТ
Структурна недосконаліть	Невідповідність умов функціонування необхідній сукупності процесів
Конфлікт	Ситуація взаємного очікування звільнення ресурсів для виконання процесів
Дефект	Некоректне (одноразове або регулярне) виконання елементами своїх функціональних завдань
Збій	Тимчасове порушення дієздатності елементів
Відмова	Порушення дієздатності, яке призводить до неможливості виконання своїх функціональних завдань
Непідконтрольні зовнішні явища	Ситуації раптового порушення функцій елементів які вимагають втручання зовнішніх резервних можливостей та систем керування

Ризик дестабілізації ОІ – це виникнення конфліктної ситуації, яка може призвести до дефекту, збою або відмови його процесів. Важливим етапом дослідження чинників дестабілізації є виділення послідовності їх формування через аналіз закономірностей їх розвитку. Схема взаємозв’язків чинників дестабілізації наведена на рисунку 3.11.

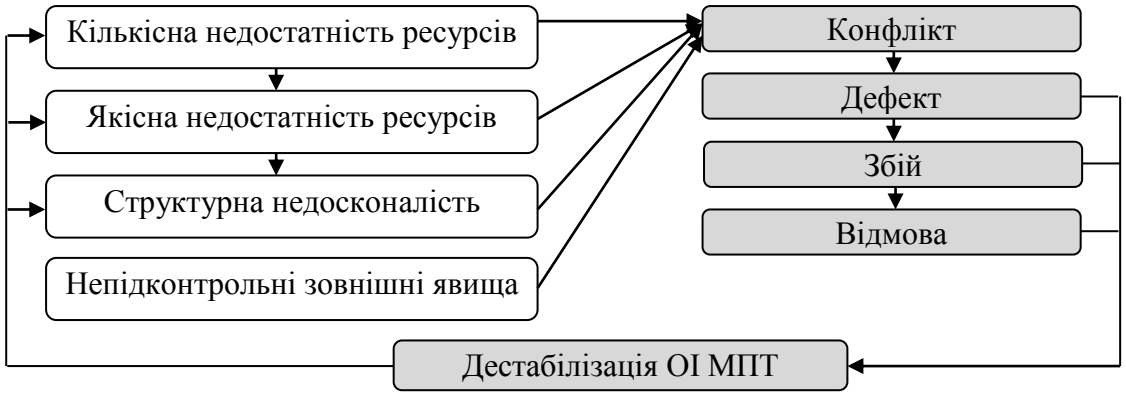


Рисунок 3.11 – Взаємозв’язок чинників дестабілізації ОІ МПТ

Під час оцінювання ризику дестабілізації необхідно встановити абсолютні або відносні можливі негативні наслідки, рівень яких є визначальним у формуванні функціональної сталості елементів ОІ МПТ. У відповідності до теорії ризику можна виділити наступні зони: безризикова, зона допустимого ризику, зона критичного ризику, зона катастрофічного ризику. Безризикова зона відповідає умовам відсутності загроз настання негативних дестабілізуючих подій. Зона допустимого ризику відповідає рівню, при якому можуть виникати дефекти, що не призводять до переходу у стан збоїв та відмов, при цьому вони компенсуються як правило використанням додаткових внутрішніх ресурсів. Зона критичного ризику характеризується переходом стану елементів до збоїв, при яких виникає тимчасове порушення їх роботи. Зона катастрофічного ризику відображає стан відмови елементів і характеризується тривалою неможливістю виконання процесів. Представлення про зони ризику дестабілізації дає крива зміни ймовірності, яка у типовому вигляді має вигляд наведений на рисунку 3.12.

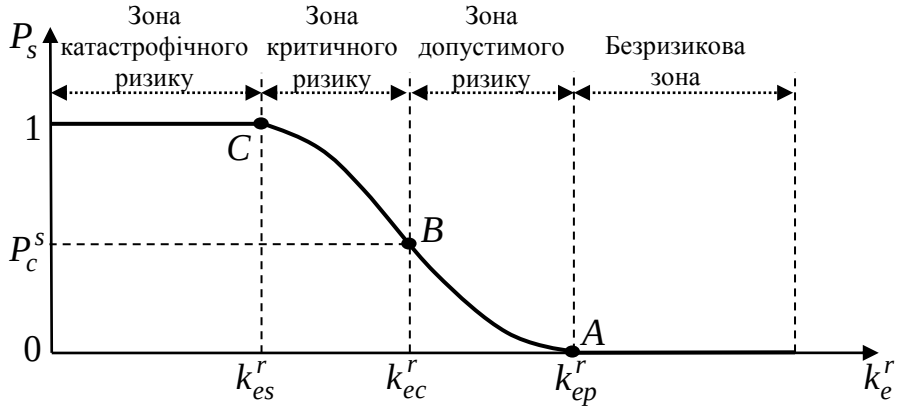


Рисунок 3.12 – Типова крива розподілу ймовірності дестабілізації

На рисунку 3.14 точкою А позначений рівень мінімальної ймовірності дестабілізації, що відповідає умовам його функціональної сталості. Точка С відображає верхню межу ймовірності дестабілізації, що відповідає початку зони катастрофічного ризику, в якій рівень резервів ресурсів нижче критичного рівня та спостерігається стан відмови. Точка переходу з допустимої зони до критичної (В) характеризує ймовірність виникнення збоїв. Значення величин

ймовірності в наведених точках є умовою для обґрунтування допустимого ризику дестабілізації та подальшої оцінки його впливу на функціональну сталість. У процесі прийняття рішень о допустимості ризику дестабілізації ОІ важливим є виділення зональних меж. Виходячи з показників ризику та критерію їх граничності умови функціональної сталості мають вид

$$k_e^r(x_n) \geq k_{ec}^r, \tag{3.16}$$

де $k_e^r(x_n)$ – рівень резерву ресурсу ОІ в точці x_n;

k_{ec}^r – граничний рівень резерву ресурсу.

Оцінка ймовірності ризику дестабілізації проводиться на основі визначення характеристичних станів суб'єктів. Відповідно до визначених чинників дестабілізації та структури технологічних процесів, оцінку ймовірності станів доцільно провести використовуючи теорію масового обслуговування. Представимо стани суб'єктів у вигляді графу (рис. 3.13).

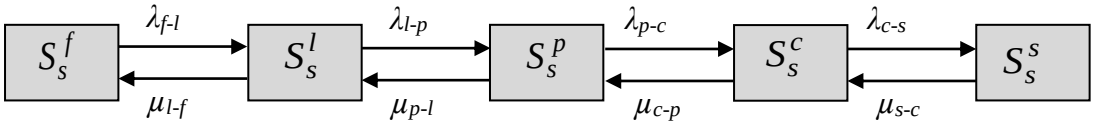


Рисунок 3.13 – Граф функціональних станів суб'єктів взаємодії

Представлений Марківський ланцюг відображає зміну суб'єктів взаємодії та дозволяє визначити характерний стан дестабілізації ОІ. Суб'єкт може знаходитися в одному з чотирьох станів: S_s^f – стаціонарний (без конфлікту), S_s^l – конфлікт, S_s^p – дефект, S_s^c – збій, S_s^s – відмова. Перехід між станами у напрямку погіршення дестабілізації: $S_s^f \to S_s^l \to S_s^p \to S_s^c \to S_s^s$ відбувається під дією простіших потоків з інтенсивністю λ_{f-l}, λ_{l-p}, λ_{p-c}, λ_{c-s}, які характеризуються параметрами вхідних потоків та відображають умови виникнення відповідних рівнів дестабілізації. Перехід у напрямку стабілізації

$S_s^s \to S_s^c \to S_s^p \to S_s^l \to S_s^f$ досягається потоками обслуговування μ_{s-c}, μ_{c-p}, μ_{p-l}, μ_{l-f}, які відображають рівень ресурсних можливостей елементів ОІ та характеризують умови їх стабілізації. Перебування суб'єктів у тому чи іншому стані має ймовірностей характер. Значення P_s^f, P_s^l, P_s^p, P_s^c, P_s^s показують ймовірність перебування у відповідних станах $S_s^f, S_s^l, S_s^p, S_s^c, S_s^s$ та відображають рівень дестабілізації ОІ. Для визначення ймовірності перебування у відповідних станах дестабілізації потрібно їх формалізувати з використанням термінології теорії масового обслуговування. Відповідно до характеристики чинників дестабілізації наведених у табл. 3.2 можна визначити наступну їх відповідність: S_s^f – канал обслуговування вільний, S_s^l – канал обслуговування зайнятий, але черга відсутня, S_s^p – канал обслуговування зайнятий, у черзі одне замовлення, S_s^c – канал обслуговування зайнятий, у черзі є замовлення, S_s^s – канал обслуговування зайнятий, вся черга зайнята. Для визначення граничної ймовірності кожного стану по представленому графу складемо систему рівнянь Колмогорова

$$\begin{cases} P_s^f \lambda_{f-l} = P_s^l \mu_{l-f} \\ P_s^l(\lambda_{l-p} + \mu_{l-f}) = P_s^f \lambda_{f-l} + P_s^p \mu_{p-l} \\ P_s^p(\lambda_{p-c} + \mu_{p-l}) = P_s^l \lambda_{l-p} + P_s^c \mu_{c-p} \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ P_s^c(\lambda_{c-s} + \mu_{c-p}) = P_s^p \lambda_{p-c} + P_s^s \mu_{s-c} \\ P_s^s \mu_{s-c} = P_s^c \lambda_{c-s} \\ P_s^f + P_s^l + P_s^p + P_s^c + P_s^s = 1 \end{cases} \qquad (3.17)$$

Наведена постановка задачі за своїм принципом відповідає одноканальній системі масового обслуговування з обмеженням черги. У такій постановці простішій потік може бути представлений у вигляді загального потоку λ_a, а

потік обслуговування – μ_s. Співвідношення між потоками замовлення та обслуговування відображають можливі стани суб'єктів та визначають рівень завантаження ОІ ρ_{lo} [334].

Процедура оцінювання переходу між станами може бути виконана за допомогою нечіткої логіки, яка передбачає встановлення функцій приналежності для відповідних умов формування дестабілізаційних чинників. Розділення функції на кластери передбачає визначення верхньої та нижньої межі в яких функція приналежності займає представлена однозначно. В якості критерію формування функції приналежності термам стану суб'єктів виступає час обслуговування ТЗ в ЗП. Основним чинником впливу на фактичну тривалість часу перебування ТЗ в ЗП є умови реалізації технологічних процесів, стан яких визначається ресурсними можливостями ОІ. Мінімальна тривалість обслуговування ТЗ досягається наявністю вільних місць при їх прибутті. Можливість реалізації операцій без черги забезпечує повну відповідність математичного очікування та дисперсії часу простою ТЗ умовам стабілізації МПТ. Виникнення конфліктів та подальший перехід їх до дефектного стану призводить до збільшення часу обслуговування ТЗ. Виходячи з існуючих закономірностей формування часу перебування ТЗ в ОІ можна записати умови визначення стану суб'єктів взаємодії відносно тривалості технологічних операцій

$$\begin{cases} t_{s_i}^{d} \le t_{s_i}^{df} \Rightarrow S_{s_i} = S_s^{f} \\ t_{s_i}^{df} < t_{s_i}^{d} \le t_{s_i}^{dl} \Rightarrow S_{s_i} = S_s^{l} \\ t_{s_i}^{dl} < t_{s_i}^{d} \le t_{s_i}^{dp} \Rightarrow S_{s_i} = S_s^{p}, \\ t_{s_i}^{dp} < t_{s_i}^{d} \le t_{s_i}^{dc} \Rightarrow S_{s_i} = S_s^{c} \\ t_{s_i}^{dc} < t_{s_i}^{d} \Rightarrow S_{s_i} = S_s^{s} \end{cases} \qquad (3.18)$$

де S_{s_i} – стан i-го суб'єкту взаємодії;

$t_{s_i}^{d}$ – фактичний час перебування ТЗ в ОІ, хв;

$t_{s_i}^{df}$ – граничний час перебування ТЗ в ОІ при стаціонарному стані, хв;

$t_{s_i}^{dl}$ – граничний час перебування ТЗ в ОІ при конфліктному стані, хв;

$t_{s_i}^{dp}$ – граничний час перебування ТЗ в ОІ при стані дефектному, хв;

$t_{s_i}^{dc}$ – граничний час перебування ТЗ в ОІ при стані збою, хв.

Граничний час перебування ТЗ в ОІ при різних станах визначається на основі якісної характеристики процесів. Його значення визначає умовну межу переходу суб'єкта між станами. Параметризація граничного часу передбачає процедуру формування їх умов які відображають рівень використання ресурсних можливостей об'єктів інфраструктури в реальних умовах. Така форма представлення критерію станів дозволяє сформувати характеристичні умови їх визначення (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Характеристика станів суб'єктів

Стан	Ресурсні умови	Час обслуговування
Стаціонарний	Відсутній вплив на умови використання ресурсів, резерви ресурсів приймають максимальне значення	Без непродуктивних простоїв (вільні умови)
Конфлікт	Резерви ресурсів наближуються до нульового значення, але залучення додаткових ресурсів не потрібне	Не перевищує допустиме відхилення, не потрібні додаткові зовнішні ресурси
Дефект	Необхідне залучення додаткових внутрішніх ресурсів для компенсації дефектів обслуговування	Непродуктивний простій знаходиться в межах задовільного сприйняття пасажирами
Збій	Необхідні значні обсяги компенсаційних внутрішніх та зовнішніх ресурсів	Час обслуговування не перевищує тривалість розрахункового періоду
Відмова	Система втрачає свою структурну цілісність, для підтримки її дієздатності потрібні зміни функціонального середовища	Час обслуговування перевищує тривалість розрахункового періоду

Верхня межа граничного часу обслуговування при стаціонарному стані

$$t_{s_i}^{d} = \sum_{j=1}^{n_s^o} t_{i_j}^{o}, \tag{3.19}$$

де $t_{i_j}^{o}$ – тривалість технологічних операцій i-го суб'єкту, год;

n_s^o – кількість операцій.

Верхня межа часу перебування ТЗ в ОІ при конфліктному стані

$$t_{s_i}^{dl} = \sum_{j=1}^{n_s^o} t_{i_j}^{o} + \sum_{j=1}^{n_s^o} t_{i_j}^{o_b}, \tag{3.20}$$

де $t_{i_j}^{o_b}$ – тривалість непродуктивних простоїв при виконанні технологічних операцій.

Визначення верхньої межі станів дефекту, збою та відмови проводиться на основі узагальненої функції бажаності Харрінгтона, яка володіє достатнім рівнем придатності для побудови функції відклику в умовах ергатичних систем. Перетворення параметрів тривалості обслуговування ТЗ у функцію відклику проводиться за допомогою формули [335]

$$rsp = \exp\left[-\exp(-Y_s)\right], \tag{3.21}$$

де Y_s – параметр специфікації.

Для визначення прийнятого рівня тривалості перебування ТЗ в ОІ може бути використана шкала психологічного сприйняття, яка передбачає зв'язок безрозмірної функції відклику з рівнем бажаності. Виходячи з припущення про можливість використання пропорційного переходу між функцією відклику та

значенням часу обслуговування верхня межа стану дефекту може бути визначена за формулою

$$t_{s_i}^{dp} = (1-\zeta_{\partial}) \cdot \sum_{j=1}^{n_s^o} t_{i_j}^{o}\,, \tag{3.22}$$

де ζ_{∂} – мінімальний рівень відклику функції бажаності.

Граничний час обслуговування при стані збою визначається тривалістю (t_p) періоду

$$t_{s_i}^{dc} = t_p\,. \tag{3.23}$$

Процедура визначення абсолютних значень граничної тривалості потребує аналізу параметрів обслуговування суб'єктів і реалізується за допомогою імітаційного моделювання.

3.4 Сервісно-ресурсна модель функціонування МПТ

3.4.1 Структура сервісно-ресурсної моделі

Дослідження функціональної сталості ОІ МПТ потребує використання адекватних моделей, які дають змогу реалізувати попередню оцінку управлінських дій відносно досягнення поставленої мети. Представлення МПТ через складову частину метасистеми МС відноситься до складних багаторозмірних задач, вирішення якої потребує використання принципово нових структур моделювання. Існуючи підходи до моделювання МПТ мають обмеженість відносно повноти обліку сервісно-ресурсних параметрів функціонування всіх рівнів розгляду та як правило не передбачають процедуру опису зовнішніх взаємовпливів та зв'язків. Структура таких моделей

обмежується внутрішніми технологічними процесами та сконцентрована на виділенні в якості оціночних показників параметрів внутрішнього результату МПТ. Виділені вимоги до формування умов сталого розвитку МС дали змогу обґрунтувати доцільність застосування сервісно-ресурсної моделі МПТ як інструмента оцінювання стану всіх рівнів у тому числі ОІ. Сервісно-ресурсне моделювання – це дієвий механізм симуляції реальних процесів, який набув поширення у сфері прикладних інформаційних технологій та дозволяє забезпечити комплексну оцінку ефективності, оптимізації споживання ресурсів, зниження операційних витрат в таких сферах їх застосування, як управління виробництвом, споживанням, стійким розвитком територій, транспортними потоками та ін. [336].

Сервісно-ресурсна модель формується на основі обліку функціональних параметрів конфігураційних об’єктів МПТ та спрямована на відображення їх багаторівневого зв’язку в межах МТС. Побудова сервісно-ресурсної моделі передбачає реалізацію комплексу процедур пов’язаних з виділенням для кожного елемента МПТ структури та величини трансформації ресурсів у результат, яка забезпечується відповідним керуючим рівнем. Представлення МПТ за допомогою сервісно-ресурсної моделі передбачає реалізацію принципів інтеграції його конфігураційних складових. Методика створення сервісно-ресурсної моделі МПТ повинна визначати наступні її елементи: встановлення призначення та мети її розробки; виділення форм та видів її параметрів; визначення основних принципів та правил побудови структури; розробка правил використання та підтримки. На даний час у літературі по інформаційним технологіям відсутнє чітке представлення термінології сервісно-ресурсного моделювання [337]. Сервісно-ресурсне моделювання МПТ представляє новий підхід який потребує виділення її основоположної термінології. Моделлю сервісу МПТ є абстрактне представлення процесу взаємодії споживачів транспортних послуг з ресурсними активами транспорту в умовах існуючої інфраструктури, суб’єктів взаємодії та структури їх взаємних зв’язків. Модель сервісу описує взаємодію конфігураційних одиниць і послуги

в динаміці. Транспортним сервісом в умовах МПТ є система обслуговування, яка дозволяє споживчій підсистемі обирати оптимальний комплекс послуг, що забезпечує їх територіальне переміщення до місця призначення з погодженими ресурсними можливостями інфраструктури. Сервісно-ресурсна модель МПТ представляє собою модель сервісу, яка описує склад, структуру, взаємозв'язок внутрішніх та зовнішніх ресурсних трансформацій в умовах єдиного функціонального середовища, які спільно забезпечують реалізацію транспортного процесу на рівні погодженому з можливостями споживчої підсистеми. Призначенням сервісно-ресурсної моделі є опис процесів з метою контролю характеристик транспортного сервісу та оцінювання ефективності використання ресурсів. Сервісно-ресурсна модель МПТ забезпечує:

– можливість ідентифікувати учасників функціонального процесу, рівні їх результативних можливостей та умови використання ресурсів;

– проведення погодження цільових інтересів та встановлення характеру взаємозв'язків сервісних та ресурсних потоків;

– оцінку відповідності ресурсних можливостей;

– дає можливість проводити моніторинг технологічних параметрів окремих елементів та надавати оцінку їх впливу на потенціал МПТ;

– є інструментом структуризації, виділення форм та напрямів формування системи управління МПТ;

– можливість обліку внутрішніх витрат, вартісної оцінки та визначення повної ресурсної собівартості пасажирських перевезень.

Сервісно-ресурсна модель повинна створюватися в умовах системності та структурної відповідності виділеним методологічним рівням дослідження МПТ. Послідовність розробки сервісно-ресурсної моделі передбачає реалізацію наступних етапів: виділення об'єктів реалізації процесів; встановлення параметрів оцінювання сервісу; проектування топології моделі та виділення структури міжрівневого переходу сервісно-ресурсного потоку; формалізація параметрів потоків для виділених компонент. Схема розподілення процесів і функцій МПТ представлена на рисунку 3.14.

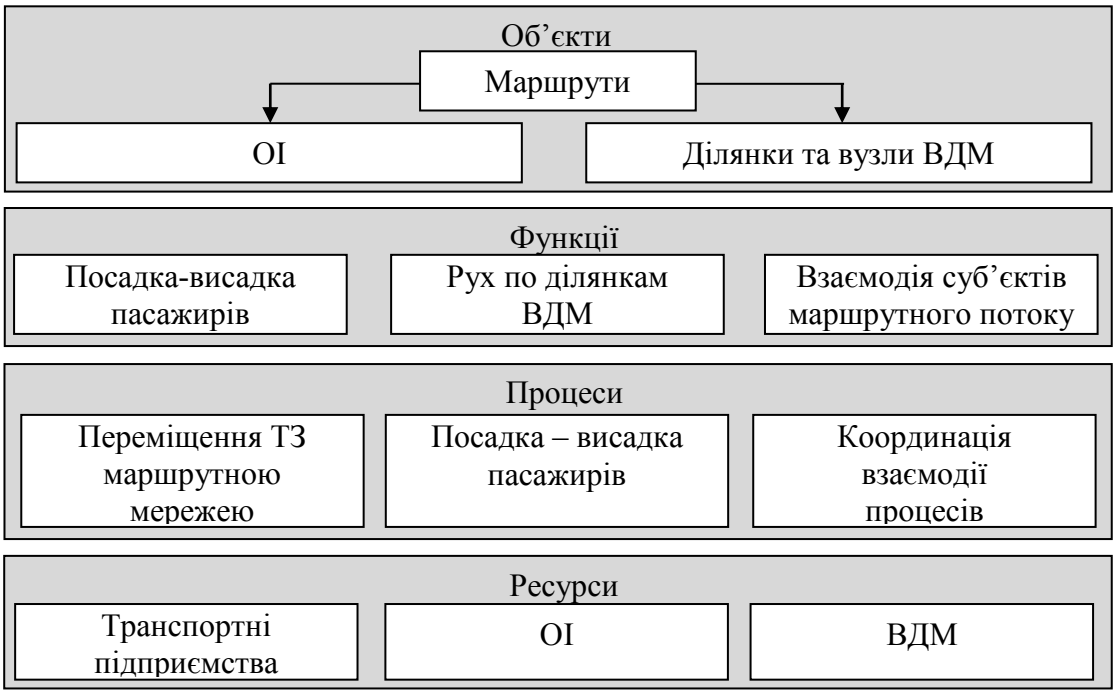


Рисунок 3.14 – Структура середовищ сервісно-ресурсної моделі МПТ

Після встановлення каталогу сервісів необхідно провести параметризацію функцій для визначених об’єктів. Структура показників оцінювання якості транспортного сервісу яка представлена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Показники оцінювання транспортного сервісу

Елемент	Показники оцінювання якості
Об’єкти	
Маршрути	Маркетингові (своєчасність, доступність, інформативність, комфортність), технологічні (час рейсу, час затримок), соціальні (обсяг екологічного забруднення, безпечність)
Зупинні пункти	Час простою ТЗ, час очікування пасажирами ТЗ
Ділянки та вузли транспортної мережі	Фактична швидкість руху, організованість руху
Функції	
Посадка/висадка пасажирів	Час посадки-висадки пасажирів
Рух по ділянкам та вузлам ВДМ	Час руху, час затримок
Взаємодія суб’єктів маршрутного потоку в ОІ	Час очікування пересадки

Топологічна схема сервісно-ресурсної моделі складається з вузлів та графів та має ієрархічну композицію. В якості вузлів топологічної схеми виступають об’єкти, а ребрами – сервісні, ресурсні та інформаційні зв’язки. Топологія моделі має трьохшаровий вигляд: граф нижнього шару описує ресурсні параметри, верхній – сервісні, проміжний – інформаційні. Міжрівневий перехід сервісно-ресурсного потоку відбувається через трансформаційні процеси, які перетворюють внутрішні ресурси у внутрішній результат, а при переході між рівнями відбувається трансформація у напрямку результат – ресурс. Результат отриманий на нижчому рівні використовується у якості ресурсу для вищого рівня. Візуалізація просторового графу сервісно-ресурсної моделі МПТ представлена на рисунку 3.15.

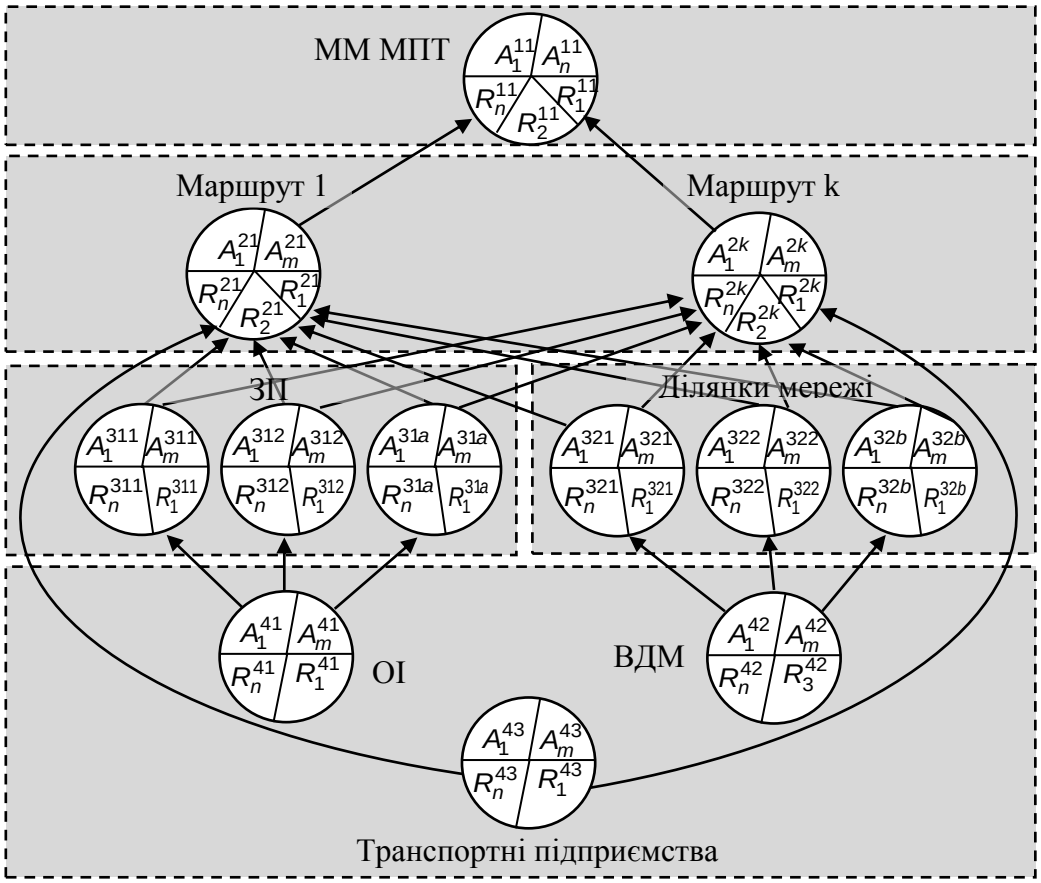


Рисунок 3.15 – Граф топологічної схеми сервісно-ресурсної моделі МПТ

Формування просторового графу передбачає використання наступних типових правил створення сервісно-ресурсних моделей [337]:

– проектування потрібно починати зверху – вниз (об’єкти – функції – процеси – ресурси) визначив при цьому логічні рівні моделі;

– зв’язки встановлюють лише між елементами, які здійснюють безпосередній вплив на сервісно-ресурсні параметри вищих елементів;

– між об’єктами моделі можуть бути лише ієрархічні зв’язки;

– розподілення функцій за об’єктами повинні відповідати їх технологічній структурі.

3.4.2 Параметризація сервісно-ресурсних потоків

Представлення складових частин сервісного та ресурсного потоків для виділених компонент моделі передбачає математичний опис параметрів та процедур їх трансформації. Опис базових ресурсів наведений у другому розділі та передбачає їх визначення виходячи з розрахунку кількісних характеристик джерел формування. Моделі переходу ресурсів у результат потребують аналітичного опису цих процесів. Оцінка сервісного потоку проводиться на основі опису якості функцій, які реалізуються в структурі технологічного середовища. Посадка/висадка пасажирів на ЗП характеризується тривалістю простою кожного окремого ТЗ та розраховується за формулою

$$t^{en-ex} = q^{ex} \cdot \overline{t_p^{ex}} + q^{en} \cdot \overline{t_p^{en}}, \qquad (3.24)$$

де q^{ex} – кількість пасажирів, що виходять з ТЗ, пас.;

$\overline{t_p^{ex}}$ – середній час висадки пасажира, хв;

q^{en} – кількість пасажирів, що входять у ТЗ, пас.;

$\overline{t_p^{en}}$ – середній час посадки пасажира, хв.

Загальний час простою ТЗ в ЗП

$$t^{dw} = t^{en-ex} + t^{mn} + t^{oc} + t^{ad} + t^{wq}, \qquad (3.25)$$

де t^{mn} – час маневрування ТЗ, хв;

t^{oc} – час відкриття-закриття дверей, хв;

t^{ad} – час додаткового сервісного простою, хв;

t^{wq} – час простою у черзі, хв.

Час простою ТЗ у черзі визначається рівнем ресурсного забезпечення ЗП та умовами координації руху. Час додаткового сервісного простою залежить від прийнятого керуючого впливу щодо організації руху ТЗ через ЗП.

На тривалість руху по ділянках мережі впливає значна кількість чинників. Огляд робіт присвячених дослідженню їх впливу, дозволив зробити висновок про доцільність використання локальної моделі, яка ґрунтується на описі зв'язку швидкості транспортного потоку з рівнем завантаження рухом. За таких умов час руху маршрутного ТЗ по ділянці мережі розраховується за формулою

$$t^{mv} = \frac{60 \cdot l^{mv}}{v_{fr}} \left[1 + \psi^{mv} \cdot \left(\frac{N^{mpt} + N^{it}}{P^{sv} \cdot k^{sv}} \right)^{\omega^{mv}} \right], \qquad (3.26)$$

де l^{mv} – довжина ділянки, км;

v_{fr} – швидкість вільного руху, км/год;

N^{mpt} – інтенсивність руху маршрутного транспорту, авт/год.;

N^{it} – інтенсивність руху немаршрутного транспорту, авт/год.;

P^{sv} – пропускна спроможність смуги руху, авт/год.;

k^{sv} – коефіцієнт багатосмуговості;

ψ^{mv}, ω^{mv} – калібрувальні коефіцієнти для ділянки мережі.

Час проїзду вузлів транспортної мережі виходячи з прийнятих допущень про можливість оцінювання впливу завантаження рухом визначається за залежністю

$$t^{nt} = t^{fnt}\left[1+\psi^{nt}\cdot\left(\frac{N^{mpt}+N^{it}}{P^{nt}}\right)^{\omega^{nt}}\right], \qquad (3.27)$$

де t^{fnt} – час проїзду вузла при вільних умовах руху, хв;

P^{nt} – пропускна спроможність транспортного вузла, авт/год.;

ψ^{mt}, ω^{mt} – калібрувальні коефіцієнти для транспортного вузла.

Час руху ТЗ по перегону маршруту

$$t^{hr} = \sum_{i=1}^{n_{hr}^{mv}} t_i^{mv} + \sum_{j=1}^{n_{hr}^{nt}} t_j^{nt}, \qquad (3.28)$$

де n_{hr}^{mv} – кількість ділянок мережі, які входять до перегону маршруту;

n_{hr}^{nt} – кількість вузлів мережі, які входять до перегону маршруту.

Час рейсу на маршруті

$$t^{r} = \sum_{i=1}^{n_r^{hr}} t_i^{hr} + \sum_{j=1}^{n_r^{ht}} t_j^{dw}, \qquad (3.29)$$

де n_r^{hr} – кількість перегонів маршруту;

n_r^{ht} – кількість ЗП маршруту.

Фактична провізна спроможність маршруту

$$V_r^{co} = \sum_{i=1}^{n_{br}^k} \frac{a_i^{br} \cdot q_i^b \cdot t_p}{t_{tr}^r}, \qquad (3.30)$$

де n_{br}^k – кількість моделей ТЗ на маршруті;

a_i^{br} – кількість ТЗ i-ї моделі на маршруті;

q_i^b – місткість ТЗ i-ї моделі, пас.;

t_p – тривалість періоду, год;

t_{tr}^r – час оборотного рейсу, год.

Час затримки рейсу визначається фактичними умовами реалізації технологічних операцій та відображає абсолютне відхилення його тривалості

$$t_{dl}^r = \sum_{i=1}^{n_r^{hr}} \left(\sum_{x=1}^{n_{hr}^{mv}} (t_{ix}^{mv} - \frac{l_{ix}^{mv}}{v_{ix}^{fr}}) + \sum_{y=1}^{n_{hr}^{nt}} (t_{iy}^{nt} - t_{iy}^{fnt}) \right) + \sum_{j=1}^{n_r^{ht}} (t_j^{ad} + t_j^{wq}). \qquad (3.31)$$

Абсолютне значення зниження провізної спроможності, яке виникає в наслідок затримок руху

$$V_{dl}^{co} = \sum_{i=1}^{n_{br}^k} \frac{a_i^{br} \cdot q_i^b \cdot t_n \cdot t_{trd}^r}{t_{tr}^r \cdot (t_{tr}^r - t_{trd}^r)}, \qquad (3.32)$$

де t_{trd}^r – час затримки оборотного рейсу, год.

Середній час очікування пасажиром ТЗ в пункті початку пересування

$$t_p^{wr} = \frac{t_{tr}^r}{2a_{lr}^{br}}, \qquad (3.33)$$

де a_{lr}^{br} – кількість ТЗ на маршруті.

Середній час очікування пересадки в ТПВ

$$t_p^{wt} = \frac{\sum_{i=1}^{q_{th}^t} (\tau_i^{ar} - \tau_i^{ad})}{q_{th}^t}, \quad (3.34)$$

де τ_i^{ar} – момент прибуття i-го пасажира в ТПВ;

τ_i^{dp} – момент виїзду i-го пасажира з ТПВ;

q_{th}^t – кількість пасажирів, що здійснюють пересадку в ТПВ, пас.

Фактична швидкість руху на ділянці ВДМ

$$v_{rt} = \frac{v_{fr}}{1 + \psi^{mv} \cdot \left(\frac{N^{mpt} + N^{it}}{P^{sv} \cdot k^{sv}} \right)^{\omega^{mv}}}. \quad (3.35)$$

Рівень організованості руху транспорту на ділянках ВДМ

$$A_{q_{og}}^t = 1 - \min\left(1; \psi^{mv} \cdot \left(\frac{N^{mpt} + N^{it}}{P^{sv} \cdot k^{sv}} \right)^{\omega^{mv}}\right). \quad (3.36)$$

На основі результативних характеристик функціональних об’єктів визначаються показники транспортного сервісу для маршрутів. Своєчасність транспортного сервісу на маршруті

$$a_u^{q_{tl}} = \frac{1}{\left(n_r^{rs}\right)^2} \cdot \sum_{i=1}^{n_r^{rs}} \left(1 - \frac{t_{dl_i}^r}{t_i^r - t_{dl_i}^r}\right) \cdot \sum_{i=1}^{n_r^{rs}} \frac{\sum_{j=1}^{n_r^{ht}} \left(1 - \frac{t_{dl_{ij}}^{wt}}{t_{p_{ij}}^{wt} - t_{dl_{ij}}^{wt}}\right)}{n_r^{sp}}, \quad (3.37)$$

де t_{dl}^{wt} – час затримок пасажирів при пересадці, год;

n_r^{rs} – кількість рейсів.

Доступність транспортного сервісу на маршруті

$$a_u^{q_{av}} = \frac{1}{\left(n_r^{rs}\right)^2} \cdot \sum_{i=1}^{n_r^{rs}} \left(1 - \max\left(0, \frac{t_{p_i}^{wr} - t_p^{mwr}}{t_p^{mwr}}\right)\right) \cdot \left(1 - \max\left(0, \frac{V_r^{dm} - V_r^{co}}{V_r^{dm}}\right)\right), \quad (3.38)$$

де t_p^{mwr} – максимально допустимий інтервал руху на маршруті, год;

n_r^{rs} – пасажиропотік на максимально завантаженій ділянці маршруту, пас/год.

Інформативність транспортного сервісу на маршруті

$$a_u^{q_{ie}} = \frac{1}{\left(n_r^{rs}\right)^2} \cdot \sum_{i=1}^{n_r^{rs}} \frac{\sum_{x=1}^{n_r^{hr}} \left(1 - \max\left(0, 1 - u_x^{th}\right)\right)}{n_r^{hr}} \cdot \sum_{i=1}^{n_r^{rs}} \frac{\sum_{y=1}^{n_r^{ht}} \left(1 - \max\left(0, \frac{t_{dl_{iy}}^r}{t_{da}^r - t_{dl_{iy}}^r}\right)\right)}{n_r^{ht}}, \quad (3.39)$$

де u_x^{th} – рівень наявності інформації про час прибуття ТЗ в x-й ЗП;

t_{da}^r – допустиме відхилення прибуття ТЗ в ЗП, год.

Комфортність транспортного сервісу на маршруті

$$a_u^{q_{cm}} = \frac{1}{\left(n_r^{rs}\right)^2} \cdot \sum_{i=1}^{n_r^{rs}} \frac{\sum_{x=1}^{n_r^{hr}} \left(1 - \max\left(0, 1 - \gamma_x^{ct}\right)\right)}{n_r^{hr}} \cdot \sum_{i=1}^{n_r^{rs}} \frac{\sum_{y=1}^{n_r^{ht}} \left(1 - \max\left(0, 1 - \gamma_{iy}^{ch}\right)\right)}{n_r^{ht}}, \quad (3.40)$$

де γ_x^{ct} – статичний коефіцієнт використання місткості ТЗ на x-му перегоні маршруту;

γ_{iy}^{ch} – статичний коефіцієнт використання місткості y-го ЗП.

На базі розробленої методики сервісно-ресурсної моделі МПТ у подальшому можливе проведення дослідження функціональних процесів взаємодії в ОІ. Використання сервісно-ресурсного моделювання для оцінки сталості ОІ передбачає реалізацію наступних етапів:

– визначення пропускної спроможності ЗП;

– розрахунок рівня завантаження та швидкості руху ТЗ по ділянках ВДМ якими проходять траси маршрутів;

– визначення часу перебування ТЗ в ЗП;

– розрахунок витрат часу пасажирів на здійснення операцій пов’язаних з реалізацією пересадочних операцій в ЗП;

– встановлення показників тривалості часу рейсу по маршрутам;

– визначення фактичних провізних можливостей маршрутів;

– розрахунок показників оцінки якості транспортного обслуговування пасажирів.

Вихідними даними для проведення моделювання є інформація про техніко-експлуатаційні показники маршрутів, кількість ТЗ по маршрутах та їх місткість, показники транспортного потоку по ВДМ, пасажиропотік на маршрутах та їх перерозподіл в ТПВ. В якості керованого впливу використовуються часові та організаційні елементи, що визначають умови взаємодії суб’єктів вхідного маршрутного потоку в ОІ.

3.5 Висновки за розділом 3

1. Виділені закономірності та принципи сталого розвитку МПТ відображають багатоаспектність формування його інтегральної ефективності через цільову спрямованість на забезпеченні умов стабілізації локальних технологічних процесів, раціоналізації витрат ресурсів та підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів.

2. Сформована загальна схема функціональної сталості ОІ МПТ, до складу якої входять параметричні простори сервісно-ресурсних показників внутрішніх

технологічних процесів відображає якісні властивості, що забезпечують збереження під час впливів протягом тривалого періоду, їх рівноважного гомеостатичного стану, структури та стабільності.

3. Рівень функціональної сталості ОІ МПТ встановлюються поточним станом суб'єктів взаємодії, що визначається через оцінювання ймовірності її дестабілізації, яка залежить від структурної забезпеченості ресурсних можливостей ЗП та рівня організованості процесів.

4. Визначення раціональних параметрів вхідного в ОІ маршрутного потоку реалізується на основі сервісно-ресурсного моделювання МПТ, яке є ефективним інструментом проектування багаторівневих технологічних процесів, стратегічного та оперативного управління.

Основні результати дослідження по даному розділу опубліковані в роботах [3, 11, 12, 15, 16, 17, 44].

4 МЕТОДОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ СУБ'ЄКТІВ МАРШРУТНОГО ПОТОКУ МПТ В ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛАХ

4.1 Структура конфігураційних елементів моделі ТПВ

Дослідження характеристик процесу функціонування ТПВ передбачає створення моделі, яка будується, виходячи з наявної вихідної інформації. Змістовний опис елементів являє собою перший крок, в якому треба чітко викласти закономірності, характерні для досліджуваного процесу та сформувати постановку прикладної задачі. Змістовний опис містить відомості про фізичну природу та кількісні характеристики процесів досліджуваного об'єкту, про ступінь і характер взаємодії між ними, про місце і призначення кожної операції в процесі функціонування ТПВ. Під компонентами моделі розуміються складові частини, які при відповідному об'єднанні утворюють систему, що володіє властивостями об'єкту дослідження.

Технологічну взаємодію МПТ в ТПВ можна представити у вигляді структурної моделі, яка складається зі сукупності елементів, суб'єктів взаємодії та контуру їх взаємозв'язків. Узагальнена територіальна компоновка ТПВ представлена зонами обслуговування безрельсового та рельсового транспорту, в яких розташовані сукупності зупинних пунктів (SP_n), станцій міського транспорту позаземного сполучення (SB), станцій внеміського сполучення (ET). Кожен ЗП наземного транспорту має відповідну кількість постів обслуговування (n_{sp}), де одночасно можуть знаходитися ТЗ. До зони обслуговування наземного транспорту прибувають ТЗ відповідних маршрутів МПТ (r_n), які розглядаються в якості суб'єктів вхідного маршрутного потоку. Кожне прибуття ТЗ в ЗП ТПВ характеризується сукупністю параметрів (Pv^r) які визначають тривалість технологічного простою

$$Pv_i^r = \left\{ q_{en_i}, \gamma_{en_i}, p_{en-ex_i}, t^p_{en-ex_i} \right\}, \quad (4.1)$$

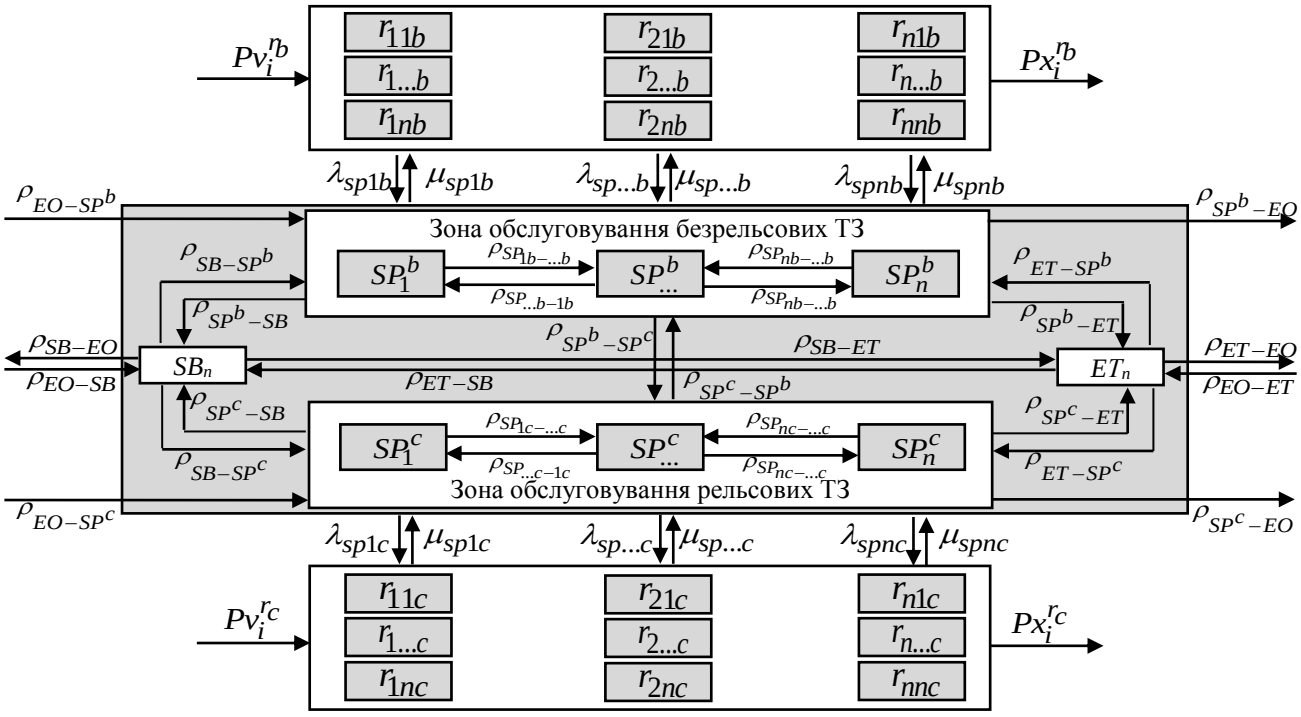
де q_{en_i} – місткість ТЗ, пас.;

γ_{en_i} – рівень наповнення ТЗ;

p_{en-ex_i} – пасажирообмін ТЗ в ТПВ, пас.;

$t^p_{en-ex_i}$ – середній час посадки (висадки) пасажира, с.

Після завершення технологічних операцій ТЗ виїжджають з ТПВ з відповідним рівнем заповнення (γ_{ex}), який сформований на основі пасажирообміну в ТПВ. Контур функціональних зв'язків моделі ТПВ представлений на рисунку 4.1.



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; $\rho_{SP_{1b}-...b}$ – потік пасажирів

Рисунок 4.1 – Контур функціональних зв'язків моделі ТПВ

Абсолютним показником якісної оцінки задоволення потреб пов'язаних з посадкою, висадкою та пересадкою між маршрутами в періоді t є середній час знаходження пасажира в ТПВ

$$\overline{t_{th}}(t)=\frac{\sum\limits_{a=1}^{r_{th}}\sum\limits_{b=1}^{r_{th}}Q^{tr}_{a-b}(t)\cdot\overline{t^{tr}_{a-b}}(t)+\sum\limits_{c=1}^{e_{nt}}\sum\limits_{d=1}^{r_{th}}Q^{s}_{c-d}(t)\cdot\overline{t^{s}_{c-d}}(t)+\sum\limits_{e=1}^{r_{th}}\sum\limits_{g=1}^{e_{xt}}Q^{f}_{e-g}(t)\cdot\overline{t^{f}_{e-g}}(t)}{\sum\limits_{a=1}^{r_{th}}\sum\limits_{b=1}^{r_{th}}Q^{tr}_{a-b}(t)+\sum\limits_{c=1}^{e_{nt}}\sum\limits_{d=1}^{r_{th}}Q^{s}_{c-d}(t)+\sum\limits_{e=1}^{r_{th}}\sum\limits_{g=1}^{e_{xt}}Q^{f}_{e-g}(t)},\quad (4.1)$$

де $Q^{tr}_{a-b}(t)$ – обсяг внутрішніх пересадок пасажирів між маршрутами $a-b$, пас.;

$Q^{s}_{c-d}(t)$ – обсяг початкових поїздок пасажирів на маршруті d які прибули в ТПВ через зовнішній вхідний пункт c, пас.;

$Q^{f}_{e-g}(t)$ – обсяг кінцевих поїздок пасажирів на маршруті e які вибули з ТПВ через зовнішній вихідний пункт g, пас.;

$\overline{t^{tr}_{a-b}}(t)$ – середній час внутрішніх пересадок пасажирів між маршрутами пересадки $a-b$, с;

$\overline{t^{s}_{c-d}}(t)$ – середній час знаходження в ТПВ при реалізації початкових поїздок пасажирів на маршруті d які прибули через вхідний пункт c, с;

$\overline{t^{f}_{e-g}}(t)$ – середній час кінцевих поїздок пасажирів на маршруті g які вибули з ТПВ через вихідний пункт e, пас.;

r_{th} – кількість маршрутів у ТПВ;

e_{nt} – кількість вхідних пунктів у ТПВ;

e_{xt} – кількість вихідних пунктів у ТПВ.

В залежності від розподілу маршрутів між ЗП, в них формуються відповідні пред'явлені сумарні маршрутні потоки (λ^{t}_{sp}). Основною

характеристикою пред'явленого маршрутного потоку в ЗП у періоді t є сумарна тривалість технологічного простою ТЗ

$$\lambda_{sp}^{t}(t) = \sum_{i=1}^{k_r^{sp}(t)} t_{ar_i}^{t}, \tag{4.2}$$

де $t_{ar_i}^{t}$ – час технологічного простою ТЗ у ЗП, с.;

$k_r^{sp}(t)$ – кількість рейсів, що прибувають у ЗП протягом періоду *t*.

В якості обслуговуючого потоку ЗП (μ_{sp}^{t}) виступає його пропускна спроможність, яка визначається кількістю постів обслуговування та тривалістю періоду t. Співвідношення потоку замовлень до пропозиції визначає плановий рівень завантаження ЗП

$$\rho_{sp}^{p}(t) = \frac{\lambda_{sp}^{t}(t)}{n_{sp} \cdot t}. \tag{4.3}$$

Рівень резерву пропускної спроможності ЗП визначається коефіцієнтом

$$k_{sp}^{r}(t) = 1 - \frac{\lambda_{sp}^{t}(t)}{n_{sp} \cdot t}. \tag{4.4}$$

Під час реалізації технологічних процесів в межах ТПВ відбувається переміщення пасажирів між наступними напрямками: маршрутами сполучених видів наземного транспорту; різними видами наземного транспорту; транспортом позаземного та наземного сполучення; зовнішньоміським та транспортом позаземного сполучення; зовнішньоміським та міським наземним транспортом; транспорт – зовнішні об'єкти тяжіння.

Виходячи зі складу структурної моделі ТПВ, базовим типовим функціональним елементом є зупинні пункти. Функціонування ТПВ

характеризується зміною стану суб'єктів маршрутного потоку у часі та описується її хронологічною послідовністю. Загальний період добової роботи ТПВ складається з сукупності періодів t, в межах яких спостерігається однотипні умови реалізації технологічних операцій. Характеристичною складовою періоду t є моменти часу τ які є його найменшою неподільною частиною. Для опису динаміки зміни стану суб'єктів взаємодії у часі використовується матрична форма, в якій відповідні параметри представляються у вигляді масиву моментних значень x_τ у періоді t. Сукупність вимог до технологічного простою ТЗ в ЗП у відповідні моменти часу формує загальний масив пред'явлених потреб

$$D_r(t) = \begin{bmatrix} d_{r1i}^{\tau_1} & d_{r\dots i}^{\tau_1} & d_{rki}^{\tau_1} \\ d_{r1i}^{\tau_2} & d_{r\dots i}^{\tau_2} & d_{rki}^{\tau_2} \\ d_{r1i}^{\tau\dots} & d_{r\dots i}^{\tau\dots} & d_{rki}^{\tau\dots} \\ d_{r1i}^{\tau_n} & d_{r\dots i}^{\tau_n} & d_{rki}^{\tau_n} \end{bmatrix}, \qquad (4.5)$$

де $d_{rki}^{\tau_1}$ – пред'явлена потреба на технологічний простій ТЗ в ЗП i-го рейсу k-го маршруту в момент часу τ_1.

Вертикальна розмірність масиву D_r визначається загальною кількістю моментів часу в періоді t, горизонтальна – кількістю маршрутів, які закріплені за ЗП. Процедура встановлення типу операції, яка відбувається в ЗП передбачає фіксацію у кожен момент часу τ відповідного терму приналежності з сукупності базових дій (маневрування, висадка, посадка, сервісний прості, очікування у черзі). Порядок виконання технологічних операцій встановлюється приналежністю маршрутів до відповідних ЗП та порядком прибуття ТЗ. В залежності від типу операцій, які відбуваються з ТЗ у момент часу τ, визначається масив операцій

$$O_r(t) = \begin{bmatrix} o_{r1i}^{\tau_1} & o_{r\ldots i}^{\tau_1} & o_{rk_i}^{\tau_1} \\ o_{r1i}^{\tau_2} & o_{r\ldots i}^{\tau_2} & o_{rk_i}^{\tau_2} \\ o_{r1i}^{\tau_\ldots} & o_{r\ldots i}^{\tau_\ldots} & o_{rki}^{\tau_\ldots} \\ o_{r1i}^{\tau_n} & o_{r\ldots i}^{\tau_n} & o_{rki}^{\tau_n} \end{bmatrix}, \quad (4.6)$$

де $o_{rki}^{\tau_1}$ – терм приналежності до виконання відповідної технологічної операції з ТЗ i-го рейсу k-го маршруту в момент часу τ_1.

Зміна стану суб'єктів маршрутного потоку відбувається через виникнення в територіальних межах ЗП конфліктної ситуації. Відповідно до умов стабілізації ОІ, можна виділити наступні базові типи станів, які можуть виникнути при прибутті ТЗ: безконфліктний (стаціонарний), конфліктний (дефектний). Конфліктний стан за своїми наслідками розподіляється на: допустимий (рівень негативних наслідків поглинається резервами провізних можливостей маршрутів та пропускної спроможності ВДМ), недопустимий (рівень негативних наслідків потребує залучення додаткових ресурсів ММ та ВДМ). Передумовами виникнення конфліктних ситуацій у ЗП є: керовані чинники (нераціональний розподіл маршрутів між ЗП ТПВ), некеровані чинники (коливання рейсового пасажирообміну, рівень заповнення ТЗ, випадковий характер зміни інтервалу прибуття ТЗ).

В залежності від наявності конфліктної ситуації у момент прибуття ТЗ, визначається масив станів суб'єктів вхідного маршрутного потоку

$$S_r(t) = \begin{bmatrix} s_{r1}^{\tau_1} & s_{r\ldots}^{\tau_1} & s_{rk}^{\tau_1} \\ s_{r1}^{\tau_2} & s_{r\ldots}^{\tau_2} & s_{rk}^{\tau_2} \\ s_{r1}^{\tau_\ldots} & s_{r\ldots}^{\tau_\ldots} & s_{rk}^{\tau_\ldots} \\ s_{r1}^{\tau_n} & s_{r\ldots}^{\tau_n} & s_{rk}^{\tau_n} \end{bmatrix}, \quad (4.7)$$

де $S_{rk}^{\tau_1}$ – стан ТЗ рейсу k-го маршруту в момент часу τ_1.

Кількість ТЗ, що знаходяться в ЗП під технологічним простоєм, визначається виходячи з номінальної місткості (допустимої кількості ТЗ для одночасного перебування) та представляється у вигляді одномірного масиву

$$N_{sp_s}(t) = \begin{bmatrix} n_{sp_s}^{\tau 1} \\ n_{sp_s}^{\tau 2} \\ n_{sp_s}^{\tau ...} \\ n_{sp_s}^{\tau n} \end{bmatrix}, \quad (4.8)$$

де $n_{sp_s}^{\tau 1}$ – кількість ТЗ, що знаходяться в стані технологічного простою в ЗП в момент часу τ_1.

Масив кількості ТЗ, що знаходяться у черзі

$$N_{sp_q}(t) = \begin{bmatrix} n_{sp_q}^{\tau 1} \\ n_{sp_q}^{\tau 2} \\ n_{sp_q}^{\tau ...} \\ n_{sp_q}^{\tau n} \end{bmatrix}, \quad (4.9)$$

де $n_{sp_q}^{\tau_1}$ – кількість ТЗ, що знаходяться у черзі в зоні ЗП в момент часу τ_1.

$$n_{sp_q}^{\tau_i} = \max(0; n_{sp_l}^{\tau_i} - n_{sp_s}^{\tau_i}), i = (\overline{1,t}), \quad (4.10)$$

де $n_{sp_l}^{\tau_i}$ – кількість ТЗ, що знаходяться у ЗП в момент часу τ_i.

Загальний час перебування ТЗ у черзі визначається виходячи з сумарної тривалості моментів конфліктних станів маршрутів

$$T_{rsp}^{st}(t) = \sum_{i=1}^{r_{sp}} \sum_{j=1}^{t} \tau_{st_{ij}}^{r}, \qquad (4.11)$$

де $\tau_{st_{ij}}^{r}$ – приналежність j-го моменту часу i-го маршруту до конфліктного стану;

r_{sp} – кількість маршрутів, що проходять через ЗП.

Питома вага часу черги ТЗ в ЗП

$$\rho_{sp}^{q}(t) = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^{t} (1 : n_{sp_q}^{\tau_i} > 0; 0 : n_{sp_q}^{\tau_i} \le 0). \qquad (4.12)$$

Час тривалості конфліктних ситуацій в зоні ЗП

$$t_{sp}^{l}(t) = \sum_{i=1}^{t} \max(0, n_{sp_a}^{\tau_i} - (n_{sp} - n_{sp_s}^{\tau_i})), \qquad (4.13)$$

де $n_{sp_a}^{\tau_i}$ – кількість ТЗ, що прибувають у ЗП в момент часу τ_i;

$n_{sp_s}^{\tau_i}$ – кількість ТЗ, що знаходяться в стані технологічного простою в момент часу τ_i.

Складовою частиною функціональної сталості ТПВ є забезпечення відповідного рівня якості транспортних послуг. Визначальним чинником оцінювання якості транспортного обслуговування пасажирів є фактичний час перебування пасажирів у ТПВ та обсяг їх переміщення. Внутрішні потоки пасажирів встановлюються на основі їх міжмаршрутного розподілу

$$\rho_{sp_i - sp_j}(t) = \sum_{x=1}^{r_{th}} \sum_{y=1}^{r_{th}} Q_{r_x - r_y}(t), \qquad (4.14)$$

де $Q_{r_x - r_y}$ – обсяг переміщень між маршрутами, пас.

На основі розрахунку обсягів формування пасажирів у ЗП визначається масив накопичених вимог

$$Q_r^p(t) = \begin{bmatrix} q_{r1}^{\tau 1} & q_{r\ldots}^{\tau 1} & q_{rk}^{\tau 1} \\ q_{r1}^{\tau 2} & q_{r\ldots}^{\tau 2} & q_{rk}^{\tau 2} \\ q_{r}^{\tau \ldots} & q_{r\ldots}^{\tau \ldots} & q_{rk}^{\tau \ldots} \\ q_{r1}^{\tau n} & q_{r\ldots}^{\tau n} & q_{rk}^{\tau n} \end{bmatrix}, \quad (4.15)$$

де $q_{rk}^{\tau_1}$ – кількість пасажирів k-го маршруту, що знаходяться в зоні ЗП в момент часу τ_1.

На основі оцінювання співвідношення наявної провізної можливості ТЗ на маршруті та обсягу пасажирів в ЗП, визначається рівень задоволення пред'явлених вимог

$$\varphi_{dp_{rk}}^{rs_i} = \max(1; \frac{q_{en_r} \cdot (\gamma_{al_i} - \gamma_{en_i}) - p_{en_i}}{q_{r_i}^{\tau_j}}), \quad (4.16)$$

де γ_{al_i} – допустимий рівень використання місткості ТЗ;

p_{en_i} – кількість пасажирів, що вийшли з ТЗ, пас.;

$q_{r_i}^{\tau_j}$ – обсяг пасажирів на ЗП в момент відправлення ТЗ τ_j, пас.

Рівень наповнення ТЗ при виїзді з ТПВ визначається пасажирообміном реалізованим в ЗП

$$\gamma_{ex_i} = \frac{q_{en_i} \cdot \gamma_{en_i} - p_{en_i} + q_{r_i}^{\tau j} \cdot \varphi_{dp_{rk}}^{rs_i}}{q_{en_r}}. \quad (4.17)$$

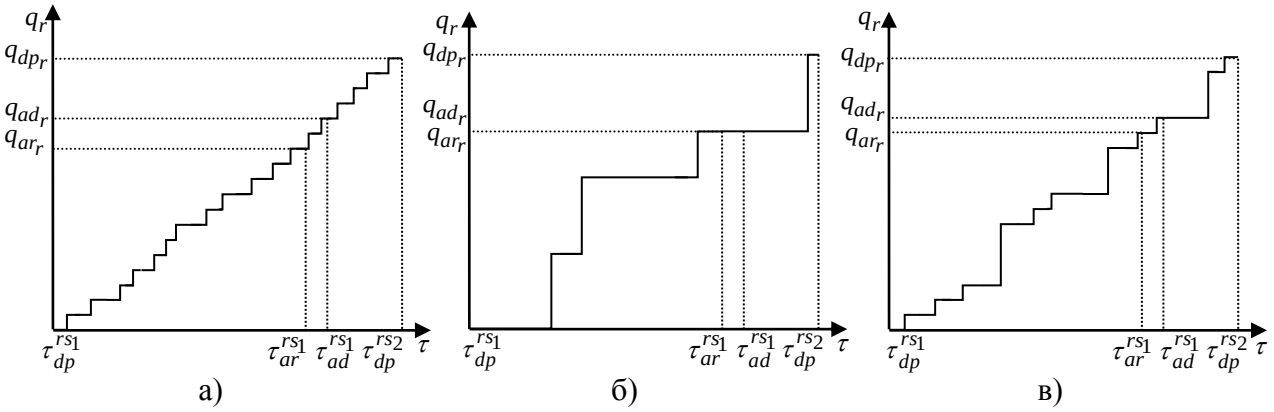
Результатом проведення розрахункової процедури є визначення складових елементів кожного масиву, які за своїм змістом описують параметри станів суб'єктів маршрутного потоку, ЗП та пасажиропотоків у відповідні моменти часу τ, які є складовими частинами періоду t. Часові параметри формування розрахункових масивів визначаються умовами реалізації технологічних операцій в ЗП. Для їх розрахунку використовуються просторово-часові моделі, які описують складові процесу перебування ТЗ в ТПВ.

4.2 Моделювання розподілу пасажирів між суб'єктами маршрутного потоку

Важливим елементом взаємодії пасажирів з суб'єктами маршрутного потоку є кількісні та часові параметри формування попиту в ЗП. Характерною особливістю існуючих досліджень процесу формування пасажирів в ЗП є його представлення у вигляді найпростішого ординарного потоку. Такі умови відповідають реальності за умов відсутності міжмаршрутних пересадок пасажирів. При дослідженні ТПВ виникає необхідність обліку особливостей формування пасажирів у ЗП з урахуванням міжмаршрутних пересадок та часових параметрів перебування ТЗ у ТПВ.

Моделювання переміщень пасажирів представляється у вигляді двоетапної процедури. На першому кроці, у відповідні моменти часу визначаються накопичені в ЗП обсяги пасажирів, а на другому – їх подальший розподіл між ТЗ. Вплив на обсяг накопичення пасажирів у ЗП оказують часові параметри вхідного маршрутного потоку. Рух ТЗ через ЗП характеризується моментами початку (τ_{ar}^{rs}) та закінчення простою ТЗ (τ_{dp}^{rs}). Міжрейсовий інтервал ($I^{rs_{i-(i+1)}}$) визначається виходячи з різниці часу між прибуттям наступного ($\tau_{ar}^{rs_{i+1}}$) та відправленням попереднього ТЗ ($\tau_{dp}^{rs_i}$). Окремо визначається маршрутний міжрейсовий інтервал ($I_r^{rs_{i-(i+1)}}$) та зупинний

($I_{sp}^{rs_{i-(i+1)}}$). За період $\tau_{dp}^{rs_{i-1}} - \tau_{ar}^{rs_i}$ між відправленням рейсу rs_{i-1} та прибуттям рейсу rs_i, формується обсяг пасажирів $q_r(\tau_{dp}^{rs_{i-1}} - \tau_{ar}^{rs_i})$. Під час простою ТЗ в періоді $\tau_{ar}^{rs_i} - \tau_{dp}^{rs_i}$ до ЗП підходять пасажири в обсязі $q_r(\tau_{ar}^{rs_i} - \tau_{dp}^{rs_i})$, які можуть скористатися ТЗ, що знаходиться в ЗП. Цей обсяг може бути розподілений на дві частини: кількість пасажирів, що підійшли під час технологічного простою ($q_r(\tau_{ar}^{rs_i} - \tau_{ad}^{rs_i})$) та під час додаткового сервісного простою ($q_r(\tau_{ad}^{rs_i} - \tau_{dp}^{rs_i})$). Загальний накопичений обсяг пасажирів у ЗП в періодах міжрейсового інтервалу формується за рахунок пасажирів, що підходять з прилеглих територій (початкові поїздки) та з ТЗ, що прибувають у ТПВ (транзитні поїздки). На рисунку 4.2 наведене графічне представлення накопичення обсягу пасажирів для різних типів поїздок.



а – початкові поїздки; б – транзитні поїздки; в – комбіновані поїздки

Рисунок 4.2 – Графічне представлення накопичення пасажирів у ЗП

Враховуючи, що вхідний у ТПВ пасажиропотік, який формується з прилеглої території є ординарним стаціонарним потоком, то час прибуття пасажира встановлюється виходячи з інтервалу між підходом пасажирів

$$\tau_{sp_i}^{ps} = \tau_{sp_{i-1}}^{ps} + I_{sp_{i-(i-1)}}^{ps}. \qquad (4.18)$$

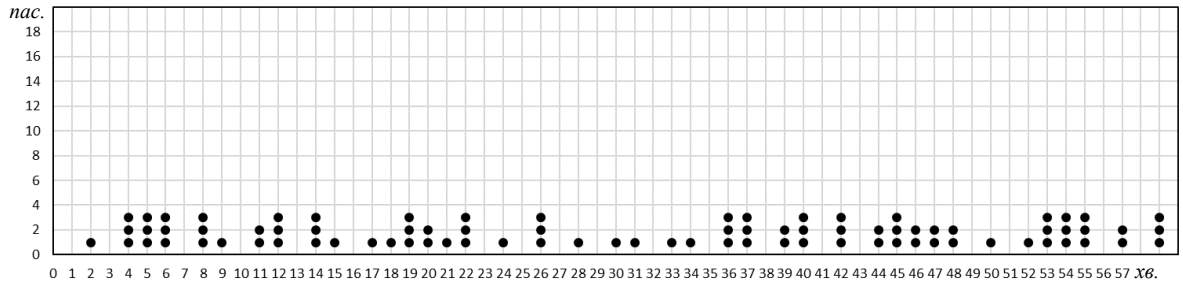
$$I^{ps}_{sp_{i-(i-1)}} = -\frac{1}{\lambda^{ps}_{sp}} \cdot \ln(a_{rnd}), \qquad (4.19)$$

де $I^{ps}_{sp_{i-(i-1)}}$ – інтервал між підходом пасажирів, с;

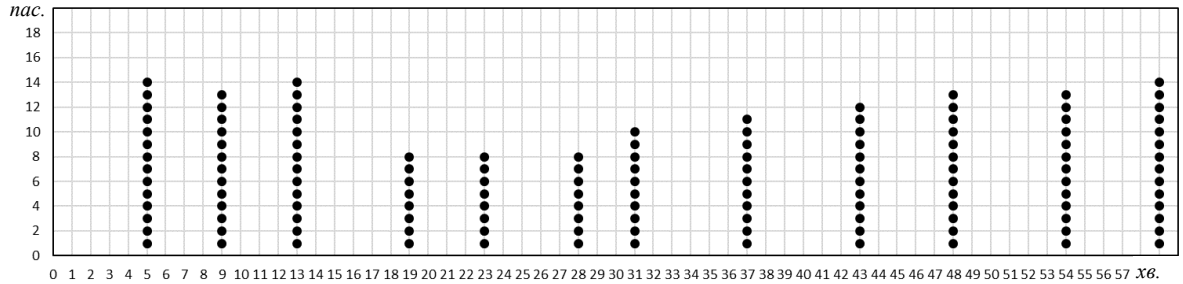
λ^{ps}_{sp} – інтенсивність підходу пасажирів у ЗП, пас/с.;

a_{rnd} – випадкове число від 0 до 1 розподілене за нормальним законом.

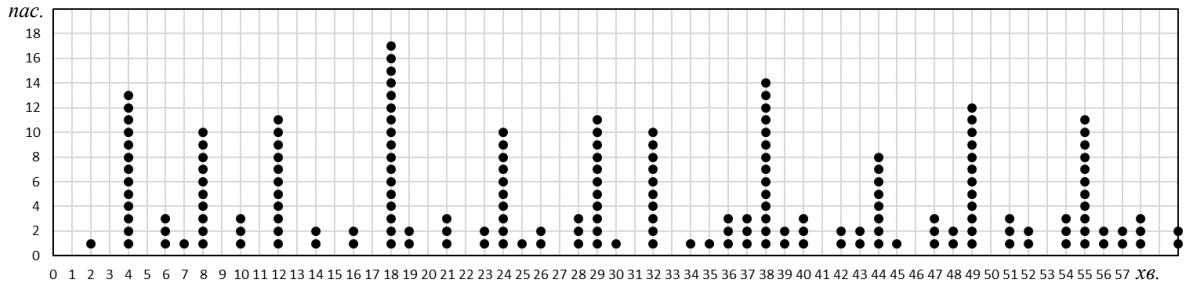
На рисунку 4.3 представлені результати натурних спостережень за динамікою прибуття пасажирів (з 7 до 8 години). Наведені графіки наочно ілюструють основні закономірності формування прибуття пасажирів до ЗП.



а)



б)



в)

а – початкові поїздки (ЗП «м/н Східна Салтівка»); б – транзитні поїздки (ЗП «ст. м. Студентська»); в – комбіновані поїздки (ЗП «ст. м. Героїв Праці»)

Рисунок 4.3 – Графічне представлення динаміки прибуття пасажирів у ЗП

Обсяг пасажирів, що прибувають з інших маршрутів для пересадки визначається виходячи з моменту прибуття ТЗ та часу переходу між ЗП

$$\tau^{pt}_{sp_{i-j}} = \tau^{t}_{sp_i} + t^{p}_{sp_{i-j}}, \tag{4.20}$$

де $\tau^{t}_{sp_i}$ – момент прибуття ТЗ, с.;

$t^{p}_{sp_{i-j}}$ – час переходу між ЗП маршрутів $i - j$, с.

Обсяг пасажирів, що підійшли до ЗП з прилеглих територій за період міжрейсового інтервалу

$$q^{st}_{sp}(\tau_i - \tau_j) = \sum_{c=\tau_i}^{\tau_j} q^{st}_{sp}(\tau_c), \tag{4.21}$$

де $q^{st}_{sp}(\tau_c)$ – кількість пасажирів, що підійшли до ЗП у момент τ, пас.

Обсяг пасажирів, що прибувають з інших маршрутів, визначається пасажирообміном ТЗ та матрицею розподілу пасажиропотоків, яка відображає питому вагу переміщень пасажирів між ЗП (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Матриця розподілу питомої ваги пересадок

			Номер ЗП відправлення					
			Прямий напрямок			Зворотний напрямок		
			SP_1^{dr}	$SP_{...}^{dr}$	$SP_{...}^{dr}$	SP_1^{rv}	$SP_{...}^{rv}$	SP_n^{rv}
Маршрут прибуття	Прямий напрямок	r_1	$\rho_{r_1-SP_1^{dr}}$	$\rho_{r_1-SP_{...}^{dr}}$	$\rho_{r_1-SP_n^{dr}}$	$\rho_{r_1-SP_1^{rv}}$	$\rho_{r_1-SP_{...}^{rv}}$	$\rho_{r_1-SP_{...}^{rv}}$
		$r_{...}$	$\rho_{r_{...}-SP_1^{dr}}$	$\rho_{r_{...}-SP_{...}^{dr}}$	$\rho_{r_{...}-SP_n^{dr}}$	$\rho_{r_{...}-SP_1^{rv}}$	$\rho_{r_{...}-SP_{...}^{rv}}$	$\rho_{r_{...}-SP_{...}^{rv}}$
		r_k	$\rho_{r_k-SP_1^{dr}}$	$\rho_{r_k-SP_{...}^{dr}}$	$\rho_{r_k-SP_n^{dr}}$	$\rho_{r_k-SP_1^{rv}}$	$\rho_{r_k-SP_{...}^{rv}}$	$\rho_{r_k-SP_{...}^{rv}}$
	Зворотний напрямок	r_1	$\rho_{r_1-SP_1^{dr}}$	$\rho_{r_1-SP_{...}^{dr}}$	$\rho_{r_1-SP_n^{dr}}$	$\rho_{r_1-SP_1^{rv}}$	$\rho_{r_1-SP_{...}^{rv}}$	$\rho_{r_1-SP_{...}^{rv}}$
		$r_{...}$	$\rho_{r_{...}-SP_1^{dr}}$	$\rho_{r_{...}-SP_{...}^{dr}}$	$\rho_{r_{...}-SP_n^{dr}}$	$\rho_{r_{...}-SP_1^{rv}}$	$\rho_{r_{...}-SP_{...}^{rv}}$	$\rho_{r_{...}-SP_{...}^{rv}}$
		r_k	$\rho_{r_k-SP_1^{dr}}$	$\rho_{r_k-SP_{...}^{dr}}$	$\rho_{r_k-SP_n^{dr}}$	$\rho_{r_k-SP_1^{rv}}$	$\rho_{r_k-SP_{...}^{rv}}$	$\rho_{r_k-SP_{...}^{rv}}$

В залежності від вибору маршруту, пасажири, що знаходяться в ЗП, розподіляються на три категорії: обирають для реалізації пересувань тільки один маршрут (q_r^o), можуть використовувати будь-який маршрут (q_r^a), обирають з допустимого переліку маршрутів (q_r^s). Процедура розподілу між маршрутами може бути представлена у вигляді графу (рис. 4.4).

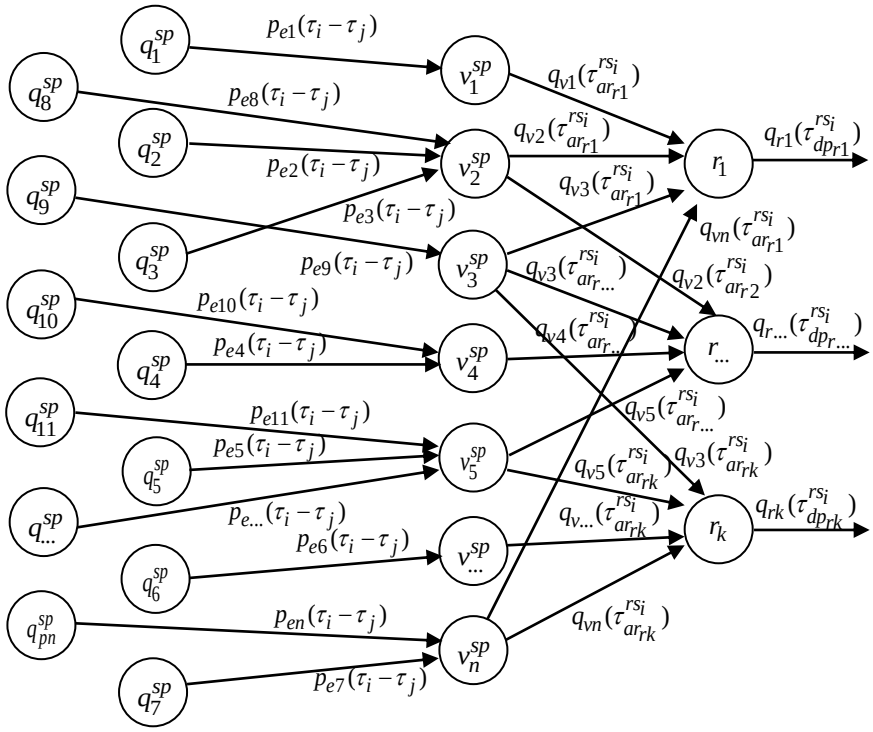


Рисунок 4.4 – Граф розподілу відправлення пасажирів між маршрутами

Обсяг прибуття пасажирів в ЗП з інших ТЗ у момент часу τ

$$q_{sp_j}^{tr}(\tau) = p_{ex_i}^{r_k}(\tau - t_{sp_{i-j}}^{p}) \cdot \rho_{r_k - j}, \tag{4.22}$$

де $p_{ex_i}^{r_k}(\tau - t_{sp_{i-j}}^{p})$ – обсяг пасажирів, що виходять з ТЗ i-го рейсу маршруту r_k в момент часу $(\tau - t_{sp_{i-j}}^{p})$, пас.;

$\rho_{r_k - j}$ – питома вага пасажирів, що переміщуються з i-го рейсу маршруту r_k в j-й ЗП.

Загальний обсяг пасажирів накопичених у ЗП за період міжрейсового інтервалу та часу простою ТЗ

$$q^{a}_{sp}(\tau_i - \tau_j) = \sum_{c=\tau_i}^{\tau_j} q^{st}_{sp_j}(\tau_c) + \sum_{c=\tau_i}^{\tau_j} q^{tr}_{sp_j}(\tau_c). \qquad (4.23)$$

Розподіл пасажирів між маршрутами передбачає визначення набору допустимих варіантів реалізації відправлень (v^{sp}_n) та визначення їх вибору кожним пасажиром. Збіг вибору пасажирами варіанта відправлення формує загальний обсяг $q_{vn}(\tau_i)$. В залежності від закріплення варіанта відправлення за маршрутами, в ЗП відбувається формування пред'явленого обсягу $q_{rk}(\tau_i)$. Процес розподілу пасажирів за варіантами відбувається в міжрейсовому періоді $(\tau_i - \tau_j)$, у момент прибуття $\tau^{rs_i}_{ar_{rk}}$ відбувається розподіл накопиченого обсягу між відповідними маршрутами. З урахуванням рівня заповнення ТЗ та пасажирообміну в ЗП, визначається обсяг відправлень за маршрутами $q^{en}_{rk}(\tau^{rs_i}_{dp_{rk}})$. Обсяг відправлення пасажирів в ТЗ розраховується на основі питомої ваги варіанта вибору відправлення з урахуванням кількості вільних місць

$$q^{en}_{rk}(\tau^{rs_i}_{dp_{rk}}) = \left(\varphi^{rs_{i-1}}_{dp_{rk}} \cdot q^{en}_{rk}(\tau^{rs_{i-1}}_{dp_{rk}}) + \sum_{x=1}^{v^{sp}_{rk}} q^{a}_{sp}(\tau_i - \tau_j) \cdot \rho^{x}_{v^{sp}_n} \right) \cdot \varphi^{rs_i}_{dp_{rk}}, \qquad (4.24)$$

де $\varphi^{rs_{i-1}}_{dp_{rk}}$ – рівень задоволення пасажирів у відправленні рейсом rs_{i-1};

$\rho^{x}_{v^{sp}_n}$ – питома вага вибору варіанта відправлення v^{sp}_n;

v^{sp}_{rk} – кількість варіантів відправлення які можуть бути реалізовані маршрутом r_k.

Графічне представлення процесу накопичення та розподілу пасажирів між маршрутами представлене на рис. 4.5.

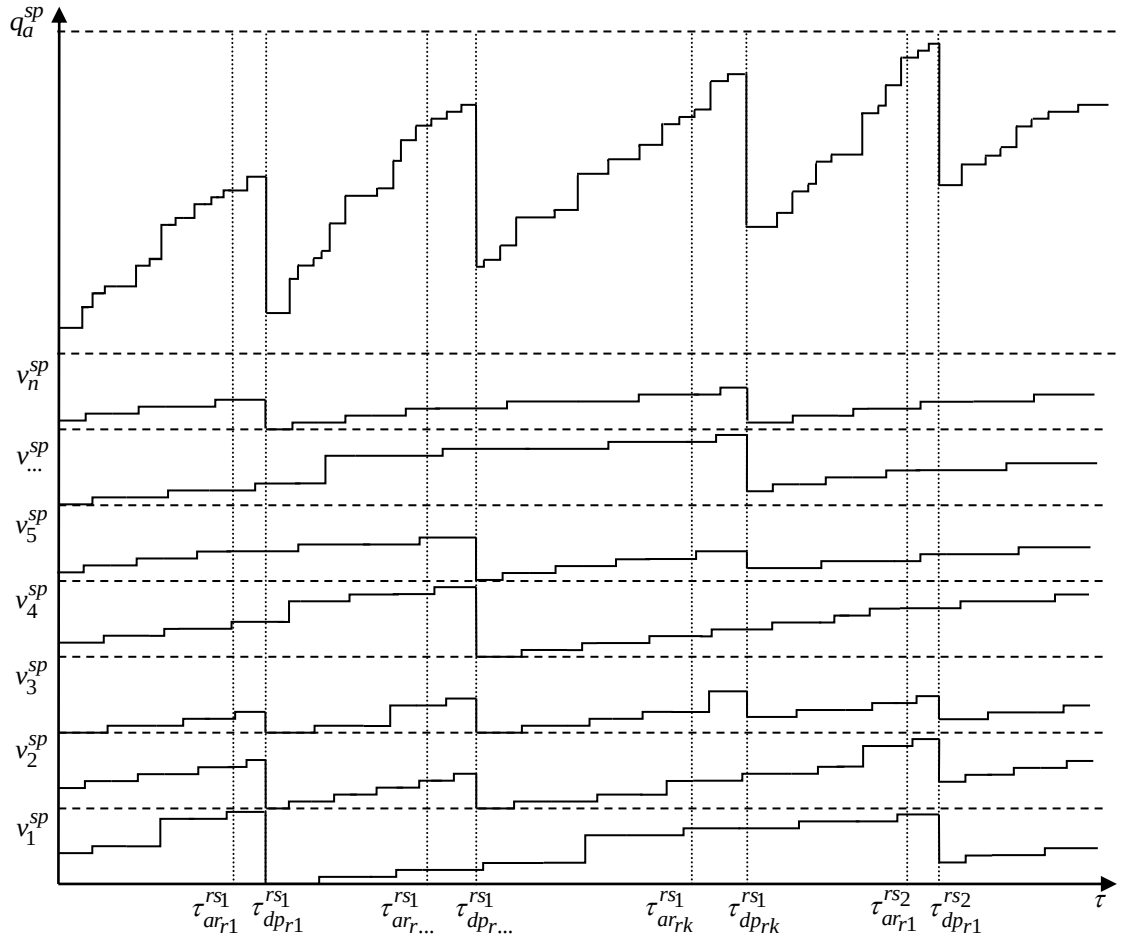


Рисунок 4.5 – Графічне представлення зміни обсягу пасажирів у ЗП

Ілюстрація процесу формування обсягу пасажирів накопичених у ЗП, яка представлена на рис. 4.5, відображає загальні закономірності зміни їх кількості у часі. За час інтервалу руху ТЗ в ЗП формуються пасажири які прибувають з прилеглої території або з інших ЗП. У разі прибуття ТЗ відбувається посадка пасажирів в обсязі який дорівнює кількості пасажирів, які обирають ту групу маршрутів до складу якої входить ТЗ, що прибув у ЗП. Кількість пасажирів на яку зменшується обсяг накопичення в ЗП враховує наявність вільних місць у ТЗ та визначається виходячи з встановлення сумарного потоку пасажирів який сформований за відповідний період часу.

Період часу визначається для кожного варіанта реалізації відправлення виходячи з наступних умов:

– для варіантів з одним маршрутом відправлення – дорівнює міжрейсовому маршрутному інтервалу;

– для варіантів з декількома маршрутами відправлення – дорівнює міжрейсовому інтервалу між цими маршрутами;

– для варіантів з будь-яким маршрутом відправлення – дорівнює міжрейсовому інтервалу в ЗП.

Питома вага вибору варіанта відправлення визначається на основі експериментальних досліджень шляхом анкетування або контактних спостережень за пасажирами. У ході проведення анкетування, для відповідного обсягу вибірки по кожному маршруту прибуття, встановлюється частина пасажирів, які здійснюють подальші пересадки та визначається їх розподіл між маршрутами. При контактних спостереженнях використовується метод зовнішньої ідентифікації пасажирів, при якому на основі обліку переміщень встановлюється фактична кількість пасажирів, що роблять пересадки. Основним недоліком такого методу є його обмеженість до застосування при середніх та великих пасажиропотоках.

4.3 Моделювання часових параметрів обслуговування суб’єктів маршрутного потоку

4.3.1 Розрахунок тривалості простою маршрутних транспортних засобів

Задача удосконалення моделей визначення часових параметрів взаємодії суб’єктів маршрутного потоку ґрунтується на необхідності обліку фактичної тривалості реалізації технологічних операцій та оцінювання їх впливу на складові функціональної сталості ЗП ТПВ. Існуючи підходи до визначення часу простою ТЗ в межах ЗП можливо розділити на дві групи: методи регресійного та кореляційного аналізу (встановлення емпіричних закономірностей); аналітичні моделі. Незалежно від форми представлення, до складу моделей входять чинники впливу, серед яких найбільшого поширення набули: пасажирообмін, місткість ТЗ, кількість дверей через які здійснюється пасажирообмін, коефіцієнт використання місткості ТЗ, форми сплати проїзду та

ін. Однак, існуючі підходи до визначення часових параметрів взаємодії в ТПВ структурно обмежені щодо обліку внутрішніх та зовнішніх конфліктних ситуацій, додаткових сервісних операцій, а час простою ТЗ в них, як правило, є лінійним та визначається лише обсягом пред'явлених пасажирами вимог на посадку-висадку. Такі передумови вимагають удосконалення моделей розрахунку часових параметрів перебування ТЗ в ТПВ, з включенням тривалості конфліктних станів та простою, пов'язаного з очікуванням (накопиченням) пасажирів та забезпеченням умов синхронізації руху.

Загальна структура простою ТЗ у ТПВ представляється наступною сукупністю операцій: технологічні (основні), сервісні (додаткові) та непродуктивні. Призначенням технологічних операцій, які відбуваються в ЗП є реалізація обов'язкового комплексу дій. До них відноситься: маневрування ТЗ, пов'язане з подачею та від'їздом з ЗП, відкриття – закриття дверей, посадка – висадка пасажирів. Сервісні операції призначені для забезпечення накопичення пасажирів та синхронізації руху ТЗ. За своїм характером вони відносяться до продуктивних та повинні бути заздалегідь запланованими. До непродуктивних операцій відноситься простій ТЗ у черзі, який виникає в результаті виникнення конфліктних ситуацій. Виходячи зі складу та сукупності технологічних операцій, загальний час простою ТЗ в ЗП визначається сумою їх тривалості

$$t_r^{dwt} = t_r^{wq} + t_r^{men} + t_r^{op} + t_r^{en} + t_r^{ex} + t_r^{ad} + t_r^{cl} + t_r^{mex}, \qquad (4.25)$$

де t_r^{wq} – час простою в черзі, с;

t_r^{men} – час маневрування при заїзді до ЗП, с;

t_r^{op} – час відкриття дверей, с;

t_r^{ex} – час висадки пасажирів, с;

t_r^{en} – час посадки пасажирів, с;

t_r^{ad} – час сервісного (додаткового) простою, с;

t_r^{cl} – час закриття дверей, с;

t_r^{mex} – час маневрування при виїзді з ЗП, с.

Фактичний час обслуговування ТЗ у ТПВ розподіляється на постійну (t_{ct}^{dwt}) та змінну (t_{vr}^{dwt}) частини. До постійної частини входить час маневрування ТЗ при в'їзді-виїзді та відкриття-закриття дверей. Тривалість елементів постійної складової можуть бути визначені за допомогою аналітичних моделей або на основі натурних спостережень з подальшою їх статистичною обробкою. Використання натурних спостережень має перевагу, яка полягає у забезпеченні компромісу між об'єктивністю результатів, доступністю вихідної інформації та трудомісткістю їх отримання. Це дає можливість обґрунтувати доцільність використання методів натурного спостереження для визначення постійної складової часу простою ТЗ при вирішенні задач пошуку раціональних параметрів взаємодії. Зміна складова залежить від пасажирообміну та відображає тривалість простою ТЗ, пов'язаного з посадкою-висадкою пасажирів, сервісним (додатковим) часом очікування пасажирів та простоями у черзі. Базовим при визначенні змінної складової продуктивного простою ТЗ є час, який витрачається на посадку-висадку пасажирів

$$t_r^{en-ex} = q_r^{ex} \cdot \overline{t_{p_k}^{ex}} + q_r^{en} \cdot \overline{t_{p_k}^{ex}}, \qquad (4.26)$$

де q_r^{ex} – кількість пасажирів, що виходять з ТЗ, пас.;

$\overline{t_{p_k}^{ex}}$ – середній час висадки пасажира, с/пас.;

q_r^{en} – кількість пасажирів, що входять у ТЗ, пас.;

$\overline{t_{p_k}^{en}}$ – середній час посадки пасажира, с/пас.

Середній час посадки $\overline{t_{p_k}^{en}}$ та висадки $\overline{t_{p_k}^{ex}}$ пасажира визначається на основі натурних спостережень для кожного типу ТЗ, кількості дверей (n_{dr}), через яку реалізується пасажирообмін та умов збору плати.

Передумовами впровадження сервісного (додаткового) простою ТЗ є:

– організація руху без дотримання розкладу (за наповненням ТЗ);

– синхронізації пересадки пасажирів у ТПВ.

Технологічний простій ТЗ в ЗП визначається необхідністю реалізації посадки-висадки пасажирів та знаходиться в діапазоні від моменту початку простою ($\tau_{ar}^{rs_i}$) до закінчення посадки-висадки та закриття дверей ($\tau_{ad}^{rs_i}$). Якщо сервісний простій не передбачений ($t_r^{ad} = 0$), то час початку відправлення ТЗ з ЗП співпадає з часом завершення технологічного простою $\tau_{dp}^{rs_i} = \tau_{ad}^{rs_i}$, а тривалість змінної складової простою дорівнює різниці $t_{vr}^{dwt} = \tau_{dp}^{rs_i} - \tau_{ar}^{rs_i}$. У разі впровадження сервісного простою (період $\tau_{ad}^{rs_i} - \tau_{dp}^{rs_i}$) тривалість змінної складової простою ТЗ під посадкою-висадкою можна представити у вигляді суми $t_{vr}^{dwt} = (\tau_{ad}^{rs_i} - \tau_{ar}^{rs_i}) + (\tau_{dp}^{rs_i} - \tau_{ad}^{rs_i})$. Перша частина $(\tau_{ad}^{rs_i} - \tau_{ar}^{rs_i})$ описує час технологічного простою, а друга $(\tau_{dp}^{rs_i} - \tau_{ad}^{rs_i})$ – час сервісного простою. За період міжрейсового інтервалу в ЗП накопичується обсяг відправлення пасажирів $q_r(\tau_{dp}^{rs_{i-1}} - \tau_{ar}^{rs_i})$. У процесі простою ТЗ під висадкою-посадкою може бути сформований обсяг пасажирів, що підійшли з метою відправлення $q_r(\tau_{ar}^{rs_i} - \tau_{ap}^{rs_i})$, а за час сервісного простою – в обсязі $q_r(\tau_{ad}^{rs_i} - \tau_{dp}^{rs_i})$.

Організація руху без дотримання розкладу (за наповненням) передбачає оперативне встановлення моментів відправлення ТЗ шляхом суб’єктивної оцінювання водієм поточної ситуації щодо рівня його наповнення. У разі відправлення «за наповненням» очевидно, що інтервал руху буде залежати від обсягу пасажирів які сформувалися в ЗП за відповідний період та рівня заповнення ТЗ. Тривалість сервісного простою за таких умов буде залежати від параметрів пасажирообміну та необхідного наповнення ТЗ

$$t_r^{ad} = \frac{q_r^{lv} - q_r^{ex} - q_r(\tau_{dp}^{rs_{i-1}} - \tau_{dp}^{rs_i})}{M\left[I_{r_{i-(i-1)}}^{ps} \right]}, \qquad (4.27)$$

де q_r^{lv} – допустиме наповнення ТЗ, пас.;

$M\left[I_{r_{i-(i-1)}}^{ps} \right]$ – математичне очікування інтервалу підходу пасажира, с.

Регулярний рух передбачає дотримання розкладу відправлення ТЗ з відповідних ЗП. Базовим параметром розкладу руху виступає час відправлення з початкового ЗП. Фактичний час прибуття ТЗ в ТПВ залежить від чинників впливу на умови руху по ділянках маршруту та визначається величиною відхилення

$$\tau_f^{rs_i} = \tau_p^{rs_i} + \Delta\zeta^{rs_i}, \qquad (4.28)$$

де $\tau_p^{rs_i}$ – плановий момент прибуття i-го рейсу, с;

$\Delta\zeta^{rs_i}$ – відхилення прибуття i-го рейсу, с.

Використання сервісного простою дозволяє скоротити час пересадки пасажирів між маршрутами в ТПВ. Для прикладу розглянемо ТПВ, до складу якого входять чотири ЗП через який проходять два маршрути (рис. 4.6).

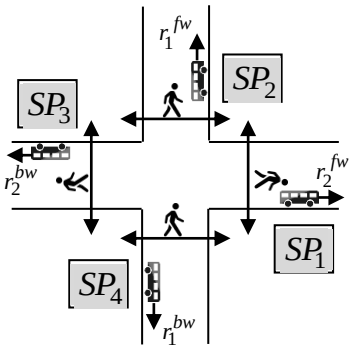


Рисунок 4.6 – Напрями переміщення пасажирів у ТПВ (для чотирьох ЗП)

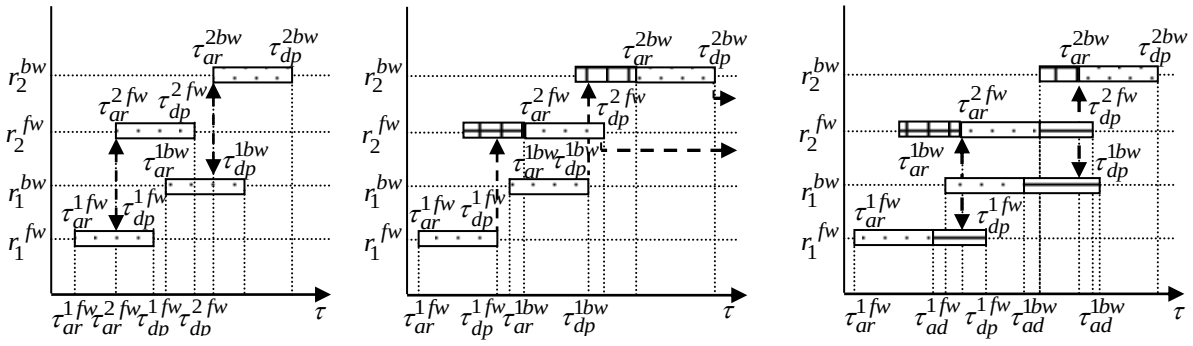
До SP_4 прибувають ТЗ прямого сполучення першого маршруту r_1^{bw}, до SP_2 – зворотного сполучення першого маршруту r_1^{fw}, до SP_3 – прямого сполучення другого маршруту r_2^{bw}, до SP_1 – зворотного сполучення другого маршруту r_2^{fw}. У ТПВ відбуваються пересадки пасажирів за 8 напрямками. Для прикладу розглянемо чотири напрями міжмаршрутних пересадок: $r_1^{fw} \to r_2^{fw}$, $r_2^{fw} \to r_1^{fw}$, $r_1^{bw} \to r_2^{bw}$, $r_2^{bw} \to r_1^{bw}$. У разі впровадження синхронізації часу перебування ТЗ у ТПВ, пересадка між маршрутами здійснюється без очікування наступних рейсів (рис. 4.7 (а)). У цьому випадку сервісний простій є необхідним для синхронізації часу перебування ТЗ у ТПВ, він застосовується для маршруту ТЗ який першим виїжджає з ТПВ та розраховується за формулою

$$t_r^{ad} = \max(0; t_{sp_{i-j}}^{p} - \tau_{dp}^{rs_{r1}} - \tau_{ar}^{rs_{r2}}), \qquad (4.29)$$

де $t_{sp_{i-j}}^{p}$ – час переходу між ЗП, с;

$\tau_{dp}^{rs_{r1}}$ – момент відправлення ТЗ суміжних рейсів маршруту $r1$, с;

$\tau_{ar}^{rs_{r2}}$ – момент прибуття ТЗ суміжних рейсів маршруту $r2$, с.



Умовні позначення: – час технологічного простою ТЗ, – час відхилення, – сервісний простій, – пересадка між маршрутами
а – без флуктуації; б – без сервісного простою; в – зі сервісним простоєм

Рисунок 4.7 – Схема формування часу синхронізації пересадки пасажирів

Крім погодження розкладу руху необхідною умовою синхронізації є забезпечення відсутності відхилень часу прибуття ТЗ. При відхиленні прибуття ТЗ (рис. 4.7 (б)) пересадка між маршрутами може бути здійснена лише наступного рейсу, що призводить до збільшення витрат часу пасажирів. Впровадження відповідного сервісного простою дозволяє розширити діапазон прибування ТЗ в ТПВ (рис. 4.6 (в)). Це дає можливість компенсувати відхилення руху за рахунок збільшення періоду одночасного перебування різних маршрутів, тим самим забезпечує реалізацію пересадок пасажирів без очікування. Тривалість сервісного простою у цьому випадку становить

$$t_r^{ad} = \tau_{la}^{rs_{r2}} + \Delta\zeta^{rs_{r2}} + t_{sp_{i-j}}^{p}, \qquad (4.30)$$

де $\tau_{la}^{rs_{r2}}$ – плановий момент прибуття ТЗ маршруту $r2$ в ТПВ, с;

$\Delta\zeta^{rs_{r2}}$ – час відхилення прибуття маршруту $r2$, с.

Незалежно від умов впровадження сервісного простою можливе використання його фіксованої тривалості. За таких умов визначальним є часові параметри руху ТЗ через ЗП

$$t_r^{ad} = \tau_{dp}^{rs_i} - \tau_{ar}^{rs_i} - t_r^{en-ex} \ . \qquad (4.31)$$

Загальна тривалість перебування ТЗ в ЗП поряд з параметрами формування обсягу відправлення пасажирів та умовами організації руху по маршрутах визначають час перебування пасажирів у ТПВ. Середній час перебування пасажирів які виконують посадкові та пересадочні операції в ТПВ розраховується за формулою

$$\overline{t_{th}^{p}}(t)=\frac{\sum_{s=1}^{SP_n}\sum_{z=1}^{SP_n}\sum_{u=1}^{v_n^{sp}}\sum_{b=1}^{t}\left((\tau_{dp}^{rs_b}-\tau_b^p)\cdot q_{sp_z}^{st}(\tau_b^p)\cdot\rho_{v_u^z}^{x}+q_{sp_z}^{tr}(\tau_b^p)\cdot t_{sp_{s-z}}^{p}\right)}{\sum_{z=1}^{SP_n}\sum_{b=1}^{t}q_{sp_z}^{st}(\tau_b^p)},\qquad(4.32)$$

де $\tau_{dp}^{rs_b}$ – момент відправлення ТЗ на якому здійснюється поїздка пасажирів, що прибули в ЗП у τ_b^p, с;

$q_{sp_z}^{st}(\tau_b^p)$ – обсяг пасажирів, що прибувають у ЗП z у момент τ_b^p, пас.;

$q_{sp_z}^{tr}(\tau_b)$ – обсяг пасажирів, що прибувають у ЗП z у момент τ_b^p з метою реалізації пересадок, пас.;

$\rho_{v_u^z}^{x}$ – питома вага вибору пасажирами варіанта відправлення v_u з ЗП;

$t_{sp_{s-z}}^{p}$ – час переходу між ЗП $s-z$, с.

Середній час перебування пасажира в ЗП ТПВ відображає сервісну якість обслуговування та поруч з ресурсною характеристикою є складовою частиною оцінювання функціональної сталості.

4.3.2 Вплив флуктуації прибуття транспортних засобів на формування часових параметрів вхідного маршрутного потоку

Важливою складовою організації технологічної взаємодії в ТПВ є встановлення часу фактичного прибуття ТЗ. Основним чинником який впливає на момент прибуття ТЗ в ТПВ поруч з розкладом руху є його флуктуація. Флуктуація прибуття ТЗ – це будь яке випадкове відхилення від запланованого часу. Аналіз умов виникнення флуктуації руху на маршрутах МПТ представлений в роботах [93, 338, 339]. Основною задачею, що вирішується в цих роботах є дослідження процесів та закономірностей формування відхилення часу рейсу без розподілення його на окремі структурні елементи маршруту. Для ТПВ першочерговим є вирішення задачі забезпечення чіткого

дотримання часу фактичного прибуття ТЗ. Це дозволяє в повній мірі забезпечити реалізацію механізмів синхронізації пересадки між маршрутами та знизити час, що витрачається пасажирами в ТПВ. За таких вимог, дослідження флуктуації прибуття ТЗ повинне проводитися з позиції структурного аналізу причин її виникнення та оцінювання способів усунення. В якості основного дієвого механізму ліквідації флуктуації прибуття ТЗ в ТПВ розглядаються заходи, які забезпечують можливість реалізації оперативних прийомів «входження ТЗ в графік руху», а саме нагон та уповільнення руху на ділянках на підході до ТПВ. Основою дослідження процесів формування флуктації прибуття ТЗ є виділення та систематизація чинників впливу, облік наслідків та встановлення на основі їх аналізу механізмів її усунення (рис. 4.8).

Рисунок 4.8 – Склад чинників флуктуації прибуття ТЗ

При порушеннях регулярності руху відбувається переповнювання салону ТЗ, зростає час очікування пасажирами в ЗП, знижуються економічні показники роботи маршрутів. Нерівномірне завантаження викликає серйозні коливання витрат часу на посадку-висадку пасажирів, що в свою чергу створює затримки ТЗ в ЗП, порушується встановлений режим роботи маршрутів, підвищується витрата палива, знижується швидкість сполучення та безпеку руху.

Діапазон флуктуації прибуття є складовою визначальною характеристикою часу перебування ТЗ в ТПВ. Його розмір залежить від рівня організації та управління внутрішніми процесами МПТ та об'єктами зовнішнього середовища серед яких основним є ВДМ. Процес руху ТЗ по маршруту можливо представити у вигляді його неперервного переміщення в територіальному просторі, де знаходяться елементи та суб'єкти, що безпосередньо впливають на формування флуктації прибуття. Модель руху по маршруту з'єднує статистично визначені дані флуктуації з чинниками формування та дозволяє розподілити її за відповідними частинами маршруту. Загальний вид моделі визначення меж діапазону флуктуації прибуття представляється у вигляді рівняння

$$\Delta t_r^e(\tau_{ar}) = \int_0^{l_{th}} C_{mf}(l_r) \cdot F_{emr}(l_r) dl_r , \qquad (4.33)$$

де l_{th} – відстань до ТПВ, км;

$C_{mf}(l_r)$ – параметр, що відображає результативність дій з ліквідації флуктуації прибуття в точці маршруту l_r;

$F_{emr}(l_r)$ – функція залежності флуктуації від чинників виникнення.

Представлена модель (4.33) має загальноутворюючий вид та не може бути застосована для розрахунку конкретних значень. Це пояснюється складністю встановлення функції залежності флуктуації від чинників виникнення. Встановлення значення функції $F_{emr}(l_r)$ передбачає проведення

окремих досліджень умов руху в межах елементів ВДМ. Для вирішення задачі стабілізації взаємодії в ТПВ можливе використання емпіричних даних про фактичне значення флуктуації прибуття ТЗ з подальшим аналізом результативності застосування механізмів ліквідації її виникнення. Алгоритм дій по встановленню параметра $C_{mf}(l_r)$ передбачає реалізацію наступних етапів: шляхом натурних спостережень визначається значення нижньої та верхньої межі діапазону флуктуації, далі на основі аналізу мінімального часу проїзду прилеглих до ТПВ ділянок ВДМ оцінюється можливість її ліквідації. У разі, коли максимальний час відхилення може бути повністю компенсований скороченням часу проїзду ділянки то для неї показник $C_{mf}(l_r)=1$. Розрахункова процедура дозволяє встановити результативність керуючих заходів на абсолютне відхилення від розкладу прибуття автобусів; врахувати вплив контрольованих чинників: кількість перехресть на ділянці, кількість пішохідних переходів на ділянці, кількість світлофорів на ділянці на дотримання розкладу руху; визначити тривалість періоду можливого перебування ТЗ в ЗП у досліджуваний період часу.

Практична апробація проводилася на прикладі маршрутів які проходять через ЗП ТПВ «ст. м. проспект Гагаріна» (м. Харків 49.981337, 36.242693), напрямок руху – до центру міста. Через цей ЗП проходять 3 тролейбусних та 10 автобусних маршрутів. У ході спостережень були встановлені значення параметрів флуктуації прибуття для трьох базових періодів: ранкової години «пік» (з 8 до 9 години), міжпікового періоду (з 12 до 13 години), вечірньої години «пік» (з 17 до 18 години). Встановлення значення флуктуації прибуття ТЗ проводилося шляхом визначення фактичних значень для кожного рейсу з подальшим розрахунком їх середньоарифметичного значення. Для встановлення значень флуктуації по кожному рейсу використовувалася інформація про час відправлення з початкового ЗП та середній час пересування до ЗП ТПВ «ст. м. проспект Гагаріна». У процесі оцінки діапазону флуктуації прибуття проводилися розрахунки часу між раннім та пізнім моментами прибуття ТЗ у ЗП. Інформація про флуктуацію прибуття наведена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати натурних спостережень за флуктуацією прибуття ТЗ в ЗП ТПВ «ст. м. проспект Гагаріна»

Маршрут	Флуктуація в ранковий період «пік», с			Флуктуація у межпіковий період, с			Флуктуація в вечірній період «пік», с		
	Нижня межа	Верхня межа	Діапазон	Нижня межа	Верхня межа	Діапазон	Нижня межа	Верхня межа	Діапазон
Тл3 «вул. Дванадцятого квітня – вул. Університетська»	37	191	154	39	157	118	28	117	89
Тл5 «Аеропорт – вул. Університетська»	31	123	92	30	103	73	28	103	75
Тл6 «станція Основа – вул. Університетська»	26	115	89	26	110	84	26	86	60
А5 «вул. Миру – ст. м. пр. Гагаріна»	34	159	125	29	138	109	14	100	86
А68 «вул. Колекторна – ст. м. пр. Гагаріна»	36	143	107	29	119	90	16	74	58
А79 «ст. Основа – ст. м. пр. Гагаріна»	34	112	78	23	103	80	24	100	76
А115 «вул. Нестерова – ст. м. пр. Гагаріна»	26	125	99	28	102	74	12	82	70
А119 «Аеропорт – пр. Перемоги»	26	98	72	26	103	77	18	77	59
А147 «м/н Горизонт – вул. Університетська»	39	165	126	33	164	131	15	114	99
А218 «вул. Ванди Василевської – майдан Конституції»	42	118	76	25	120	95	28	109	81
А246 «Жихор – Південний вокзал»	38	136	98	32	115	83	22	77	55
А304 «ст. Рогань – майдан Сергіївський»	51	196	145	38	165	127	12	144	132
А305 «ТЦ Епіцентр – пр. Перемоги»	35	125	90	25	103	78	22	106	84

Параметризація функції $C_{mf}(l_r)$ проведена через оцінку впливу умов вільного руху маршрутних ТЗ на можливість компенсації часу відхилення прибуття ТЗ. Для цього були проведені експериментальні дослідження часу проїзду маршрутними ТЗ виділених окремих ділянок ВДМ: ділянка 1 вул. Молочна – вул. Вернадського, ділянка 2 пров. Золотий – вул. Молочна, ділянка 3 вул. Каштанова – пров. Золотий, ділянка 4 вул. Одеська – вул. Каштанова (рис. 4.9).

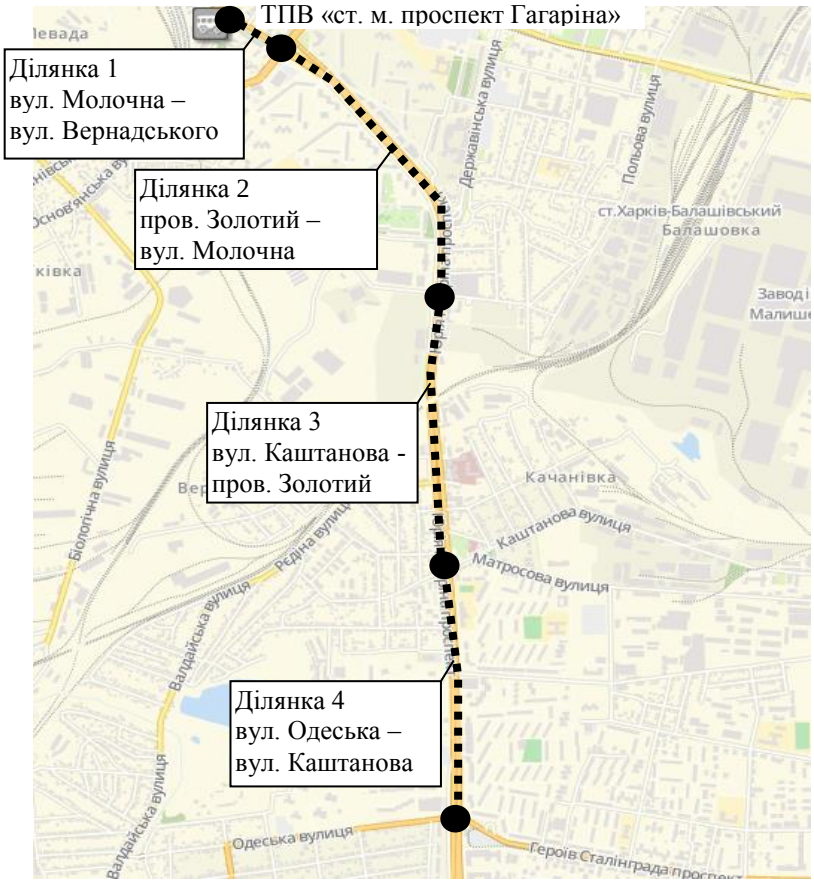


Рисунок 4.9 – Схема ділянок ВДМ прилеглих до ЗП ТПВ «ст. м. проспект Гагаріна»

У межах представлених ділянок ВДМ можлива організація пріоритетного руху МПТ. Ці дії мають метою забезпечити реалізацію адаптованого до планового прибуття в ТПВ швидкісного режиму руху маршрутних ТЗ, що робить можливим ліквідувати флуктуаційні процеси за рахунок компенсації часу відхилень. Час прибуття ТЗ в ТПВ знаходиться в діапазоні від можливим раннім ($\Delta t_r^{e_a}$) та пізнім ($\Delta t_r^{e_l}$) відхиленням прибуття. Ліквідація пізнього

прибуття ТЗ є граничним критерієм оцінювання параметра $C_{mf}(l_r)$. У разі компенсації часу максимального запізнення ліквідація раннього прибуття є можливою. Встановлення експериментальним шляхом мінімального часу проїзду ділянок та можливого його скорочення дозволяє оцінити результативність заходів з виділення окремої смуги руху для МПТ. Для періоду, коли забезпечуються вільні умови руху (з 6 до 7 години) були встановлені значення скорочення часу проїзду ділянок для маршрутів в залежності від типів ТЗ (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Скорочення тривалості проїзду ділянок

Маршрут	Скорочення тривалості проїзду, с			
	Ділянка 1	Ділянка 2	Ділянка 3	Ділянка 4
Тл3, Тл5, Тл6	74	136	131	110
А5, А68, А79, А115, А119, А147, А218, А305	35	72	60	59
А304	46	98	66	71
А246	31	70	64	56

Аналізуючи співвідношення максимального відхилення прибуття (за даними табл. 4.2 – 196 с. для маршруту А304) до мінімально можливого часу проїзду ділянок ВДМ, були встановлені значення функції $C_{mf}(l_r)$: для ділянки 1 – 0,235, для ділянки 2 – 0,5, для ділянки 3 – 0,337, для ділянки 4 – 0,362.

На основі проведення експериментальних спостережень за фактичними даними флуктуації, встановлюється діапазон можливого прибуття ТЗ. Фактичний момент прибуття ТЗ в ТПВ приймає будь яке значення з діапазону $[\Delta\tau_r^{e_a}, \Delta\tau_r^{e_l}]$. Значення меж діапазону визначається за формулою

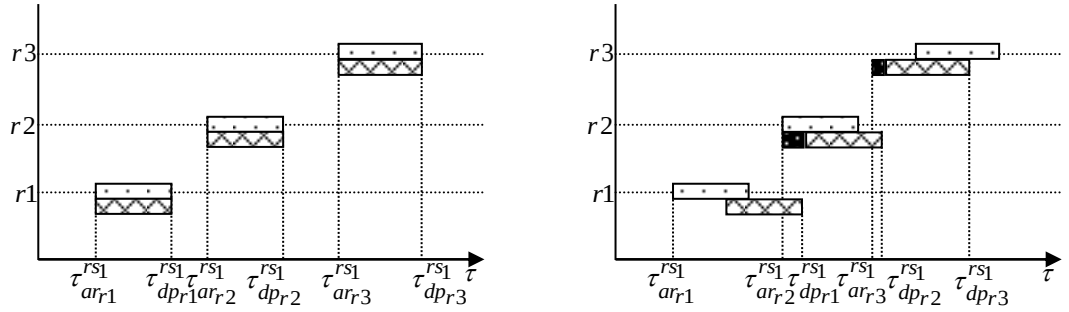
$$\Delta\tau_r^{e_{a(l)}} = \tau_{ar_p}^{rs_i} + \max(0, \sum_{j=1}^{n_{l_{th}}} (1 - C_{mf}(l_j)) \cdot \Delta t_r^{e_{a(l)}}, \qquad (4.34)$$

де $\tau_{ar_p}^{rs_i}$ – момент планового прибуття ТЗ в ТПВ, с;

$C_{mf}(l_j)$ – параметр результативності механізмів ліквідації флуктуації;

$n_{l_{th}}$ – кількість ділянок ВДМ з пріоритетним рухом МПТ.

Флуктуація прибуття призводить до появи неоднорідності у формуванні часових моментів перебування ТЗ у ЗП. Схема впливу флуктуації на час обслуговування транспортних засобів у ТПВ подана на рисунку 4.10.

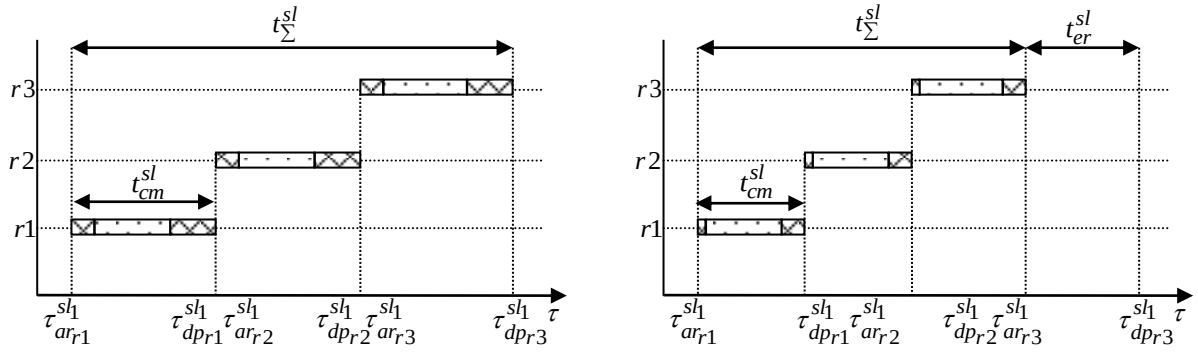


а) б)

Умовні позначення: ▭ – плановий час перебування ТЗ в ЗП, ▨ – фактичний час простою ТЗ в ЗП, ▬ – час простою ТЗ у черзі
а – відсутність флуктуації; б – наявність флуктуації

Рисунок 4.10 – Вплив флуктуації прибуття на простій ТЗ у черзі

На рисунку 4.10 (а) представлена організація координованого руху без флуктуації. При відхиленні прибуття (рис. 4.10 (б)) спостерігається виникнення конфліктних ситуацій в ЗП та непродуктивних простоїв ТЗ. Для ліквідації можливих конфліктних ситуацій при плануванні розкладу обслуговування ТЗ в ЗП використовується додатковий час. Час, який резервується для безконфліктного перебування ТЗ в ЗП називається слотом. Слот – це плановий часовий інтервал включений до розкладу руху протягом якого відбувається прибуття в ЗП, обслуговування та відправлення ТЗ. Зменшення діапазону флуктуації дозволяє скоротити тривалість слоту та збільшити резерви пропускної спроможності ЗП. Графічна інтерпретація збільшення резервів пропускної спроможності ЗП за рахунок зменшення діапазону флуктуації наведена на рисунку 4.11.



а) б)

Умовні позначення: ▭ – плановий час перебування ТЗ в ЗП,
▨ – фактичний час простою ТЗ в ЗП, t_{cm}^{sl} – можливий час перебування ТЗ,
t_{Σ}^{sl} – загальний час перебування ТЗ, t_{er}^{sl} – резерв часу
а – базовий варіант; б – варіант скорочення діапазону флуктуації

Рисунок 4.11 – Формування резервів пропускної спроможності ЗП за рахунок скорочення діапазону флуктуації

Виходячи з вимог забезпечення безконфліктних умов функціонування ТПВ, при плануванні часу перебування ТЗ в ЗП необхідно врахувати додатковий резервний час, який визначається діапазоном флуктуації. Утримання мінімального рівня резервів пропускної спроможності ЗП при якому забезпечується безконфліктний стан взаємодії суб'єктів МПТ можливий лише за умов чіткої координації розкладу руху. При координації руху необхідно забезпечити погодження періодів перебування ТЗ в ЗП шляхом встановлення раціональної тривалості додаткового сервісного простою, узгодженням розкладів руху на маршрутах та впровадженням заходів щодо ліквідації флуктуації прибуття.

4.4 Формування критерію ефективності ТПВ

Парадигма підвищення ефективності технологічної взаємодії суб'єктів МПТ в ТПВ базується на обліку особливостей задоволення попиту та формування достатнього рівня ресурсного забезпечення елементів

обслуговуючої підсистеми. Структура програми удосконалення взаємодії у значній мірі залежить від обсягу попиту, рівня ресурсного забезпечення ЗП та визначає склад відповідних керуючих заходів (рис. 4.12).

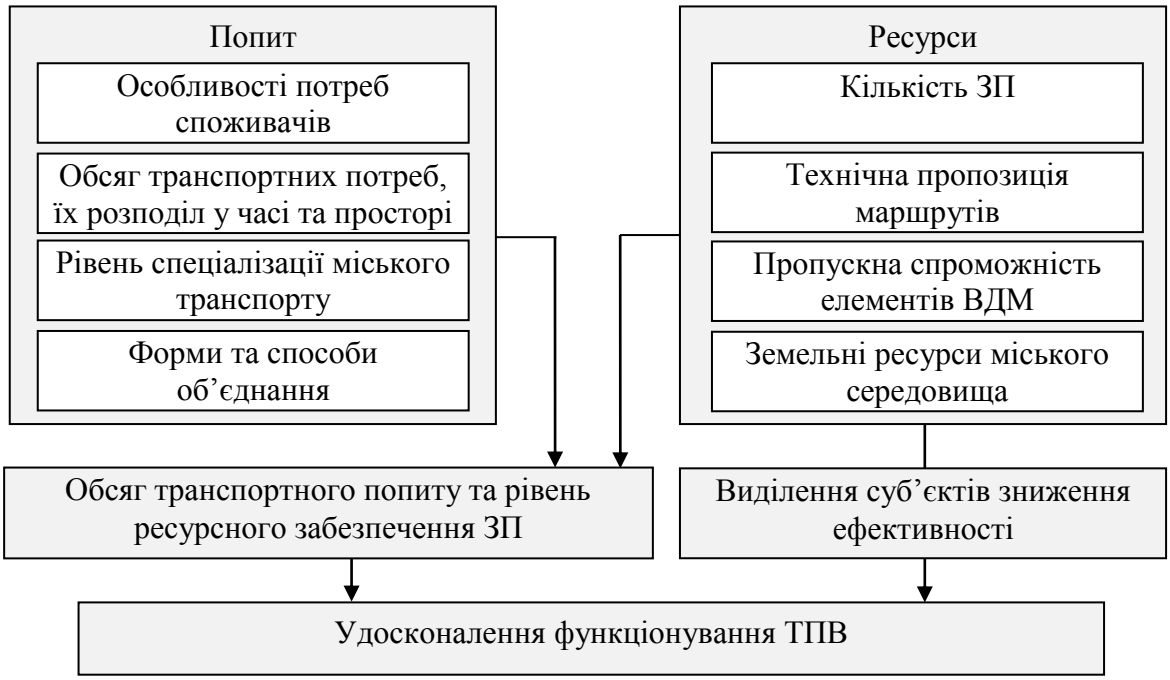


Рисунок 4.12 – Структура удосконалення функціонування ТПВ

Оцінку ефективності МПТ реалізують з чотирьох основних рівнів: елементний, агрегатний, системний та метасистемний. ТПВ відносяться до першого (елементного) рівня. Для оцінювання ефективності МПТ на цьому рівні використовуються часові показники, що відображають якість операцій. Така форма передбачає проведення якісної оцінки витрат часу пасажирів на реалізацію посадково-пересадочних операцій. Наявність характерного міжрівневого впливу в структурі представлення взаємодії суб'єктів МПТ вимагає розширення зони представлення ефективності ТПВ. Такі умови ґрунтуються на принципах системності та реалізуються через інтегральну оцінку впливу техніко-технологічної взаємодії в ТПВ на відповідні рівні. Враховуючи такі вимоги, загальна структура оцінювання ефективності функціонування ТПВ у відповідному періоді часу (t) може бути представлена через сукупність станів елементного рівня $S_e(t)$ (об'єктів інфраструктури),

агрегатного рівня $S_u(t)$ (маршрути МПТ), системного рівня $S_t(t)$) (елементи ВДМ) та метасистемного рівня $S_c(t)$ (міське середовище)

$$U(s) = \{S_e(t), S_u(t), S_t(t), S_c(t)\}. \quad (4.35)$$

Постановка задачі удосконалення взаємодії в ТПВ передбачає в межах його ресурсних можливостей (R) та наявного вхідного маршрутного потоку (V) реалізацію такого керуючого впливу (Z), який спрямований на забезпечення ефективного стану всіх рівнів МПТ

$$Z \times R \times V \to U(s) \to \max. \quad (4.36)$$

Наявність складних за розміром та характером системних зв'язків робить розв'язання поставленої задачі дуже трудомісткою процедурою. Її вирішення вимагає використання принципів єдності аналізу та синтезу дослідження окремих процесів. Для цього необхідно провести логічний розподіл загальної задачі на окремі складові частини відносно зон реалізації та виділити їх характеристичний вплив на загальнорівневу ефективність МПТ.

До внутрішніх технологічних заходів функціональної стабілізації відноситься формування інерційності ЗП ТПВ через створення відповідних резервів ресурсів пропускної спроможності, розосередження взаємодії суб'єктів маршрутного потоку у часі та просторі. Складність внутрішньої координації обумовлюється наявністю значного впливу зовнішніх чинників, які проявляються через нестабільність руху, нерівномірність інтервалів прибуття ТЗ та порушення їх ритмічності. Така ситуація в значній мірі обмежує внутрішні можливості досягнення ефективної взаємодії в ТПВ та потребує втручання в зовнішній області реалізації технологічних процесів. Внутрішні організаційні заходи спрямовані на зниження дисфункцій роботи ТПВ. Зовнішні заходи реалізуються в межах елементів ВДМ. Важливою умовою

прийняття комплексу технологічних заходів є оцінка їх наслідків на сервісно-ресурсні показники функціональної сталості МПТ та рівень негативного впливу на МС. Для оцінювання метасистемного впливу використовуються вербальні форми опису концептів екологічної та транспортної безпечності процесів. Аналіз структури інтегральної ефективності МПТ та формалізація опису вимог дозволила виділити контур управлінських рішень (рис. 4.13).

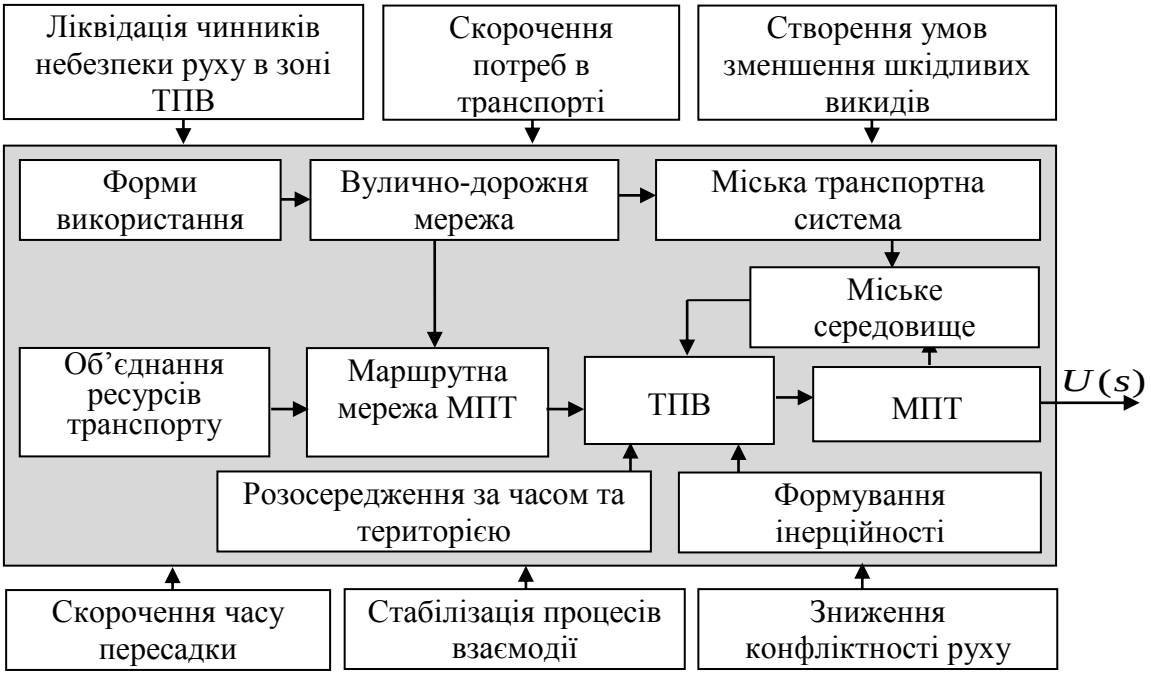


Рисунок 4.13 – Контур управлінських рішень підвищення ефективності взаємодії МПТ в ТПВ

На основі схеми стабілізації та виділених цільових задач для рівнів представлення МПТ, можна виділити структуру критерію ефективності ТПВ, яка відображає загальні принципи забезпечення формування його інтегральної ефективності. Декомпозиція ієрархічних рівнів критерію ефективності $U(s)$, в межах виділеного об'єкта дослідження реалізована через їх упорядкування методом головного критерію. Головним критерієм виступає функціональна сталість базових елементів ТПВ – зупинних пунктів. У структурі системи обмежень необхідно врахувати сервісні компоненти функціонування суб'єктів рівня «маршрут», «міська транспортна система» та «міське середовище». Рівень

функціональної сталості ТПВ оцінюється показником, який відображає умовну відстань між фактичним значенням його потенціалу та значенням, яке відповідає граничній межі

$$U_h(t) = \frac{A_h^{(Z)}(t) \cdot k_h^{r(Z)}(t)}{A_h^{(B)} \cdot k_h^{r(B)}} - 1 \to \max, \qquad (4.37)$$

де $A_h^{(Z)}(t)$ – рівень якості обслуговування пасажирів у ТПВ при реалізації керуючого впливу Z;

$k_h^{r(Z)}(t)$ – рівень резервів пропускної спроможності ТПВ при реалізації керуючого впливу Z;

$A_{th}^{(B)}$ – рівень якості обслуговування пасажирів у ТПВ який відображає межу області його сервісної сталості;

$k_h^{r(B)}$ – рівень необхідних резервів пропускної спроможності ТПВ який відображає межу області його ресурсної сталості.

Система обмежень враховує зміну ресурсного стану верхніх рівнів

$$\begin{cases} \Delta U_u(t) = k_u^{r(Z)}(t) - k_u^{r(B_u)}(t) \geq 0 \\ \Delta U_t(t) = k_t^{r(Z)}(t) - k_t^{r(B_t)}(t) \geq 0 \end{cases}, \qquad (4.38)$$

де $k_u^{r(Z)}(t)$ – рівень резерву провізної спроможності маршрутів, які проходять через ТПВ при реалізації керуючого впливу Z;

$k_u^{r(B_u)}(t)$ – рівень резерву провізної спроможності маршрутів, що відображає межу зони їх функціональної сталості;

$k_t^{r(Z)}(t)$ – рівень резерву пропускної спроможності ділянок ВДМ при реалізації керуючого впливу Z;

$k_t^{r(B_t)}(t)$ – рівень резерву пропускної спроможності ділянок ВДМ, який відображає межу зони їх сервісної сталості.

Представлена система обмежень (4.38) є вихідною умовою для встановлення значення $k_h^{r(B)}$. Облік міжрівневих умов формування інтегральної ефективності реалізується шляхом визначення рівня необхідних резервів пропускної спроможності кожного i-го ЗП ТПВ з урахуванням їх відповідності зовнішнім середовищам

$$k_h^{r(B)} = \max\left(k_u^r, k_t^r\right). \tag{4.39}$$

Рівень резерву пропускної спроможності ЗП при якому ліквідується можливість виникнення конфліктних ситуацій визначає межу області сталості ТПВ. Відповідно до розроблених у третьому розділі ознак функціональної сталості, рівень резерву пропускної спроможності ЗП для безконфліктного перебування ТЗ у ТПВ відповідає межі безризикової області ймовірності дестабілізації k_{ep}^r, а межа значення $k_h^{r(B)}$ – межі зони допустимого ризику k_{ec}^r.

Рівень якості обслуговування пасажирів у ТПВ оцінюється ступенем відповідності фактичного часу переміщення через ТПВ до маркетингових вимог пасажирів

$$A_h^{(Z)}(t) = \frac{\sum\limits_{i=1}^{r_n} q_{sp_i}^{st}(t) \cdot \overline{t_{r_i}^{sn(P)}}(t) + \sum\limits_{j=1}^{SP_n} q_{sp_j}^{en}(t) \cdot \overline{t_{th_j}^{tr(P)}}(t)}{\sum\limits_{i=1}^{r_n} q_{sp_i}^{st}(t) \cdot \overline{t_{r_i}^{sn(Z)}}(t) + \sum\limits_{j=1}^{SP_n} q_{sp_j}^{en}(t) \cdot \overline{t_{th_j}^{tr(Z)}}(t)}, \tag{4.40}$$

де $q_{sp_i}^{st}(t)$ – кількість пасажирів, що переміщуються маршрутами без реалізації посадки-висадки в ТПВ, пас.;

$q_{sp_j}^{en}(t)$ – кількість пасажирів, що відправляються з ЗП, пас.;

$\overline{t_{r_i}^{sn(P)}}(t)$ – середній маркетинговий час перебування пасажира в ТПВ, що переміщується маршрутами без реалізації посадки-висадки, с.;

$\overline{t_{r_i}^{sn(Z)}}(t)$ – середній фактичний час перебування пасажира в ТПВ, що переміщується маршрутами без реалізації посадки-висадки, с.;

$\overline{t_{th}^{tr(P)}}(t)$ – середнє значення маркетингового часу перебування пасажира в ТПВ, що відправляється з ЗП, с.;

$\overline{t_{th}^{tr(Z)}}(t)$ – середнє значення фактичного часу перебування пасажира в ТПВ, що відправляється з ЗП, с.

Під маркетинговим розуміється час який встановлюється пасажирами у виді вимоги до рівня якості транспортних послуг. Його значення визначається виходячи з досвіду використання та оцінювання можливостей технічної пропозиції. За таких умов, час який бажає витратити пасажир на транспортні операції в ТПВ є мінімально можливим при наявній технічній пропозиції. Середній маркетинговий час перебування пасажира, що переміщується маршрутами без реалізації посадки-висадки в ТПВ визначається виходячи з мінімальної тривалості простою ТЗ, який враховує лише технологічні операції

$$\overline{t_r^{sn(P)}}(t) = \frac{\sum_{c=1}^{SP_n} \sum_{i=1}^{k_{r_c}^{sp}(t)} (\tau_{ad}^{rs_{r_{ci}}} - \tau_{ar}^{rs_{r_{ci}}}) \cdot (q_{en}^{r_{ci}} \cdot \gamma_{en}^{rs_{r_{ci}}} - p_{ex}^{rs_{r_{ci}}})}{\sum_{c=1}^{SP_n} \sum_{i=1}^{k_{r_c}^{sp}(t)} (q_{en}^{r_{ci}} \cdot \gamma_{en}^{rs_{r_{ci}}} - p_{ex}^{rs_{r_{ci}}})}, \qquad (4.41)$$

де $\tau_{ad}^{rs_{r_{ci}}}$ – момент закінчення висадки-посадки пасажирів у ЗП, с;

$\tau_{ar}^{rs_{r_{ci}}}$ – момент прибуття ТЗ рейсу $rs_{r_{ci}}$ у ЗП, с;

$k_{r_c}^{sp}(t)$ – кількість рейсів маршруту r, що прибувають у періоді t у ЗП;

$q_{en}^{r_{ci}}$ – місткість ТЗ на маршруті r, пас.;

$\gamma_{en}^{rs_{r_{ci}}}$ – рівень наповнення ТЗ при прибутті рейсу $rs_{r_{ci}}$;

$p_{ex}^{rs_{r_{ci}}}$ – кількість пасажирів, що виходять з ТЗ при прибутті рейсу, пас.

Фактичний час переміщення пасажирів через ТПВ, визначається на основі розрахунку тривалості перебування пасажирів в ТЗ, які мають простій у ЗП

$$\overline{t_r^{sn(Z)}}(t) = \frac{\sum_{c=1}^{SP_n} \sum_{i=1}^{k_{r_c}^{sp}(t)} (\tau_{dp}^{rs_{r_{ci}}} - \tau_{ar}^{rs_{r_{ci}}}) \cdot (q_{en}^{r_{ci}} \cdot \gamma_{en}^{rs_{r_{ci}}} - p_{ex}^{rs_{r_{ci}}})}{\sum_{c=1}^{SP_n} \sum_{i=1}^{k_{r_c}^{sp}(t)} (q_{en}^{r_{ci}} \cdot \gamma_{en}^{rs_{r_{ci}}} - p_{ex}^{rs_{r_{ci}}})}, \quad (4.42)$$

де $\tau_{dp}^{rs_{r_{ci}}}$ – момент відправлення ТЗ рейсу $rs_{r_{ci}}$, с.

Маркетинговий час перебування в ТПВ пасажира, який виконує пересадку визначається за умови, що очікування ТЗ не перевищує половини рейсового інтервалу руху

$$\overline{t_{th}^{tr(P)}}(t) = \frac{\sum_{c=1}^{SP_n} \sum_{d=1}^{SP_n} \sum_{i=1}^{k_{r_c}^{sp}(t)} ((\tau_{ad}^{rs_{r_{ci}}} - \tau_{ar}^{rs_{r_{ci}}}) + (\tau_{ad}^{rs_{r_{di}}} - \tau_{ar}^{rs_{r_{di}}}) + t_{sp_{c-d}}^{p} + \frac{I^{rs_{c-d}}}{2}) \cdot q_{sp_c}^{tr}(\tau_{ar}^{rs_{r_{ci}}})}{\sum_{c=1}^{SP_n} \sum_{i=1}^{k_{r_c}^{sp}(t)} q_{sp_c}^{tr}(\tau_{ar}^{rs_{r_{ci}}})}, \quad (4.43)$$

де $\tau_{ad}^{rs_{r_{ci}}}$ – момент закінчення висадки-посадки пасажирів рейсу $rs_{r_{ci}}$, с;

$\tau_{ar}^{rs_{r_{ci}}}$ – момент прибуття ТЗ рейсу $rs_{r_{ci}}$, с;

$k_{r_c}^{sp}(t)$ – кількість рейсів маршруту r, що прибувають у періоді t;

$\tau_{ad}^{rs_{r_{di}}}$ – момент закінчення висадки-посадки пасажирів рейсу $rs_{r_{di}}$, на який здійснюється пересадка, с;

$\tau_{ar}^{rs_{r_{di}}}$ – момент прибуття ТЗ рейсу $rs_{r_{di}}$, на який здійснюється пересадка, с;

$t_{sp_{c-d}}^{p}$ – час переходу між ЗП, с;

$I^{rs_{c-d}}$ – міжрейсовий інтервал, с;

$q_{sp_c}^{tr}(\tau_{ar}^{rs_{r_{ci}}})$ – кількість пасажирів, що пересаджуються з рейсу $rs_{r_{ci}}$, пас.

Фактичний час переміщення пасажирів через ТПВ визначається на основі розрахунку тривалості перебування пасажирів

$$\overline{t_{th}^{tr(Z)}}(t) = \frac{\sum_{c=1}^{SP_n}\sum_{d=1}^{SP_n}\sum_{i=1}^{k_{r_c}^{sp}(t)}(\tau_{dp}^{rs_{r_{di}}} - \tau_{ar}^{rs_{r_{ci}}})\cdot q_{sp_c}^{tr}(\tau_{ar}^{rs_{r_{ci}}})}{\sum_{c=1}^{SP_n}\sum_{b=1}^{t} q_{sp_c}^{tr}(\tau_{ar}^{rs_{r_{ci}}})}, \quad (4.44)$$

де $\tau_{dp}^{rs_{r_{di}}}$ – момент відправлення рейсу $rs_{r_{di}}$ на який здійснюється пересадка, с.

Межа допустимого сервісного рівня для ТПВ $A_{th}^{(B)}$ визначається оцінкою допустимого значення з позиції сприйняття пасажирами. Одним з найбільш зручних способів побудови узагальненого відгуку є функція бажаності Харрінгтона [335]. В основі її побудови лежить ідея перетворення натуральних значень окремих відгуків в безрозмірну шкалу бажаності або переваги. Шкала бажаності відноситься до психофізичних шкал, її призначення – встановлення відповідності між фізичними та психологічними параметрами сприйняття послуги. У межах об'єкта дослідження розглядаються можливі відгуки, що характеризують якість транспортного обслуговування в ТПВ. Відповідно до стандартних відміток шкали функції бажаності Харрінгтона [335] можна встановити мінімально допустимий рівень якості транспортного обслуговування в ТПВ який дорівнює $A_{th}^{(B)} = 0,63$. При такому значенні

організація транспортного обслуговування оцінюється пасажирами на рівні оцінки «добре», що дає можливість стверджувати про його якісний стан.

Межа ресурсного рівня ЗП $k_h^{r(B)}$ визначається умовами забезпечення відповідного рівня якості транспортного обслуговування на маршрутах та організації руху на елементах ВДМ. Збільшення часу простою в ЗП призводить до збільшення часу оберту та зниження продуктивності ТЗ. Виникнення конфліктних ситуацій у залежності від планування ТПВ може призводити до блокування проїжджої частини ВДМ, зниження її пропускної спроможності, погіршення швидкісного режиму та зниження безпеки руху. Для оцінювання впливу на транспортну пропозицію маршрутів та якість руху по ВДМ використовуються показники: коефіцієнт провізної спроможності маршруту та рівень завантаження рухом. Коефіцієнт провізної спроможності маршруту розраховується за формулою

$$K_r^{cn}(t) = \frac{n_r^{rs}(t)}{V_r^{co}(t)}, \tag{4.45}$$

де $n_r^{rs}(t)$ – пасажиропотік на максимально завантаженій ділянці маршруту в періоді t, пас/год.;

$V_r^{co}(t)$ – провізна спроможність маршруту в періоді t, пас/год.

Рівень завантаження ділянки ВДМ рухом розраховується за формулою

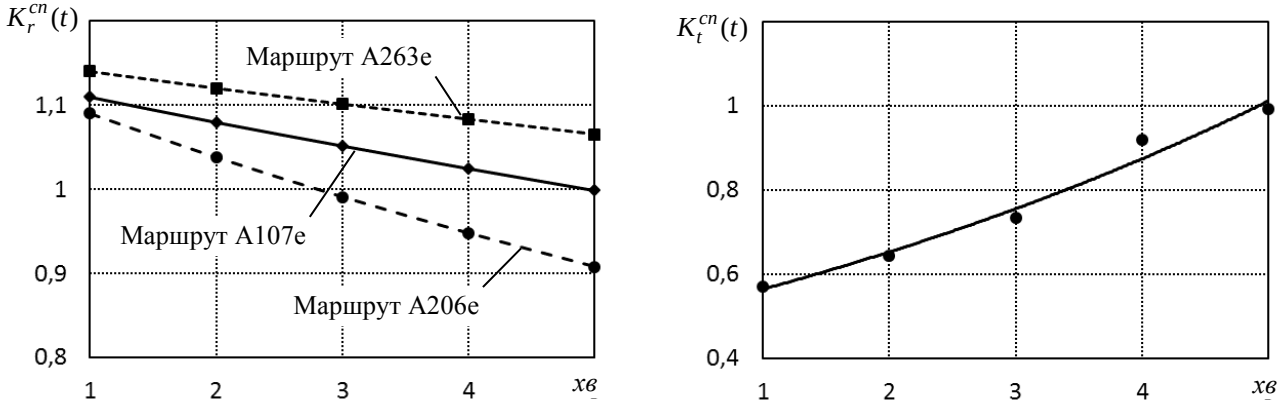
$$K_t^{cn}(t) = \frac{N^{it}(t)}{\sum_{i=1}^{t} P^{sv} \cdot k_{\tau_i}^{sv}}, \tag{4.46}$$

де $N^{it}(t)$ – інтенсивність руху по ВДМ в періоді t, авт/год.;

P^{sv} – пропускна спроможність смуги руху, авт/год.;

$k_{\tau_i}^{sv}$ – коефіцієнт багатосмуговості в момент часу τ_i.

Рівень резервів ресурсів ТПВ та складових показників визначаються за формулами, які представлені в складі сервісно-ресурсної моделі МПТ. Рівень резерву пропускної спроможності визначається параметрами вхідного маршрутного потоку, його розподілом між ЗП ТПВ та часом перебування ТЗ. На прикладі ЗП «вул. Валентинівська» (50.012744, 36.340177) розглянуто вплив часу простою ТЗ на показники транспортної пропозиції маршрутів та рівень завантаження ВДМ (рис. 4.14).



а) б)

а – коефіцієнт провізної спроможності маршруту; б – коефіцієнт завантаження рухом ВДМ

Рисунок 4.14 – Вплив часу простою ТЗ на параметри транспортної пропозиції та рівень завантаження рухом ВДМ

Аналізуючи представлені залежності можна зробити висновок про допустиму тривалість часу простою ТЗ. За умов відповідності технічної пропозиції (провізних можливостей) пасажиропотоку на маршруті тривалість простою в ЗП повинна забезпечувати $K_r^{cn}(t) \geq 1$, що для маршруту А206 складає 2,8 хв, для маршруту А107 – 5 хв, а для маршруту А263 – понад 5 хв. За умови допустимого обслуговування рухом ВДМ (рівень завантаження не повинен перевищувати 0,9), в межах досліджуваного ЗП середня тривалість часу простою ТЗ повинна бути не більше 4,3 хв. Виходячи з цього можна зробити висновок, що основним критерієм встановлення допустимої тривалості

простою ТЗ є вимога забезпечення відповідного рівня пропускної спроможності ВДМ. При вхідному маршрутному потоку 29 авт/год. рівень резерву пропускної спроможності ЗП «вул. Валентинівська» (при використанні наявних двох постів обслуговування) складає 0,371.

Для відбору множини допустимих альтернатив управлінських рішень також необхідно провести оцінку негативного впливу на МС. Якісною оцінкою негативного впливу керуючих дій Z_e на МС є кількість конфліктних ситуацій $N_{rl}^{sp}(t)$ яка характеризує основний чинник виникнення ДТП в ТПВ та тривалість непродуктивного простою ТЗ в черзі перед ЗП $T_{rsp}^{st}(t)$, що безпосередньо впливає на обсяг додаткового екологічного забруднення довкілля. Показник, що відображає рівень негативного впливу на МС представляється вербальною формою опису (негативний або нейтральний вплив) та може бути представлений бінарною функцією

$$A_c^{(Z_e)}(t) = \left\{1 : k_{bt_i}^{(Z_e)}(t) > k_{bpt_i}; 0 : k_{bt_i}^{(Z_e)}(t) \le k_{bpt_i}\right\}, i = \overline{1, SP_n}, \qquad (4.47)$$

де $k_{bt_i}^{(Z)}(t)$ – кількість ТЗ у i-му ЗП;

k_{bpt_i} – допустима кількість ТЗ для одночасного перебування у i-му ЗП.

Взагалі слід відзначити, що вирішення представленої функції (4.37), яка відноситься до задач векторної оптимізації є складним завданням, що не може бути розв’язане числовими методами. В умовах використання імітаційного моделювання для дослідження процесів взаємодії суб’єктів вхідного маршрутного потоку її вирішення може бути реалізовано використанням методів пошуку раціонального стану взаємодії в ТПВ. Раціональним є такий стан який забезпечує максимізацію критерію ефективності без погіршення стану інших рівнів. Негативний вплив організації взаємодії в ТПВ оцінюється через є облік міжрівневих зв’язків (рис. 4.15).

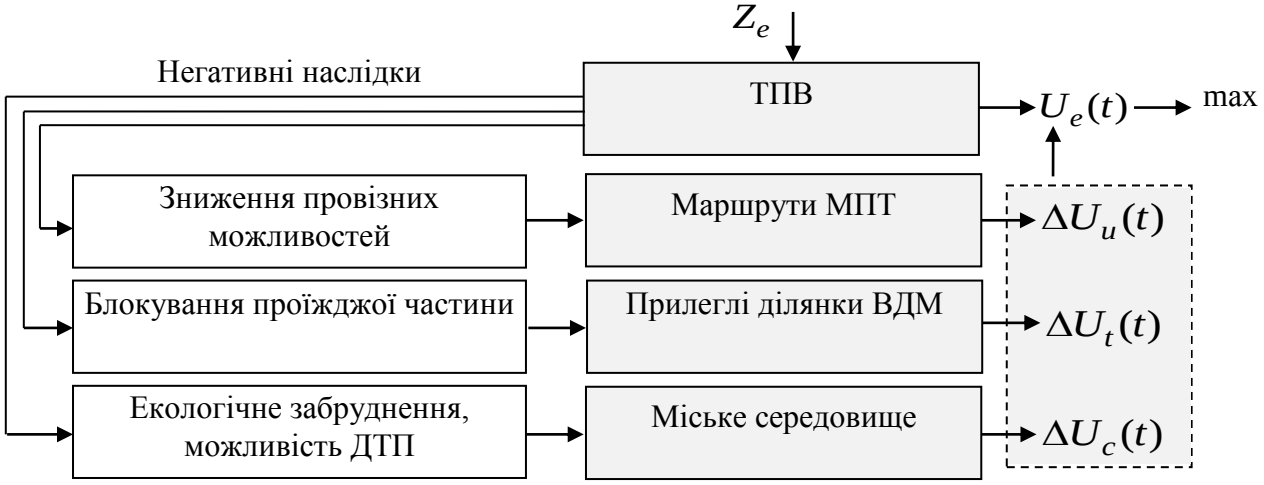


Рисунок 4.15 – Структура оцінювання негативного впливу керуючих дій

Можливість компенсації негативних наслідків для кожного рівня визначається ступенем критичності його стану по відношенню до граничних меж сервісно-ресурсної сталості. У разі, коли є достатній запас резервів ресурсів то негативний вплив не може розглядатися як критерій відбору альтернативи керуючого впливу. Якщо навпаки стан рівня під дією негативних впливів вийде з області сталості то такі керуючі дії недоцільні.

4.5 Параметри перевірки адекватності моделі

Серед умов, що висуваються перед функціональними моделями, є умова їх адекватності фактичним процесам. Встановлення адекватності для слабоструктурованих систем які піддані впливу багатьох чинників у тому числі психофізіологічного характеру є складним процесом. Для його реалізації необхідна розробка методики оцінки дисперсії окремих вибірок вихідних величин за переліком та в тих точках факторного простору, які є визначальними для оцінювання адекватності моделі за характеристичними параметрами. Якщо ця умова не виконується, отримані при реалізації різних етапів плану експерименту дисперсії вихідних величин будуть відрізнятися то розроблена модель потребує уточнення (калібрування) за рядом складових

параметрів. В якості можливих причин низької адекватності моделі функціонування елементів ТПВ є наступні:

– наявність грубих помилок при вимірах вхідних параметрів маршрутного та споживчого потоків;

– дрейф (зміна) параметрів попиту протягом терміну реалізації плану натурних спостережень;

– наявність механізмів суб'єктивного прийняття керуючих рішень щодо встановлення часу перебування ТЗ в ЗП;

– різна точність виміру параметрів у крайніх точках діапазону зміни.

При практичній адаптації моделі до реальних умов функціонування ТПВ необхідно приділяти увагу усунення вказаних причин. Це реалізується шляхом встановлення законів формування параметрів вхідних потоків, комплексністю проведення натурних досліджень, використанням об'єктивних даних про час простою ТЗ та погодженням точок порівняння інформації.

Ключовими параметрами оцінювання адекватності моделі функціонування ТПВ є показники які відносяться до двох базових груп: рівень наповнення ТЗ які виїжджають та час їх перебування в ТПВ. Використання цих показників дає можливість всесторонньо оцінити адекватність моделі. При встановленні часових показників на етапі моделювання базового стану ТПВ використовуються фактичні дані сервісного простою ТЗ.

Висновок про адекватність моделі робиться на основі розрахунку критерія Стьюдента. Використання цього методу обґрунтоване його пристосованістю до оцінювання середніх значень показників. Процедура перевірки адекватності моделі передбачає розрахунок значень *t*-критерія для обох показників за період моделювання t

$$t_i(t) = \frac{\left| M_i^{ex}(t) - M_i^{md}(t) \right|}{\sqrt{m_i^{ex}(t) - m_i^{md}(t)}}, \qquad (4.48)$$

де $M_i^{ex}(t)$ – середньоарифметичне значення показника в періоді t отримане в ході натурних спостережень;

$M_i^{md}(t)$ – середньоарифметичне значення показника в періоді t отримане в ході моделювання;

$m_i^{ex}(t)$ – середня помилка величини $M_i^{ex}(t)$;

$m_i^{md}(t)$ – середня помилка величини $M_i^{md}(t)$.

Отримане значення *t*-критерія порівнюється з табличним значенням яке встановлюється для відповідного рівня значимості та ступеня свободи

$$f_i(t) = (n_i^{ex}(t) + n_i^{md}(t)) - 2, \qquad (4.49)$$

де $n_i^{ex}(t)$ – кількість натурних спостережень в періоді t;

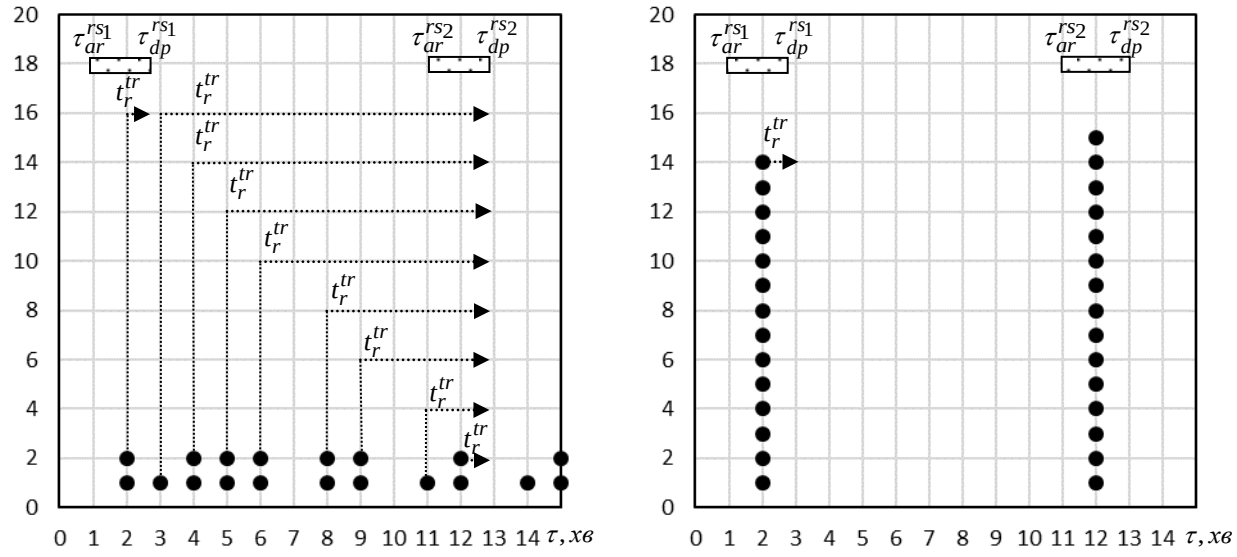
$n_i^{md}(t)$ – кількість спостережень за моделлю в періоді t.

Для підтвердження висновку про статистичну адекватність моделі необхідне виконання вимог, при яких розраховане значення *t*-критерію буде не менше табличного. Позитивне рішення про адекватність моделі приймається за умов того, що вимоги виконуються одночасно для обох показників.

4.6 Аналітичне дослідження впливу часу сервісного простою ТЗ на сервісні показники взаємодії

Метою аналітичного дослідження є встановлення загальних тенденцій впливу часу сервісного простою ТЗ на ефективність ТПВ. Вплив тривалості сервісного простою ТЗ визначається умовами погодження часових параметрів утворення в ЗП обсягів відправлення пасажирів, планового часу відправлення та рівня флуктуації прибуття ТЗ. Скорочення часу пересадки пасажирів досягається синхронізацією періодів перебування ТЗ [288].

Доцільність впровадження синхронізації визначається характером формування обсягів пасажирів в ЗП. На рис. 4.16 наведена ілюстрація процесу впливу формування обсягів пасажирів в ЗП на час очікування пасажирами відправлення.



а) б)

а – початкові поїздки; б – пересадочні поїздки

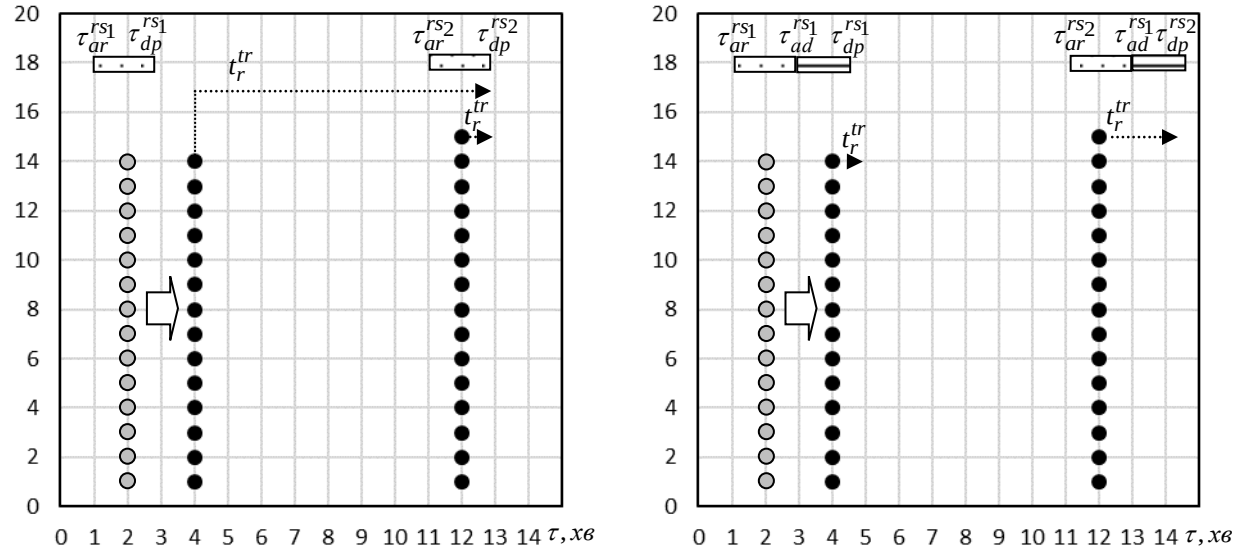
Рисунок 4.16 – Графічне представлення впливу умов формування обсягу пасажирів на час очікування

У періоді $\tau_{ad}^{rs_1} - \tau_{ad}^{rs_2}$ між відправленням суміжних рейсів на ЗП формуються обсяги пасажирів які очікують відправлення. Для початкових поїздок (рис. 4.16 (а)) характерним є рівномірний розподіл прибуття пасажирів у ЗП. За таких умов середній час очікування, який визначається як середньозважена величина, буде знаходитися в межах близько $0{,}5I^{rs_{1-2}}$ (для наведеного прикладу – 5,7 хв). При виникненні флуктуації прибуття ТЗ час очікування буде змінюватися прямо пропорційно зміні міжрейсового інтервалу. Використання заходів синхронізації у цьому випадку не дає можливості впливати на час очікування.

Для пересадочних поїздок (рис. 4.16 (б)) характерним є пакетне формування в ЗП обсягів прибуття пасажирів, що пояснюється їх підвозом

іншими маршрутами. За таких умов впровадження синхронізації, яке реалізується через погодження моментів прибуття та відправлення ТЗ з періодом формування «пакету» пасажирів дозволяє значно скоротити середній час їх перебування в ЗП (для наведеного прикладу – 1 хв).

Основною ключовою задачею синхронізації пересадок пасажирів є забезпечення чіткого дотримання розкладу прибуття ТЗ, що при відсутності організації пріоритетного руху МПТ на під'їзних ділянках ВДМ, робить її вирішення майже не можливою. Альтернативним способом підвищення рівня синхронізації пересадок є розширення діапазону прибування ТЗ у ЗП. На рис. 4.17 представлена ілюстрація впливу сервісного часу на час очікування пасажирами відправлення при впровадженні синхронізації пересадок.



а) б)

а – без сервісного простою; б – з сервісним простоєм

Рисунок 4.17 – Графічне представлення впливу сервісного часу простою ТЗ на час очікування пасажирами відправлення

При відсутності сервісного простою в разі запізненні прибуття ТЗ (рис. 4.17 (а)) спостерігається ситуація при якій всі пасажири, що прибули до ЗП, будуть очікувати наступний рейс. У такому випадку середній фактичний час очікування пасажирами значно збільшиться та може доходити до зони верхньої

межі – величини інтервалу (для наведеного прикладу – 9 хв). Способом усунення такої ситуації є збільшення тривалості перебування ТЗ в ТПВ через впровадження сервісного простою. При впровадженні сервісного простою ТЗ (рис. 4.17 (б)) за умов його відповідності значенню запізнення час очікування пасажирами може бути повністю ліквідований.

Розглянуті ситуації не враховують час, який витрачається пасажирами, що слідують через ТПВ без здійснення пересадочних операцій. Впровадження сервісного простою призведе до збільшення часу їх поїздки та має негативні наслідки на сприйняття ними якості транспортного обслуговування. Збільшення часу простою ТЗ в проміжних ЗП також призводить до зниження провізної можливості маршрутів та збільшенню рівня завантаження ЗП. Завантаження ЗП безпосередньо впливає на рівень резерву їх пропускної спроможності та кількість конфліктних ситуацій, які є джерелом зниження безпеки руху, виникнення черги ТЗ та збільшення екологічних викидів. Тому прийняття рішення про впровадження сервісного простою та встановлення його раціонального значення повинне бути обґрунтоване відповідними розрахунками, які повинні враховувати всі типи переміщень пасажирів через ТПВ та умови забезпечення функціональної сталості ЗП.

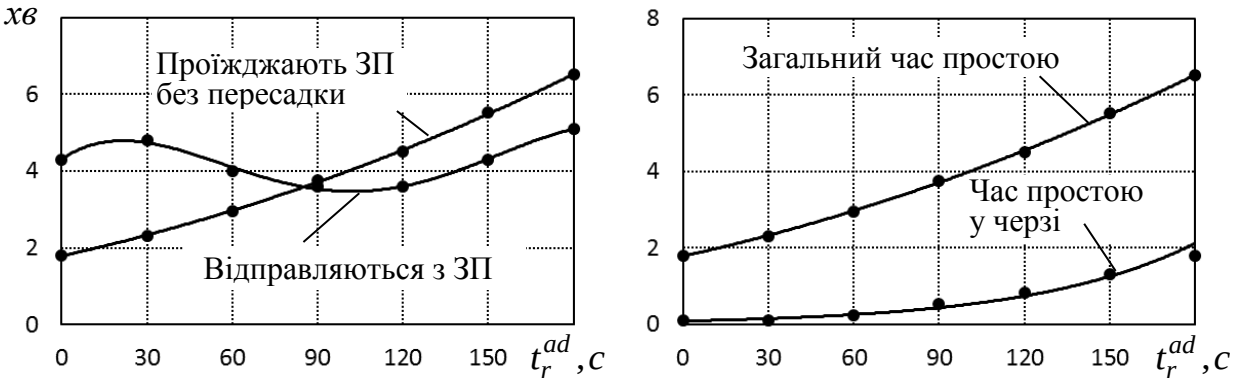
Для встановлення загальних тенденцій та закономірностей впливу сервісного простою ТЗ в ЗП на показники ефективності ТПВ проведені відповідні цикли аналітичних розрахунків. Прототипом для проведення аналітичних досліджень було обрано ЗП «вул. Валентинівська» (50.012744, 36.340177) який входить до ТПВ «вул. Гв. Широнінців – вул. Валентинівська». Розрахунковий період прийнято з 7^{30} до 8^{00}. Через даний ТПВ проходять 4 тролейбусні та 9 автобусних маршрутів. На основі натурних спостережень встановлені базові характеристики вхідного маршрутного потоку та визначені обсяги відправлень пасажирів з ЗП. За допомогою натурних методів обстеження розкладу руху встановлені фактичні моменти прибуття ТЗ по всім ЗП ТПВ (табл. 4.4.).

Таблиця 4.4 – Моменти прибуття ТЗ в ТПВ «вул. Гв. Широнинців – вул. Валентинівська»

Маршрут	ЗП «вул. Валентинівська»	
	Прямий напрямок	Зворотній напрямок
Тл 31	7:03, 7:24, 7:45	7:06, 7:29, 7:54
Тл 35	7:06, 7:17, 7:32, 7:41, 7:54	7:02, 7:19, 7:29, 7:42, 7:59
Тл 42	–	7:05, 7:19, 7:33, 7:45, 7:57
А 107е	7:08, 7:26, 7:41, 7:56	7:08, 7:22, 7:38, 7:57
А 152е	7:10, 7:28, 7:51	7:04, 7:25, 7:46
А 206е	7:07, 7:20, 7:31, 7:42, 7:55	7:05, 7:15, 7:27, 7:39, 7:51
А 259е	7:03, 7:26, 7:55	7:03, 7:28, 7:57
А 263е	7:06, 7:20, 7:37, 7:52, 7:59	7:07, 7:20, 7:34, 7:49
А 268е	–	7:03, 7:18, 7:34, 7:50
А 294е	7:05, 7:25, 7:46	7:03, 7:28, 7:48
Маршрут	ЗП «вул. Гв. Широнинців»	
	Прямий напрямок	Зворотній напрямок
Тл 34	7:00, 7:02, 7:05, 7:11, 7:17, 7:21, 7:25, 7:29, 7:32, 7:38, 7:44, 7:49, 7:52, 7:59	7:02:04, 7:05:28, 7:09:01, 7:13:44, 7:17:27, 7:21:34, 7:25:31, 7:29:08, 7:33:56, 7:36:50, 7:41:04, 7:45:18, 7:50:24, 7:55:44
Тл 42	7:05, 7:17, 7:33, 7:49	–
А 52е	7:02, 7:05, 7:12, 7:16, 7:23, 7:27, 7:34, 7:38, 7:46, 7:50, 7:58	7:03, 7:08, 7:15, 7:20, 7:26, 7:33, 7:39, 7:44, 7:48, 7:53, 7:57
А 268е	–	7:03, 7:20, 7:34, 7:49
А 272е	7:10, 7:36	7:30, 7:57

Аналіз моментів часу прибуття ТЗ на маршрутах з регулярним рухом дозволив встановити загальну тенденцію щодо зміни часу відхилення. Діапазон запізнення для тролейбусних маршрутів знаходиться в межах 2-5 хв. Для варіантів реалізації поїздок встановлені обсяги відправлення пасажирів з ЗП «вул. Гв. Широнінців – вул. Валентинівська» у відповідні моменти часу та за період в цілому. Встановлено, що основним джерелом формування пересадочних поїздок в ЗП є тролейбусний маршрут Тл 34. На основі аналітичних розрахунків реалізованих в Microsoft Office Excel отримані значення часових показників тривалості перебування пасажирів в ЗП. На їх основі побудовані характеристичні графіки зміни часових параметрів

перебування пасажирів та ТЗ в ЗП, в залежності від середньої тривалості сервісного простою (рис. 4.18).



а – час перебування пасажира у ЗП; б – час перебування ТЗ у ЗП

Рисунок 4.18 – Зміна часових параметрів обслуговування у ЗП «вул. Гв. Широнінців – вул. Валентинівська»

Аналізуючи отримані графіки можна виділити наступні загальні тенденції впливу часу сервісного простою часу на складові ефективності ТПВ. При тривалості сервісного простою ТЗ в межах до 30 с відбувається збільшення середнього часу пересадки транзитних пасажирів (з 4,3 хв до 4,8 хв). Така ситуація пояснюється тим, що такий період не дає можливість реалізувати синхронізацію пересадок, а навпаки збільшує час перебування пасажирів в ТЗ, що простоюють в ЗП. Подальше збільшення часу сервісного простою з 30 с до 110 с дозволяє синхронізувати пересадку пасажирів, що забезпечує скорочення часу їх перебування в ТПВ до 3,5 хв. Впровадження сервісного простою понад 110 с призводить до зростання часу пересадки за рахунок збільшення непродуктивного простою ТЗ. Час, що витрачається транзитними пасажирами які проїжджають ЗП без пересадки збільшується пропорційно часу сервісного простою. Виходячи з наведеного аналізу графіків представлених на рис. 4.18 (а) можна зробити висновок про можливість впровадження сервісного простою в межах від 30 до 110 с. Для прийняття остаточного рішення необхідно

встановити значення сервісних показників ефективності, що повинні враховувати обсяг та структуру пасажиропотоків, які формуються в ТПВ.

Впровадження часу сервісного простою ТЗ призводить до підвищення рівня завантаження ЗП, що знижує резерв його пропускної спроможності та призводить до збільшення конфліктних ситуацій. На основі аналізу графіків представлених на рис. 4.18 (б) можна встановити, що час простою ТЗ в черзі змінюється за експоненціальною залежністю. При тривалості сервісного простою 90 с середній час простою ТЗ в черзі складає 0,4 хв, а при збільшенні до 180 с – 1,8 хв. Така закономірність пояснюється переходом суб'єктів взаємодії межі ресурсного забезпечення функціональної стабілізації ЗП.

4.7 Висновки за розділом 4

1. Базовим функціональним елементом ТПВ є зупинні пункти в межах, яких реалізується сукупність технологічних операцій характер протікання яких визначає поточний стан суб'єктів маршрутного потоку та описує у часі хронологічною послідовністю їх зміни.

2. Складовим елементом параметризації взаємодії суб'єктів маршрутного потоку є кількісні та часові показники формування накопиченого в ЗП попиту, оцінку якого можна реалізувати за допомогою розробленої моделі міжмаршрутного розподілу пасажиропотоку.

3. До складу моделі визначення часових параметрів взаємодії суб'єктів маршрутного потоку включається додатковий сервісний та непродуктивний простій ТЗ у черзі, що ґрунтується на необхідності обліку фактичної тривалості їх перебування в ЗП з позиції оцінки впливу на складові показники функціональної сталості ТПВ.

4. Важливою складовою організації технологічної взаємодії суб'єктів маршрутного потоку є встановлення фактичного часу прибуття ТЗ, на який поруч з плановим розкладом руху оказує суттєвий вплив флуктаційні процеси, що формуються на ділянках ВДМ перед ТПВ.

5. Наявність характерного міжрівневого впливу в структурі представлення взаємодії суб’єктів вхідного маршрутного потоку дало підґрунтя для виділення структури критерія ефективності у вигляді головної складової яка відтворює рівень функціональної сталості ЗП ТПВ та системи обмежень яка забезпечує облік її погодження з ресурсними вимогами маршрутів, ВДМ та забезпечення зниження негативного впливу на МС.

6. Скорочення часу міжмаршрутної пересадки пасажирів досягається синхронізацією періодів перебування ТЗ у ТПВ за рахунок встановлення додаткового сервісного простою, доцільність якого визначається умовами погодження часових параметрів утворення обсягів відправлення пасажирів у ЗП, планового часу відправлення ТЗ та рівня флуктуації їх прибуття.

Основні результати дослідження по даному розділу опубліковані в роботах [13, 19, 20, 30, 32, 33, 34, 41, 48].

РОЗДІЛ 5
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИМИ ВУЗЛАМИ

5.1 Загальні вимоги до управління функціональною стабілізацією процесів взаємодії в ТПВ

Управління технологічним процесом представляє собою організаційно-технічну задачу, для вирішення якої необхідне встановлення базових вимог до очікуваних результатів та створення алгоритму реалізації керуючих дій. Метою управління ТПВ є стабілізація сервісно-ресурсних показників взаємодії суб'єктів маршрутного потоку в межах існуючих ЗП, що досягається оптимізацією технологічного процесу за встановленим критерієм ефективності.

Відповідно до методологічних рівнів дослідження МПТ, головним критерієм оцінки результативності управління ОІ є узгодження сервісно-ресурсних параметрів взаємодії суб'єктів вхідного потоку з умовами забезпечення їх ефективності яка вимірюється рівнем запасу функціональної сталості ЗП. Однак у міру того, що вирішення такої задачі обумовлене значною багатоаспектністю, характеризується складними структурними зв'язками, має широку варіативність реалізації, а її можливі результати виходять за межі внутрішнього середовища стає потреба розробки сукупності локальних керуючих дій та алгоритмів формування управлінських рішень. Такі рішення за своїми логіко-характеристичними ознаками повинні бути зорієнтовані на забезпеченні поетапного досягнення глобальної мети МПТ.

При оцінці ефективності управлінських рішень з впровадження у ТПВ сукупності технологічних керуючих дій враховуються певні локальні критерії, що характеризуються показниками відображення головної міри бажаного результату та виступають основою для визначення раціонального варіанта їх реалізації. Використання групи локальних критеріїв для оцінювання ефективності технологічних рішень дозволяють забезпечити наступні переваги:

– скорочення варіативності простору можливих рішень за рахунок аналізу безпосередніх чинників внутрішнього впливу на параметричні області сервісно-ресурсної сталості ЗП ТПВ та усунення непридатних альтернатив;

– дозволяє сформувати логічну структуру алгоритму пошуку керуючих дій на основі оцінки стану суб’єктів маршрутного потоку;

– забезпечує можливості проведення причинно-наслідкового аналізу формування ризиків зниження ефективності ТПВ та виділення на їх основі комплексу керуючих дій спрямованих на усунення джерел їх виникнення;

– підвищує точність та знижує трудомісткість проведення експериментальних досліджень.

З позиції забезпечення раціональності опису технологічних процесів взаємодії суб’єктів маршрутного потоку, до локальних критеріїв оцінювання ефективності технологічних рішень в ТПВ висуваються наступні вимоги:

– використання доступної інформації, що може бути отримана за результатами модельних та експериментальних досліджень;

– здатність знаходити оптимальне рішення в найкоротший термін;

– оперативність встановлення раціональних показників сукупності керуючих дій;

– можливість чіткої реалізації керуючих дій у межах наявних ресурсних можливостей ЗП;

– цільова погодженість з загальним критерієм ефективності МПТ та можливість здійснення комплексного контролю за його досягненням.

На основі проведеного технологічного аудиту та сформованих вимог до функціонування ТПВ виділені основні групи управлінських рішень забезпечення ефективної взаємодії, що передбачають розробку локальних критеріїв встановлення параметрів керуючих дій за наступними напрямками:

– оптимізація використання ресурсних можливостей ЗП;

– дублювання функцій елементів ТПВ;

– об’єднання ресурсів ЗП;

– формування ресурсної інерційності взаємодії суб’єктів маршрутного потоку в межах наявних ЗП ТПВ;

– розосередження взаємодії суб’єктів вхідного маршрутного потоку в ЗП за часом.

Виділені вимоги та напрямки формування керуючих дій є основою для встановлення контуру функціональних зв’язків системи управління та визначення її відповідності критерію комплексності.

5.2 Напрями управління ризиками сталості МПТ

Аналіз системності, повноти та взаємопов'язаності ризиків дестабілізації МПТ полягає у розгляді цілої ризик-системи, єдність якої забезпечується обліком взаємозв’язків, що виникають у процесі його функціонування. Функціональні процеси, що відбуваються в об’єктах підсистем обслуговування та забезпечення МПТ та зовнішніх системах МС розглядаються як ланка яка повинна відповідати принципам самоорганізації та єдності управління. Ризики у такій системі ототожнюються з внутрішніми відхиленнями, що виводять систему з рівноваги. Розмах цього виведення визначає величину їх оцінки, а відновлення рівноваги – методи впливу. Складність формалізації системності оцінювання ризиків полягає у нечіткості представлення та наявності складної ієрархічної структури їх міжрівневого формування та впливу. Для оцінювання ризиків дестабілізації взаємодії в ТПВ з позицій оцінювання впливу МПТ на рівні метасистеми МС доцільно застосувати нечітку продукційну модель, в основі якої лежить структурно-логічна мережа, що дозволяє описати вплив різних компонент на формування її загального результату [340]. Побудова нечіткої продукційної мережі передбачає визначення множини n_b чинників виникнення ризиків $U_x = \{u_i\}, i = \overline{1, n_b}$ та множини m_b показників ризиків $O_x = \{o_i\}, i = \overline{1, m_b}$. Виділені множини входять до відповідних методологічних рівнів представлення МПТ та характеризують його ризик-систему в межах

метасистеми МС. Якісне оцінювання рівня параметрів ризик-системи проводиться за допомогою лінгвістичних змінних, що можуть бути представлені у вигляді базових терм-множин. Для чинників ризику терми представлені трьома варіантами: низька відповідність, часткова відповідність та повна відповідність. Виділення чинників ризиків проводиться на основі аналізу структури внутрішніх та зовнішніх зв'язків МПТ в межах метасистеми МС. Перелік чинників що впливають на формування ризиків сталості МПТ для виділених методологічних рівнів представлено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Чинники ризиків сталості МПТ

Позначення	Найменування лінгвістичної змінної
1	2
1 рівень – Об'єкти інфраструктури МПТ	
u_{11}	Перевищення часу перебування в ЗП вимогам пасажирів
u_{12}	Перевищення допустимої кількості ТЗ у ЗП
u_{13}	Тривалий простій ТЗ у ЗП
u_{14}	Ускладнення умов виконання операцій маневрування ТЗ
u_{15}	Переповнення ЗП
u_{16}	Одночасне прибуття ТЗ у ЗП
2 рівень – Маршрутна мережа МПТ	
u_{21}	Зниження якості транспортного обслуговування пасажирів
u_{22}	Відмова обслуговування пасажирів
u_{23}	Порушення режимів роботи ТЗ
u_{24}	Зниження провізних можливостей МПТ
u_{25}	Зниження рентабельності перевезень
u_{26}	Перевищення попиту над пропозицією
u_{27}	Використання додаткових ресурсів підприємств МПТ
u_{28}	Дискоординація взаємодії МПТ
u_{29}	Збільшення собівартості перевезень

Продовження таблиці 5.1

1	2
3 рівень – Міська транспортна система	
u_{31}	Зниження пропускної спроможності ВДМ
u_{32}	Збільшення впливу транспорту на екологічне середовище
u_{33}	Зростання рівня використання індивідуального транспорту
u_{34}	Виникнення аварійних ситуацій
u_{35}	Збільшення економічного впливу транспорту
u_{36}	Необхідність будівництва нових об’єктів транспортної інфраструктури
4 рівень – Міське середовище	
u_{41}	Соціальна напруженість
u_{42}	Обмеженість використання потенціалу міського середовища
u_{43}	Дестабілізація економічного середовища
u_{44}	Непридатність міських територій для проживання
Загальний рівень	
u_{51}	Зниження якості життя населення

В умовах багаторівневого представлення ризик-системи необхідно описати переходи від чинників ризику одного рівня до іншого. Зв'язок реалізується на основі принципів MISO-структури (багато входів – один вихід) та представляє собою каскадне поєднання нечітких продукційних правил, що описують відображення вхідних чинників на показник ризику. Природно, що формування нечіткої продукції, в першу чергу, включає в себе опис її компонентів, тобто передумов (o_i) та висновку (u_i), комбінація яких визначає нечітку продукцію. Сформована база продукційних правил має властивості повноти, ненадлишковості та несуперечності. Структуру розробленої багаторівневої нечіткої продукційної мережі моделі оцінювання ризиків сталості МПТ подано на рисунку 5.1.

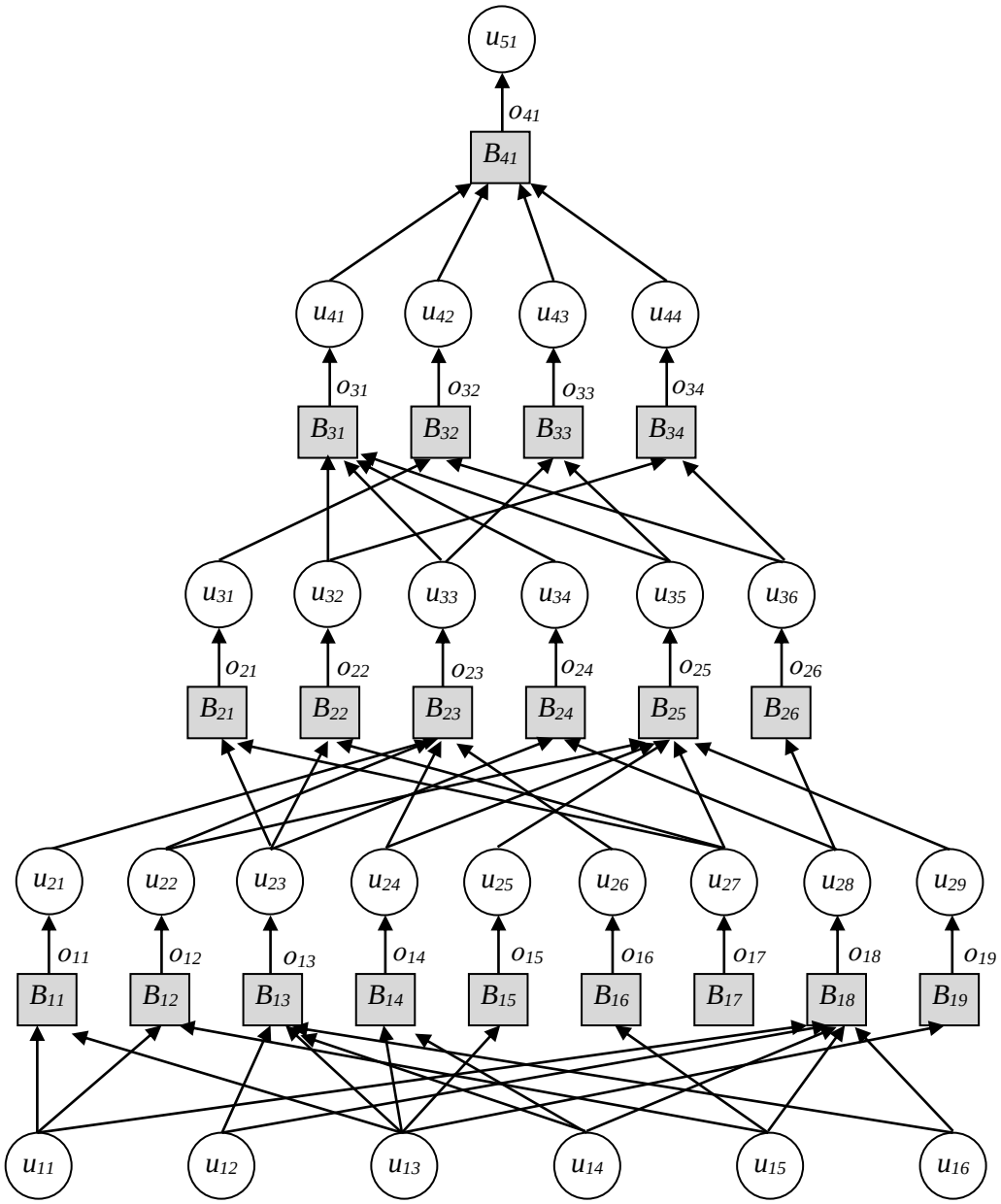


Рисунок 5.1 – Багаторівнева нечітка продукційна мережа моделі оцінювання ризиків сталості МПТ

Оцінка показників ризику проводиться за допомогою чотирьох базових термів: низьке очікування ризику, середній рівень очікування ризику, високе очікування ризику та критичний рівень очікуваного ризику. Для формування оцінок та нечітких продукційних правил використовуються емпіричні форми представлення взаємозв’язків ризик-моделі. Причинно-наслідкове співвідношення між чинниками та показниками ризику задається у вигляді

нечіткої множини на основі відповідних правил. Для кожного методологічного рівня розробляються свої бази правил (B_{ki}), що визначають лінгвістичний стан ризиків. Міжрівневий перехід між чинниками ризику та їх показниками в моделі реалізуються шляхом встановлення відповідності лінгвістичних змінних

$$o_{ki} = u_{(k+1)i}, i = \overline{1, n_b}, \tag{5.1}$$

де k – методологічний рівень представлення МПТ.

Нечітка продукційна модель дозволяє забезпечити широкий спектр обліку чинників ризику, інтегрувати якісні та кількісні їх характеристики в оцінку ризику сталості МПТ. Представлена нечітка продукційна модель включає 6 базових чинників ризику першого рівня (об'єкти інфраструктури), 9 – другого (маршрутна мережа), 6 – третього (міська транспортна система) та 4 – четвертого (міське середовище). Модель реалізується на основі 20 правил, що забезпечують можливість проведення лінгвістичного аналізу ризику сталості МПТ в умовах міжрівневого оцінювання.

Виділена структура правил дозволяє оцінити ступінь пріоритету ризиків (низький, середній, високий, критичний) та визначити характер їх впливу на стан метасистеми МС. Процедура фазифікації чинників ризику сталості МПТ проводиться на основі встановлення функцій приналежності терм-множин вхідних та вихідних величин шляхом проведення експериментальних досліджень в області формування їх критичності відносно параметрів внутрішнього та вищого рівнів. Представлена нечітка продукційна модель оцінювання ризиків сталості МПТ базується на реалізації процедури виділення правил міжрівневого переходу станів. Необхідною умовою реалізації такої процедури є виділення функцій приналежності нечітких множин, що характеризують внутрішньорівневі чинники ризиків. Виділені терми їх оцінювання мають трьохрівневу шкалу оцінки, яка потребує виділення меж розподілу їх приналежності. Задача встановлення меж приналежності нечітких

множин полягає у виділенні виду та характеру функції параметризації її ключових точок переходу. У загальному вигляді для запропонованої форми представлення термів можливо застосувати кусково-лінійну функцію приналежності. Чинником, що визначає ступінь належності елемента до відповідного терму, є рівень резервів ресурсних можливостей.

Задача управління ризиками є однією зі складових частин розробки концепції сталості МПТ. Реалізація технологічних процесів з транспортного обслуговування населення МПТ характеризується високою нестабільністю та динамічністю зміни функціональних середовищ, що в поєднанні зі складністю та розмірністю контрольних параметрів оцінювання призводять до того, що формування сукупності керуючих дій відбувається в умовах значної невизначеності. Необхідність впровадження моделей управління ризиками в технологічні процеси обумовлюється значною розмірністю та складністю представлення МПТ в структурі МС. Технологія управління ризиками в складних неоднорідних системах – це послідовність процедур та операцій, що призводять до досягнення поставленої стратегічної мети, яка полягає у мінімізації ймовірності їх виникнення до допустимого або нульового рівня. Існує зв'язок між ризиком та ефективністю процесу, що представляє собою відповідні кореляційні моделі, що через структурну складність представлення об’єкту дослідження не можуть бути формалізовані в явному виді, а описуються за допомогою узагальнених форм.

Під ризиком сталості МПТ, слід розуміти можливі несприятливі події, що відбуваються в межах технологічних середовищ та призводять до критичного зниження його сервісно-ресурсних параметрів функціонування (вихід з простору сталості). Дестабілізуючі ситуації є результатом прояву певної сукупності чинників ризику, що породжуються тими чи іншими умовами їх формування та джерелами виникнення. Серед основних базових характеристик ризику також слід виділити їх наслідки та ступінь впливу на стан внутрішнього та суміжного зовнішнього середовищ.

Основна мета управління ризиками сталості МПТ – це зниження ймовірності настання несприятливих подій та їх негативного впливу. Процес управління ризиками сталості МПТ передбачає реалізацію наступних етапів:

- визначення складу та структури зв’язків чинників ризиків;
- ідентифікація джерел ризиків;
- виділення груп заходів та розробка керуючих дій з їх усунення;
- оцінка ступеню результативності впливу керуючих дій на ризики;
- розробка моделі системного управління ризиками.

Оцінка ризиків, крім скорочення можливих негативних наслідків, дає можливість обґрунтувати стратегічні напрями управління МПТ. Аналіз можливих напрямів зниження ризиків сталості МПТ включає наступні етапи: виділення причин ризику, виявлення ймовірних негативних наслідків, оцінка впливу на всі рівні представлення МПТ, визначення можливостей щодо запобігання та компенсації негативних наслідків.

Теоретичні дослідження у сфері сталості функціональних систем [341, 342] та аналіз структури формування ризиків сталості МПТ дозволили виділити стратегічні напрями їх ліквідації. Механізми сталого розвитку МПТ відповідно до закону необхідної різноманітності Ешбі У.Р. за своєю потужністю повинні відповідати сумі впливів та забезпечувати єдність процедур. Даний закон виступає в якості умов формування базового правила побудови ефективної системи управління функціональною сталістю ТПВ. Адаптація цього закону до ТПВ може бути реалізовано шляхом формування базового принципу: для ефективного управління ТПВ необхідно, щоб різноманітність сукупності керуючих дій була не менше, ніж різноманітність чинників ризику їх функціональної сталості. Це означає, що для управління ТПВ структура управлінської системи повинна мати різноманітність, що дозволяє забезпечити усесторонній вплив на умови ліквідації джерел виникнення ризиків сталості. Базою для формування моделі управління ТПВ є структура комплексної моделі, яка відображає зв’язки між основними компонентами управління ризиками сталості МПТ (рис. 5.2).

Рисунок 5.2 – Структура комплексної моделі управління ризиками сталості МПТ

Основою формування керуючих дій з сталого розвитку МПТ є концепція посилення взаємозв’язків у структурі метасистеми МС та формування єдиної цілеспрямованої системи всебічної інтенсифікації, що забезпечує підвищення його позитивного впливу на якість життя населення. Необхідним є конкретизація умов та способів реалізації з урахуванням особливостей їх формування для всіх рівнів. Виходячи з виділених вимог можливий склад керуючих дій сталого розвитку МПТ подано на рисунку 5.3.

Рисунок 5.3 – Керуючі дії формування сталого розвитку МПТ

Відповідно до структури сталого розвитку МПТ, необхідною умовою є забезпечення стаціонарності його функціональних процесів. Задача стабілізації МПТ безпосередньо виникає з проблеми формування умов сталості та може реалізовуватися за допомогою керуючих дій зі створення їх інерційності, обмеження або регулювання. Формування механізмів інерційності МПТ реалізується на основі принципу погашення імпульсних коливань за рахунок

забезпечення раціонального співвідношення між амплітудою зовнішнього коливання та ресурсними можливостями. Цей механізм передбачає створення потужної ресурсної бази МПТ шляхом залучення відповідних фінансових можливостей транспортних підприємств та органів муніципальної влади. Створення потужної ресурсної бази передбачає підвищення пропускної спроможності елементів ВДМ, розбудову об'єктів пасажирської транспортної інфраструктури, збільшення парку рухомого складу та ін. Такий механізм в умовах обмеження фінансових можливостей організаторів та учасників транспортного процесу є мало реальним для практичного впровадження, потребує пошуку інших доступних рішень, у тому числі, за рахунок стабілізації через обмеження обміну зі зовнішнім середовищем.

Керуючі дії зі збереження типу функціонування, спрямовані на підтримку нормального порядку протікання процесів. Дублювання елементів є механізмом забезпечення надійності функціонування МПТ та реалізується шляхом створення резервів відповідних ресурсів. Важливим є встановлення балансу дублювання елементів, як складового чинника забезпечення надійності МПТ. Заміна елементів МПТ, яка відображає властивості еластичності, передбачає таку процедуру зі складниками, що стають неефективними під дією впливів. Серед таких форм можна виділити наступне: заміна виду транспорту, транспортного засобу, траси маршруту та ін. Важливим за своїм практичним значенням є механізм розосередження, що передбачає взаємну адаптацію використання ресурсів через їх ефективний розподіл у часі та територією. В умовах ТПВ така форма реалізується через формування єдиного розкладу руху, погодження технічних та технологічних умов взаємодії всіх видів транспорту, виділення пріоритетів обслуговування та ін.

Збереження структури спрямоване на забезпечення сталості МПТ шляхом формування умов інваріантного стану реалізації процесів. При значних рівнях впливів, структура МПТ може бути принесена в якості жертви для забезпечення її функціонування шляхом заміни окремих складових внутрішніми або зовнішніми елементами. В умовах МПТ таким прикладом є перехід до

використання індивідуальних автомобілів, перетік пасажиропотоку на інші види транспорту, переорієнтація маркетингових потреб пасажирів та ін. Однак ці перетворення призводять зниження ефективності міської транспортної системи та сталості МПТ. Збереження структури МПТ є необхідною умовою створення передумов сталого розвитку та реалізується шляхом формування резервів, тимчасовим включенням програм їх використання, адаптацією до нових умов функціонування, реорганізацією зовнішнього середовища та впровадженням принципів синергетичного підходу.

5.3 Формування адаптаційного циклу управління ТПВ

Методологічними засадами управління технологічним процесом функціонування 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 локальних рішень. Метою управління є зниження часу перебування пасажирів у ТПВ за умов одночасного забезпечення стабілізації стану ЗП у межах безконфліктного рівня взаємодії суб’єктів маршрутного потоку. Основними суб’єктами взаємодії виступають ТЗ, що прибувають до ТПВ. Потік суб’єктів характеризується інтервалом прибуття та сукупністю параметрів, що визначають час перебування ТЗ в ЗП. Стабілізація інтервалу прибуття ТЗ ґрунтується на умовах створення безперешкодних умов їх руху по ділянкам ВДМ через які проходять траси маршрутів. Час простою ТЗ у ЗП визначається тривалістю основних технологічних операцій пов’язаних з забезпеченням посадки-висадки пасажирів. Виходячи з розгляду МПТ, як багаторівневої функціональної системи виникає потреба розробки міжрівневої системи управління ТПВ в якій повинна бути реалізована сукупність зворотних зв’язків, що характеризують системні аспекти роботи МПТ. Така форма ґрунтується на обліку характеристичних контурних зв’язків в межах єдиної міжрівневої системи управління ТПВ (рис. 5.4).

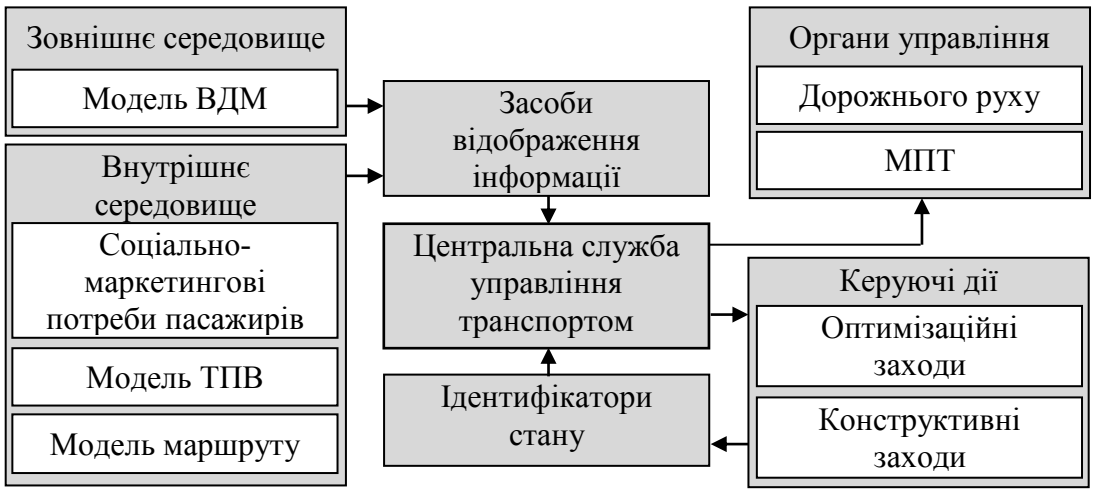


Рисунок 5.4 – Структура міжрівневого управління ТПВ

Об’єктом управління виступають ЗП ТПВ, що описуються вихідною величиною (S_s) відносно конфліктності взаємодії та перебувають під дією зовнішніх збурень (G_h^u) які характеризуються флуктуацією прибуття ТЗ та тривалістю їх простою в ЗП. В якості керуючих впливів на об’єкт управління виступає сукупність дій (Z_e^i), що реалізуються в межах ЗП, маршрутної мережі та ВДМ. У ході реалізації необхідно забезпечити такий тип управління ЗП ТПВ, при якому 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 їх сервісно-ресурсних параметрів у межах просторів функціональної сталості. Міра невизначеності переходів станів визначається величиною інформації у величині Z_e^i про величину S_s

$$I(S_s, Z_e^i) = H(S_s) - H(S_s / Z_e^i). \qquad (5.2)$$

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), що 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 ТПВ (рис. 5.5).

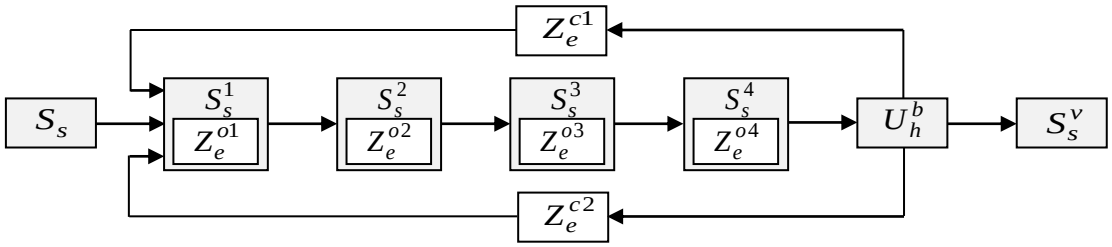


Рисунок 5.5 – Елементи адаптаційного циклу управління ТПВ

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

$$S_s[k_z+1] = \Phi(S_s, Z_e^i, G_h^u, t) \cdot S_s[k_z] + B_h^z(t) \cdot Z_e[k_z] + B_h^G(t) \cdot G_h^u[k_z], \quad (5.3)$$

де $\Phi(S_s, Z_e^i, G_h^u, t)$ – функція переходу яка 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.

Оцінка ефективності управлінських дій реалізується на основі визначення можливості переходу стану ЗП ТПВ до простору функціональної сталості в межах при яких забезпечується відповідний рівень якості транспортного обслуговування пасажирів та зниження конфліктних ситуацій.

5.4 Оптимізаційні заходи управління

5.4.1 Раціоналізація розподілу вхідного маршрутного потоку між ЗП

Процедура узгодження взаємодії суб'єктів вхідного маршрутного потоку в ТПВ у значній мірі визначається параметрами та структурою їх об'єднання на вході у ЗП. Раціональна структура об'єднання вхідних потоків у ЗП ТПВ передбачає пошук такого варіанта закріплення маршрутів, при якому забезпечується досягнення базових умов підвищення їх сервісно-ресурсної ефективності. Розподіл маршрутів між ЗП передбачає пошук раціонального групування вимог на обслуговування суб'єктів між ЗП ТПВ за попередньо встановленим закріпленням, яке визначається умовами доцільності впровадження відповідної розподільчої комбінації. За існуючими правилами перетворення потоків у системі масового обслуговування при їх об'єднанні або розподілі утворюється новий потік, в якому зберігаються всі параметри сукупності вхідних потоків. За виділених умов, загальне замовлення на обслуговування суб'єктів у ЗП ТПВ визначається сукупністю маршрутів, що в залежності від розподілу маршрутів між ЗП формують відповідне значення сумарного потоку в кожному ЗП. Процес переміщення та розподілу ТЗ між ЗП ТПВ можливо представити у вигляді орієнтованого графа (рис. 5.6).

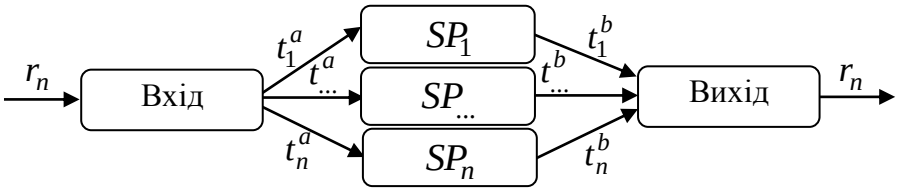


Рисунок 5.6 – Граф проходження ТЗ через ТПВ

В якості вершин 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 простоєм ТЗ у ЗП та виїздом з ТПВ. Тривалість перебування ТЗ у ТПВ визначається сумарною довжиною обраного шляху проходження, що описується у вигляді її умовної вартості

$$Cs_{SP_n(r_n)i} = t_i^a + t_i^b . \qquad (5.4)$$

За такої форми представлення переміщення ТЗ через ТПВ, процедура розподілу зводиться до пошуку розподільчої комбінації закріплення маршрутів за ЗП, при якій буде забезпечена мінімальна вартість шляху проходження. Основою формування такого розподілу є принцип рівноваги, що реалізується на формах самоорганізації складних систем та передбачає вибір раціонального варіанта проходження ТПВ шляхом оцінювання можливих альтернатив кожним окремим суб'єктом потоку замовлень. Процедура самоорганізації передбачає упорядкування обслуговування суб'єктів вхідного маршрутного потоку у ТПВ за рахунок внутрішніх чинників без спеціального зовнішнього впливу шляхом вільного вибору рішення. В основі алгоритму розподілу суб'єктів за ЗП на основі принципу самоорганізації лежить припущення про те, що кожен водій ТЗ має вільний вибір шляху проходження ТПВ та прагне мінімізувати його умовну вартість. Рівноважний розподіл за ЗП визначається на основі вирішення оптимізаційної задачі

$$\sum_{i=1}^{SP_n} \int_0^t Cs_{SP(r)i}(\tau) d\tau \to \min . \qquad (5.5)$$

Рівноважний розподіл без обліку вимог щодо попереднього закріплення маршрутів за ЗП не може бути використаний в якості однозначного критерію вибору шляху проходження. Задача розподілу маршрутів може бути вирішена

за допомогою створення алгоритму в якому поєднуються принципи рівноваги та обліку інформативних ознак маршрутів. В основу такого алгоритму покладений метод Франка-Вульфа, що відноситься до категорії градієнтних методів та передбачає процедуру пошуку оптимального плану через перебір сукупності рішень. Модифікація цього методу для вирішення поставленої задачі полягає у впровадженні процедури ранжування маршрутів відносно їх ресурсної критичності. За такої постановки задача пошуку раціонального розподілу може бути зведена до визначення для кожного маршруту оптимального набору керуючих впливів $\overline{Cc_r}(t)$, що визначають реалізацію процедури вибору відповідного шляху проходження ТПВ

$$\overline{Cc_r}(t) = (Cc_{r_1}^{SP}(t), ..., Cc_{r_n}^{SP}(t)), \qquad (5.6)$$

де $Cc_{r_1}^{SP}(t)$ – керуючий влив щодо вибору ЗП.

Процедура опорного розподілу маршрутів є складовою частиною загального алгоритму та шляхом оцінювання рівня виникнення непродуктивних простоїв ТЗ передбачає реалізацію покрокового відбору сукупності маршрутів для кожного ЗП. Базовим параметром, що визначає ступінь критичності по відношенню до рівня виникнення черги в ТПВ є резервні можливості пропускної спроможності ЗП. Пошук раціонального розподілення маршрутів передбачає формування сукупності комбінаторних конфігурацій опорного розподілу $COM = \{Ccm_i\}, i = (\overline{1,c})$. При формуванні комбінаторних конфігурацій опорного розподілу необхідно врахувати умови відповідності рівню резервних можливостей окремих ЗП. Послідовність формування опорної комбінаторної конфігурації розподілу реалізується на основі виділення рангу пріоритетів маршрутів. Ранжування маршрутів проводиться в зворотному порядку (від максимального до мінімального значення) на основі оцінювання критичності резервів провізних можливостей маршрутів. У результаті ранжування отримується базовий кортеж рангу

маршрутів $\left\langle r_1^1, r_2^1, r_3^1, ..., r_n^1 \right\rangle$ що відображає загальну пріоритетність обслуговування маршрутів. З базового кортежу за ЗП розподіляються перші N_{s1_r} маршрутів загальною кількістю N_{SP}. Далі для відповідних моментів часу τ фіксуються операції обслуговування розподілених маршрутів, що виступають в якості зафіксованих шляхів переміщення. Процедура повторюється за циклічним характером за умов використання в якості фіксованих параметрів для оцінювання рівня завантаження шляху проходження ТПВ часу обслуговування ТЗ розподілених маршрутів. На кожній наступній ітерації з сукупності нерозподілених маршрутів формується їх ранжований кортеж відповідного рівня, що є базовим для оцінювання прийняття можливих рішень з розподілу маршрутів які залишились не закріпленими. Закріплення кожної наступної групи маршрутів відбувається на основі оцінювання рангу очікуваних станів ЗП з урахуванням закріплення попередніх груп маршрутів. Критерій ранжування ЗП відображає рівень їх ресурсних резервів, що залишились після попереднього циклу розподілу

$$R_{SP}^{rm}(t) = \sum_{i=1}^{t} \tau_i - \sum_{i=1}^{t} \sum_{j=1}^{SP} \tau_{o\ ij}^{p}, \qquad (5.7)$$

де τ_o^p – планований момент часу обслуговування ТЗ.

На основі ранжування залишкових резервних можливостей ЗП створюється їх кортеж відповідного рівня. Розподіл перших маршрутів кортежу наступного рівня відбувається за умовою закріплення їх за першими ЗП кортежу другого рівня. Після розподілу маршрутів цикл повторюється з урахуванням використаних ресурсів ЗП на попередніх рівнях розподілу. На кожному кроці комбінаторна комбінація перевіряється на рівень відповідності рівномірності розподілу (5.5). На рисунку 5.7 представлений алгоритм розподілу маршрутів між ЗП ТПВ.

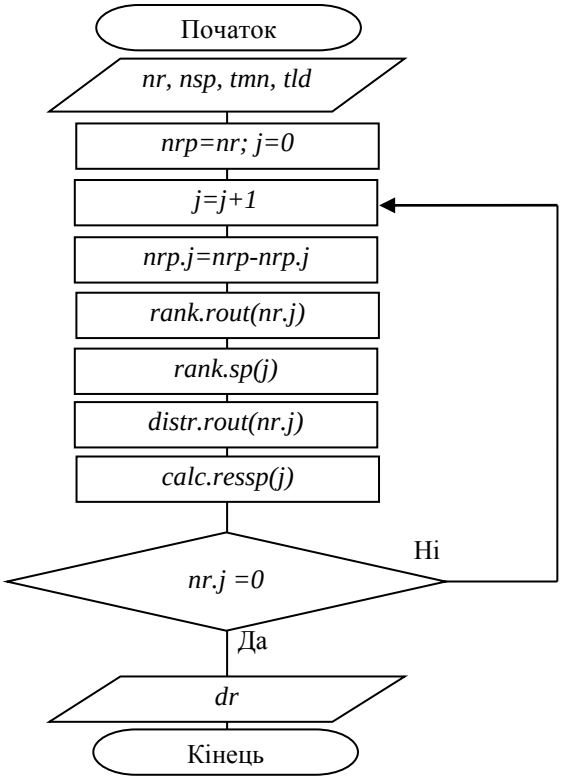


Рисунок 5.7 – Алгоритм розподілу маршрутів між ЗП

Вхідною інформацією є: кількість маршрутів (*nr*), кількість ЗП (*nsp*), час маневрування (*tmn*), час простою ТЗ під посадкою-висадкою пасажирів (*tld*). Основними розрахунковими елементами є: *rank.rout(nr.j)* – ранжування маршрутів, *rank.sp(j)* – ранжування ЗП, *distr.rout(nr.j)* – розподіл *j*-го пакету маршрутів та *calc.ressp(j)* – розрахунок резервів пропускної спроможності ЗП. Отриманий в ході розподілу маршрутів за ЗП приймається в якості базового.

5.4.2 Раціоналізація резервування пропускної спроможності ЗП

Формування резервів пропускної спроможності ЗП ТПВ, спрямоване на створення відповідних умов компенсації збурень їх роботи, викликаних відхиленням часу прибуття, зміною пасажирообміну та неузгодженістю періодів простою ТЗ. Основним елементом управління рівнем резерву пропускної спроможності ЗП є сервісний час (t_r^{ad}), що входить до змінної частини тривалості перебування ТЗ в ТПВ.

Управління ТПВ встановленням раціональної тривалості сервісного простою ТЗ реалізується на основі регулювання через зворотній зв'язок. Адаптація такого підходу до умов стабілізації взаємодії суб’єктів маршрутного потоку в ЗП ТПВ передбачає виконання процедури узгодження часу сервісного простою ТЗ на основі оцінювання зворотного негативного або позитивного зв’язку. Принцип негативного зворотного зв’язку, оснований на формуванні відповіді-реакції на керуючий вплив, яка спрямована на ліквідацію або зменшення чинників виникнення негативних наслідків. Позитивний зворотній зв'язок передбачає в якості реакції-відповіді збільшення тривалості сервісного часу. Процедура має циклічний характер та триває до встановлення рівноважного стану між позитивним та негативним зворотнім зв’язком. На рисунку 5.8 представлена процедура визначення часу сервісного простою ТЗ.

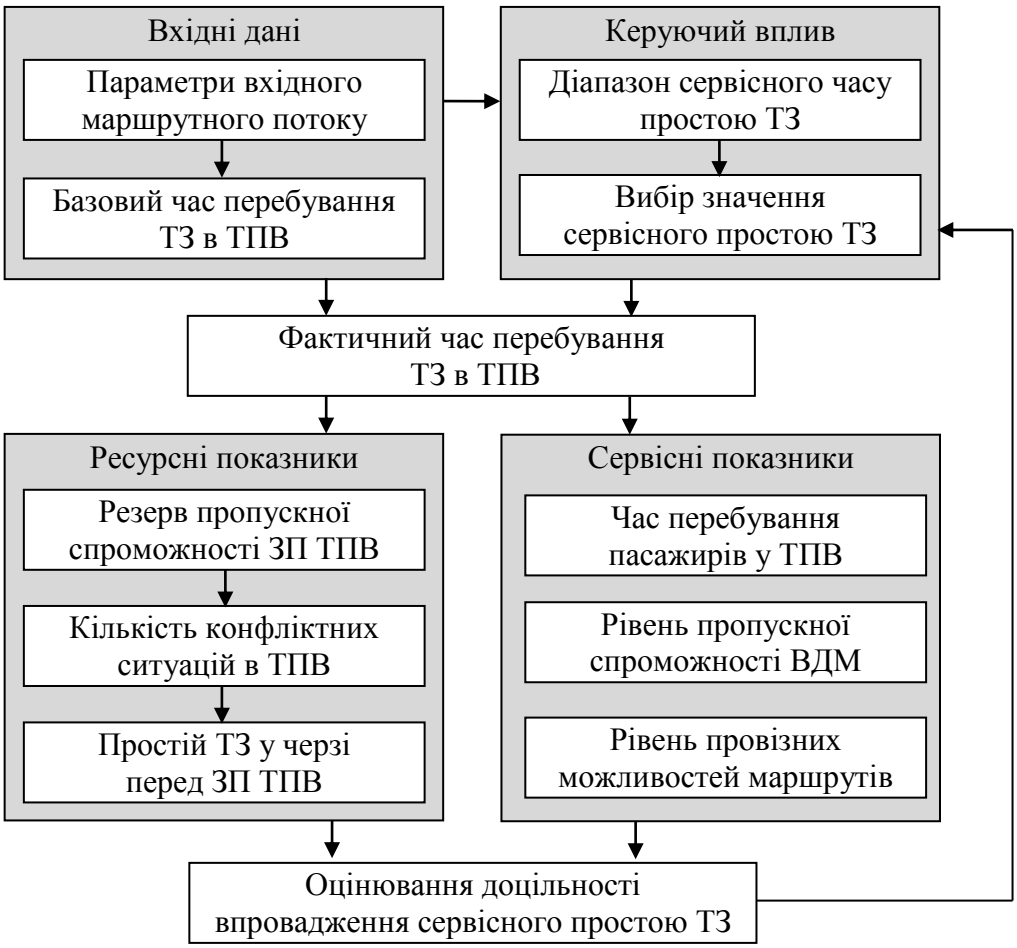


Рисунок 5.8 – Послідовність визначення тривалості сервісного простою ТЗ

Інформацією для реалізації процедури встановлення раціонального рівня резервування пропускної спроможності ЗП виступають параметри вхідного маршрутного потоку, що визначають мінімальний час перебування ТЗ в ТПВ. У залежності від інтенсивності та часу простою ТЗ встановлюється допустимий діапазон сервісного простою. У подальшому з допустимого діапазону обирається значення сервісного часу простою ТЗ який додається до базового часу перебування ТЗ в ТПВ та визначаються сервісно-ресурсні показники функціонування ТПВ. Процедура має циклічний порядок. В якості контролю завершеності циклу виступає перевірка вимог до одержання на кожному кроці зниження часу перебування пасажирів у ТПВ та дотримання умов безконфліктності руху. При виконанні виділених вимог відбувається завершення процедури визначення доцільної тривалості сервісного часу простою ТЗ та встановлення рівня резерву пропускної спроможності ЗП.

5.4.3 Слот-координація руху ТЗ

Слот-координація має своєю метою розподіл у часі моментів прибуття та періодів обслуговування ТЗ. Вона дозволяє знаходити раціональні рішення при узгодженні періодів перебування ТЗ у ТПВ та забезпечує формування розкладу руху по маршрутах з урахуванням обмежень за режимами та існуючими параметрами пропускної спроможності ЗП. Слот-координація руху забезпечує максимальні можливості реалізації потенціалу маршрутної мережі МПТ в умовах ефективного використання ресурсів ТПВ з гарантованим дотриманням узгодженого зі споживачами послуг рівня транспортного сервісу. Слот-координація розкладу руху передбачає формування такого впливу на підсистеми МПТ при якому досягається погодженість взаємодії у ТПВ відносно поставленої мети – забезпечення стабілізації функціонування ЗП. В умовах багаторівневого представлення МПТ, процедуру слот-координації необхідно розглядати, як системну задачу, що вимагає обліку відповідного обсягу структурованого інформаційного забезпечення та вирішується в межах єдиного

координаційного центру. Єдність централізму та автономності функціонування маршрутної мережі МПТ досягається шляхом встановлення відповідних принципів слот-координації, в основі яких лежить оцінка характеристичного взаємозв'язку між окремими суб'єктами маршрутного потоку та визначенню відповідних локальних відносин між ними при реалізації загальної виробничої програми. Структура слот-координації руху представлена на рисунку 5.9.

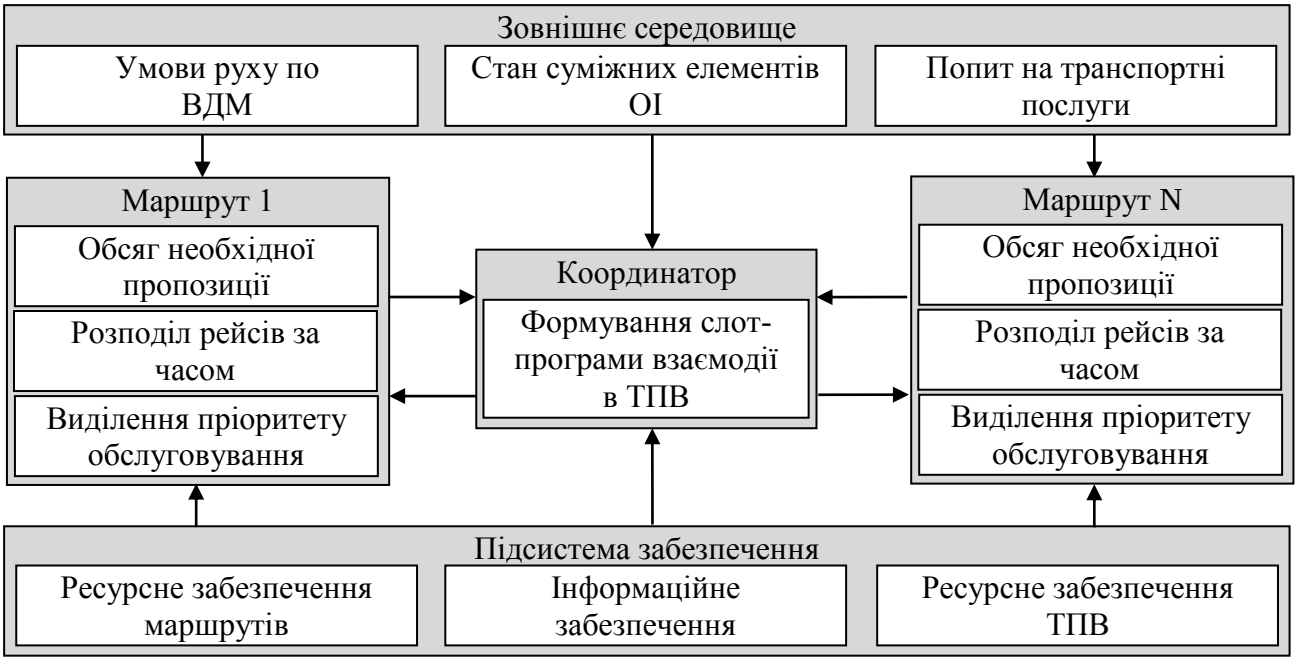


Рисунок 5.9 – Структура слот-координації руху ТЗ через ТПВ

Основними принципами слот-координації є:

– принцип домінанти, що передбачає ранжування маршрутів за ресурсною критичністю;

– принцип спряженого гальмування, в рамках якого реалізується процедура зниження пріоритету маршруту;

– принцип субординації, що спрямований на виділення зони автономності;

– принцип загального кінцевого шляху що передбачає оцінку ефективності координації на основі загального критерію;

– принцип зворотного зв'язку, що передбачає облік відповідності умов соціально-маркетинговим вимогам споживачів послуг.

Процедура визначення розкладу руху ТЗ через ЗП ТПВ відноситься до задач цілочисленного програмування, складність яких зростає експоненційно зі зростанням кількості можливих значень змінних величин. Такі задачі відносяться до класу NP – складних задач. Поставленій задачі також характерна наявність специфічної вихідної інформації щодо технологічних обмежень взаємодії в ТПВ. Незважаючи на наявність широкого спектру методів цілочисленного програмування (метод повного перебору, метод гілок і меж, метод розкраски графів та ін.), вказані складності перешкоджають автоматизації процедури складення слот-розкладу руху для ЗП ТПВ та обумовлюють використання методів штучного інтелекту. Серед таких методів уваги заслуговує генетичний алгоритм, що дозволяє скоротити процедуру пошуку ефективного варіанта слот-розкладу.

Для кожного ЗП розробляється слот-розклад виходячи з сукупності маршрутів $R_{SP} = \left\{ r_{SP_i} \right\}, i = \overline{(1, N_{SP}^r)}$, що в ньому обслуговуються. Вихідною інформацією для розробки слот-розкладу також виступають m_t множин моментів часу перебування ТЗ у ЗП $T_m = \left\{ \tau_{o\ i}^m \right\}, i = \overline{(1,t)}$. Між вказаними множинами є зв'язки, що визначаються організаційною структурою процесів. В якості теоретико-множинної моделі розглядається функція, що відображає декартовий добуток множин $V_{SP} = R_{SP} \times T_m$ на множину $\{0,1\}$

$$V_{SP} : R_{SP} \times T_i \to \{0,1\}, \tag{5.8}$$

де V_{SP} – функція, що відображає прийняття варіанта розкладу.

Якщо функція $V_{SP}(r_{SP_i}, \tau_{o\ i}^m)$ дорівнює 1, то це свідчить про те, що для маршруту r_{SP_i} приймається розклад руху з множини T_m. Еволюційна модель слот-розкладу передбачає знаходження вектору $b_\tau = (b_{\tau 1}, b_{\tau 2}, ..., b_{\tau n}), b_{\tau i} \in t$ який визначає приналежність моментів часу τ_i моментам обслуговування

відповідних маршрутів. До складення слот-розкладу висувається ряд вимог та обмежень. До обов'язкових відноситься умова визначення тривалості перебування ТЗ у ЗП виходячи з часу технологічних операцій. Значення функції V_{SP} у моменти перебування ТЗ у ЗП ТПВ встановлюється

$$V_{SP}(\tau_i) = 1, i = (\overline{\tau_p, \tau_p + t_s}), \tag{5.9}$$

де τ_p – момент можливого прибуття ТЗ в ЗП;

t_s – тривалість періоду перебування ТЗ в ЗП.

Моменти $\tau_p, \tau_p + t_s$ визначають тривалість періоду (слоту часу) перебування ТЗ в ЗП. Слот часу – це відрізок, протягом якого в ЗП може знаходитися ТЗ. Початок слоту встановлюється виходячи з розрахункового інтервалу прибуття ТЗ. Тривалість періоду t_s визначається сумою технологічного та сервісного простою ТЗ.

Відповідно до висунутого загального критерію ефективності ТПВ критерієм вибору раціонального варіанта слот-розкладу є забезпечення мінімізації часу непродуктивного простою ТЗ у черзі. За таких умов критеріальні вимоги формування слот-розкладу приймають наступний вигляд

$$\sum_{i=1}^{t} \tau_{q_i} \to 0, \tag{5.10}$$

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

Виділена задача відрізняється від базової моделі генетичного алгоритму та вимагає її удосконалення. Для її вирішення пропонується багаторівневий генетичний алгоритм відбору варіантів слот-розкладу. Він передбачає виділення n_{ch} рівнів формування кінцевої особини (варіанта розкладу). Кількість рівнів формування (еволюції) визначається кількістю маршрутів, що обслуговуються в ЗП. У генетичному алгоритмі розробки слот-розкладу кожна

особина (варіант розкладу) є одним з варіантів можливих рішень. Особина складається з двох хромосом кожна з яких включає сукупність генів. В якості базового гена прийняті значення вектору b_τ що відображає моменти часу τ_i, розмірність особини при цьому дорівнює t елементів. Структура особини представлена на рисунку 5.10.

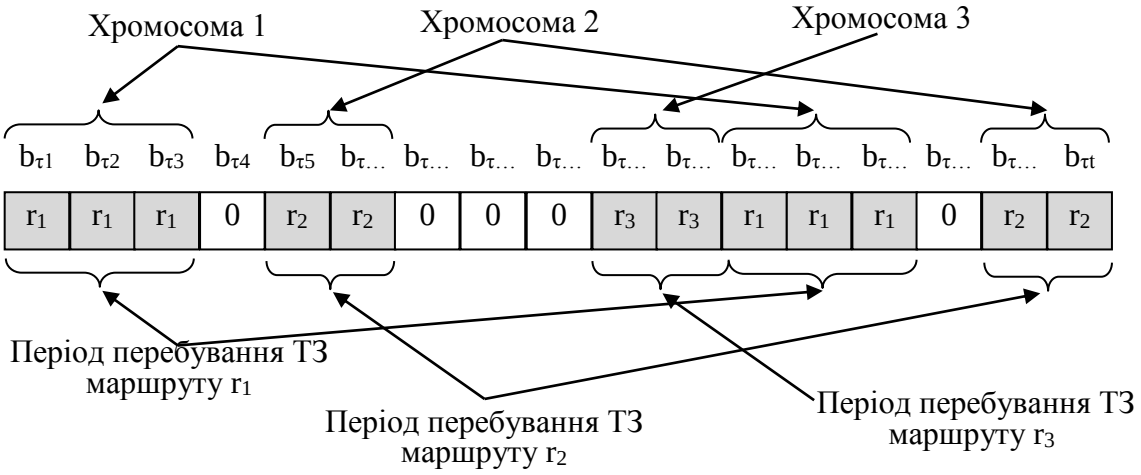


Рисунок 5.10 – Структура особини (варіанта слот-розкладу)

Формування кінцевої особини відбувається шляхом створення початкової популяції, схрещування, селекції, мутації та перевірки умов. Перед формуванням особини відбувається процедура ранжування маршрутів, що проходять через ЗП за резервом їх провізних можливостей. На етапі створення початкової популяції формується основна особина яка включає гени множини T_1, що відображає час перебування в ЗП першого за пріоритетом маршруту та сукупність другорядних особин. Другорядна особина представляє собою набір генів множини T_2 (для другого за пріоритетом маршруту). Циклічність розміщення генів у особині визначається інтервалом руху по маршрутах. Основна особина формується, виходячи з обраного першого моменту обслуговування, набір другорядних особин передбачає суміщення часу перебування в ЗП в межах всього інтервалу прибуття ТЗ. Після цього відбувається схрещування основної особини з кожною другорядною. У

результаті такої процедури народжуються набір особин першого покоління в яких присутні гени множин T_1 та T_2. Селекція передбачає оцінку народжених особин за критерієм (5.10). Особини, що не відповідають критерію, у подальшому схрещуванні не приймають участь. Схема формування кінцевої особини (варіанта слот-розкладу) подана на рисунку 5.11.

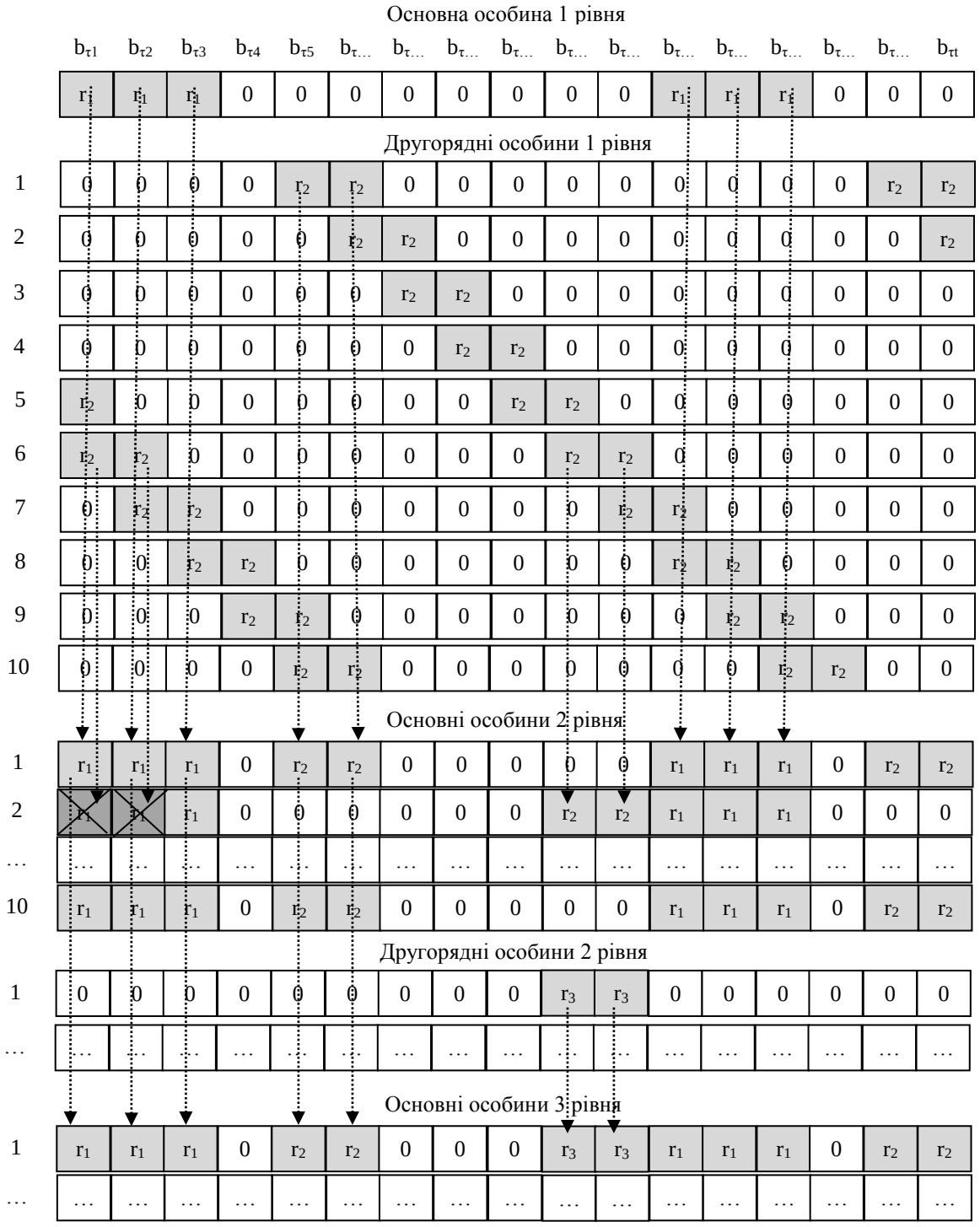


Рисунок 5.11 – Схема формування кінцевої особини (варіанта слот-розкладу)

Якщо схрещування не дає можливості отримати особину, що відповідає критерію, реалізується процедура мутації. Вона передбачає часткову інверсію (зміщення генів) другорядної особини на величину, що дорівнює часу непродуктивному простою ТЗ другого за рангом маршруту з подальшим корегуванням остаточної частини складу генів. Після процедури мутації знов проводиться оцінка за критерієм. Наступний етап передбачає перехід до нового рівня формування варіанта. В якості основної приймається особина, яка відповідає критерію відбору а другорядною – особина сформована з множини T_3 (для третього за рангом маршруту). Послідовність дій має циклічний характер та передбачає виконання сукупності операцій, описаних для першого кроку. У результаті формування остаточної особини отримуємо сукупність можливих варіантів слот-розкладу руху через ЗП. На рисунку 5.12 наведено алгоритм формування слот-розкладу.

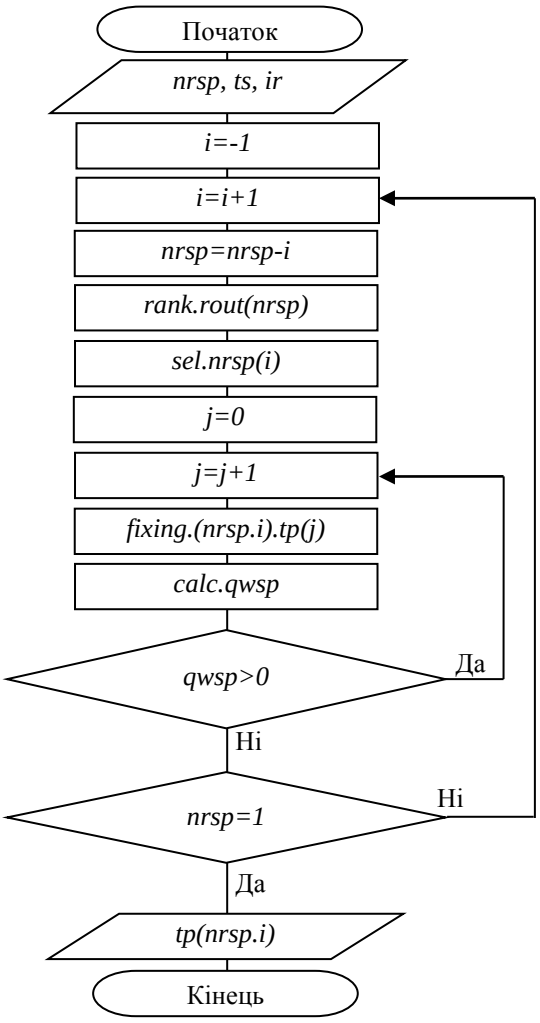


Рисунок 5.12 – Алгоритм формування слот-розкладу

Вхідними параметрами алгоритму є: кількість маршрутів, що прибувають до ЗП (*nrsp*), плановий інтервал прибуття (*ir*), час простою ТЗ в ЗП (*ts*). У межах кожної ітерації на основі реалізації процедури ранжування *rank.rout(nrsp)* обирається маршрут *sel.nrsp(i)*, що є базовим для генерації основних особин (варіантів). Для цього маршруту фіксуються періоди *fixing.(nrsp.i).tp(j)* перебування ТЗ в ЗП. У подальшому на основі реалізації процедури *calc.qwsp* проводиться оцінка придатності сформованого варіанта розкладу. У разі невідповідності критерію проводиться повернення до процедури *fixing.(nrsp.i).tp(j)* для розгляду іншого варіанта. Цикл завершується після розподілу всіх маршрутів.

Задача формування мережевого слот-розкладу ускладнюється необхідністю погодження розкладів руху між різними ТПВ. Такий взаємний вплив породжує додаткові умови та обмеження що потребують відповідного аналізу та структуризації етапів формування слот-розладу з позицій находження компромісу між субординацією та загальною координацією. Формування передбачає реалізацію етапів побудови локальних слот-розкладів та їх взаємне узгодження за часом руху по сполучених маршрутах. На рисунку 5.13 представлена схема формування мережевого слот-розкладу.

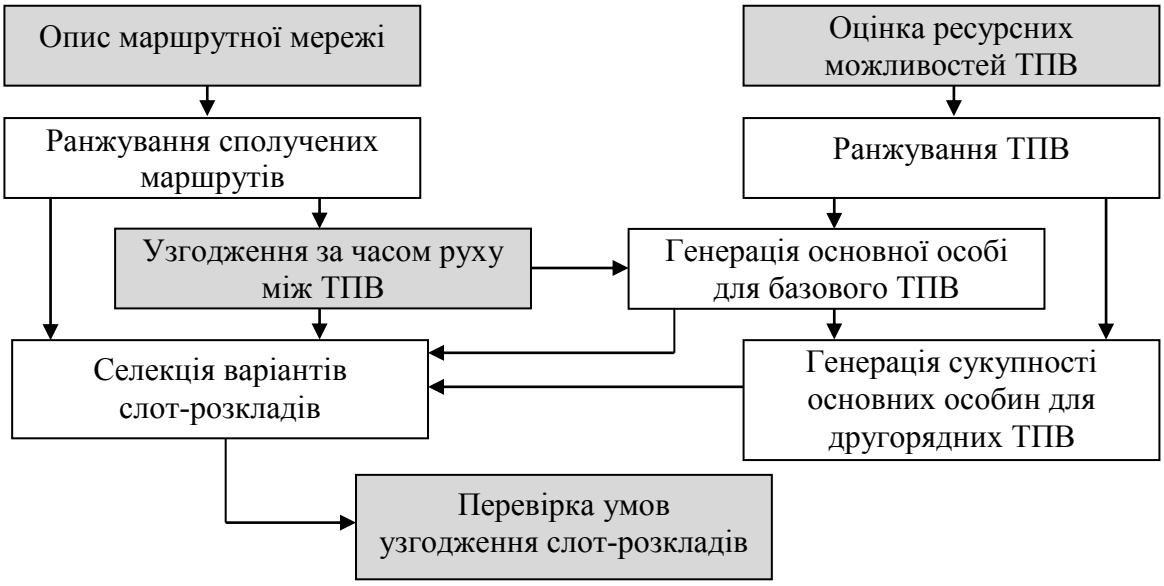


Рисунок 5.13 – Схема формування мережевого слот-розкладу

Після виконання процедури слот-координації виходячи з розрахункового часу руху між початковим ЗП та ТПВ визначаються моменти відправлення та розробляється розклад руху по кожному маршруту.

5.4.4 Оперативний перерозподіл маршрутів між ЗП

У процесі руху ТЗ по маршруту можуть відбуватися дестабілізуючі події, що призводять до значних відхилень їх прибуття до ТПВ. За таких умов усунення конфліктності взаємодії може бути реалізоване впровадженням оперативних дій щодо перенаправлення ТЗ до інших ЗП. Цей метод управління спрямований на дублювання функцій ЗП. Принципова схема дублювання ЗП ТПВ подана на рисунку 5.14.

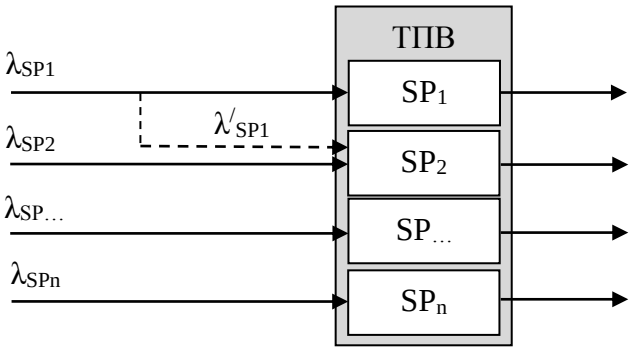


Рисунок 5.14 – Принципова схема дублювання ЗП ТПВ

У ТПВ прибувають маршрути трьох типів: кінцеві, початкові та транзитні. Для маршрутів, де є лише висадка пасажирів можливе використання будь якого вільного ЗП, для маршрутів з посадкою або посадкою-висадкою використання інших ЗП є обмеженим та може бути реалізовано за умов своєчасного інформаційного повідомлення пасажирів про зміну пункту прибуття ТЗ. Загальною умовою можливості реалізації оперативного перезакріплення маршруту за ЗП є наявність вільного проміжку часу в періоді між моментом $\tau_{ar}^{r_1}$ (час прибуття маршруту r_1) та моментом закінчення простою $\tau_{dp}^{r_1}$. Критерієм прийняття рішення є функція, що оцінює зайнятість ЗП

$$D^{pr}_{SP_x - SP_y} = \sum_{i=\tau^{r_x}_{ar}}^{\tau^{r_x}_{dp}} \tau^{SP_y}_{o_i}, \qquad (5.11)$$

де $\tau^{SP_y}_{o_i}$ – стан операцій у момент часу τ_i в ЗП;

$\tau^{r_x}_{ar}$ – час прибуття ТЗ у ЗП;

$\tau^{r_x}_{dp}$ – час виїзду ТЗ з ЗП.

Позитивне рішення про перезакріплення маршрутів за ЗП приймається за умов того, що значення критерію буде дорівнювати 0, що свідчить про відсутність виникнення конфліктних ситуацій у відповідний період.

5.5 Конструктивні заходи управління

У ряді робіт [343-345] обґрунтований вплив рівня завантаження ВДМ на швидкісні показники руху МПТ, що дозволяє обґрунтувати можливість використання для оцінки флуктуації прибуття ТЗ в ТПВ параметрів інтенсивності руху транспортного потоку. Одним з джерел підвищення ефективності взаємодії в ТПВ є створення вільних умов руху по ділянках маршрутів шляхом впровадження пріоритетного руху МПТ. В основу визначення скорочення флуктуації прибуття ТЗ покладена закономірність, що відображає рівень накопиченого в момент входу в ТПВ часу сумарного відхилення. Процедура визначення можливості ліквідації флуктуації прибуття ТЗ у ТПВ за рахунок впровадження пріоритету МПТ, передбачає попередню оцінку фактичних умов руху по маршруту. Прийняття рішення про впровадження пріоритетного руху по кожній ділянці приймається окремо на основі попереднього оцінювання ступені критичності по відношенню до меж зони забезпечення ресурсної сталості ТПВ, маршрутів та ВДМ. Необхідно при прийнятті такого рішення провести оцінку зміни рівня завантаження рухом відносно нижньої допустимої межі забезпечення резервів пропускної спроможності відповідних ділянок ВДМ. Зміна рівня завантаження рухом та

фактичної пропускної спроможності ВДМ визначається шляхом встановлення проектного рівня обслуговування рухом. Послідовність етапів встановлення параметрів пріоритетного використання МПТ з позицій забезпечення ефективної взаємодії в ТПВ подана на рисунку 5.15.

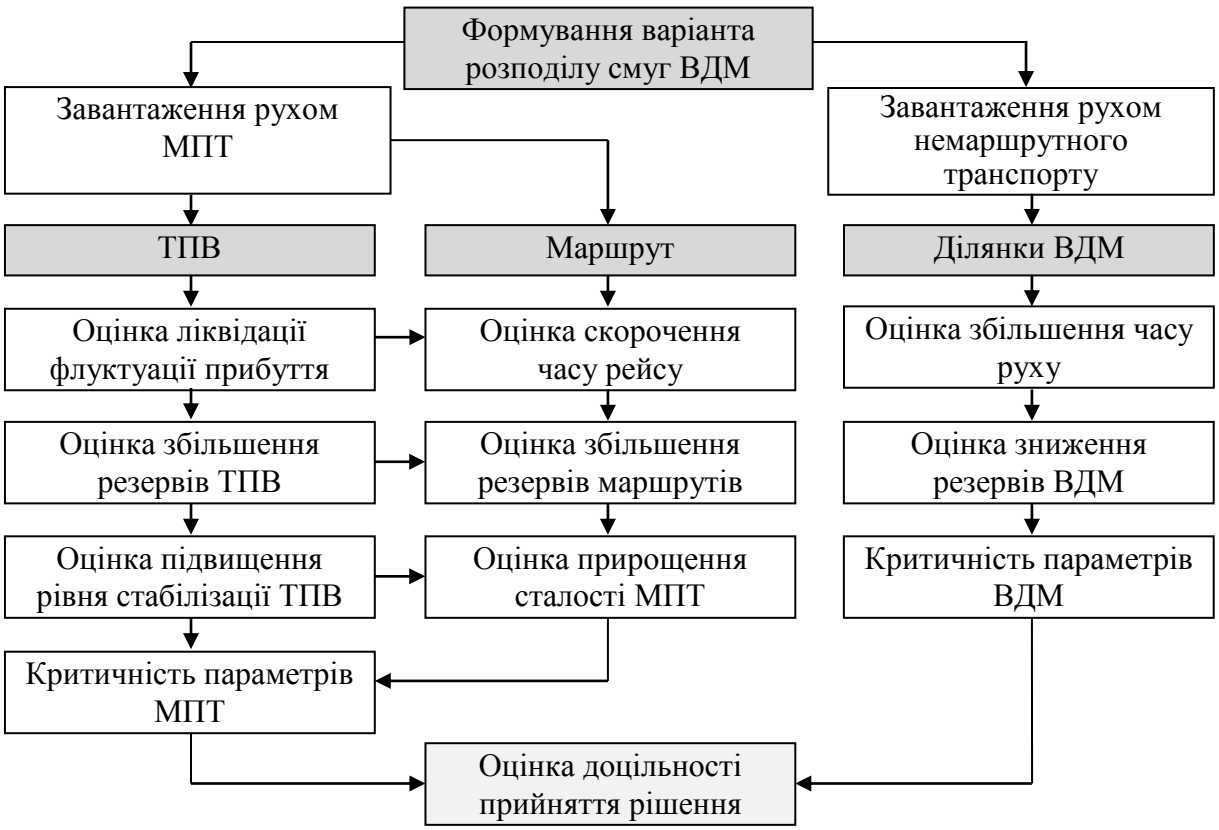


Рисунок 5.15 – Етапи встановлення доцільності впровадження пріоритетного руху МПТ

Можливість впровадження пріоритетного руху МПТ на елементах ВДМ визначається показником зміни їх резервів ресурсів

$$\Delta k_t^r(t) = \min\left(0, k_{tc}^r(\tau_i) - k_t^r(\tau_i)\right),\ i = (\overline{0,t}), \qquad (5.12)$$

де $k_{tc}^r(\tau_i)$ – критичний рівень резервів пропускної спроможності ВДМ;

$k_t^r(\tau_i)$ – фактичний рівень резервів пропускної спроможності ВДМ.

Зміна стану ТПВ визначається на основі обліку часу стабільної роботи

$$\Delta s_h(t) = \frac{\sum_{i=1}^{t} S_{h_{df}}^{bs}(\tau_i)}{t} - \frac{\sum_{i=1}^{t} S_{h_{df}}^{ps}(\tau_i)}{t}, \quad (5.13)$$

де $S_{h_{df}}^{bs}(\tau_i)$ – базовий стан ТПВ у момент часу (τ_i);

$S_{h_{df}}^{ps}(\tau_i)$ – проектний стан ТПВ у момент часу (τ_i).

Загальний вид критерію прийняття рішення про впровадження пріоритетного руху МПТ визначається виходячи з приналежності отриманих показників області допустимих значень

$$P_t = \left\{ \Delta k_t^r(t) \middle| \Delta k_t^r(t) \in K_t^r \right\}, \quad (5.14)$$

$$P_h = \left\{ \Delta s_h(t) \middle| \Delta s_h(t) \in S_e^d \right\}, \quad (5.15)$$

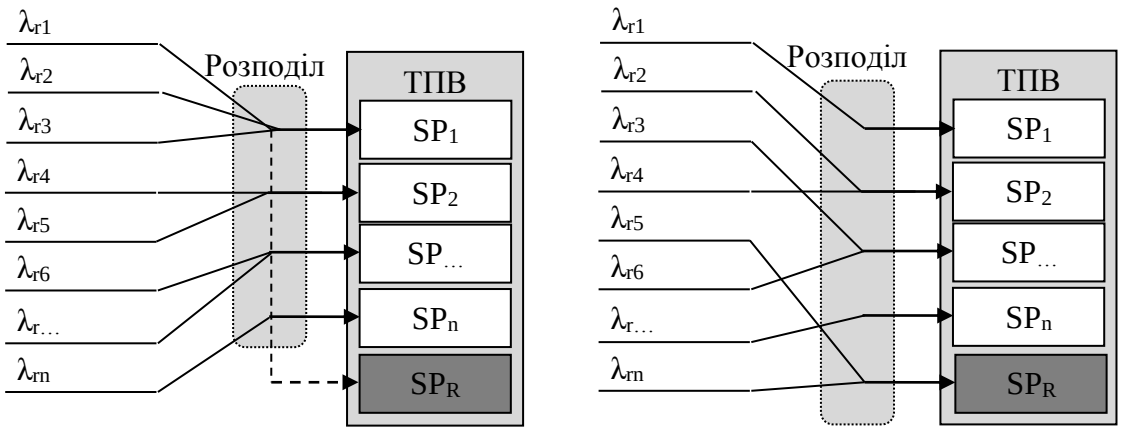
де K_t^r – область допустимих значень резерву пропускної спроможності ділянок ВДМ;

S_e^d – область допустимої зміни стану ТПВ.

Межі множини P_t визначаються діапазоном допустимих значень K_t^r, що встановлюється виходячи з допустимого рівня обслуговування ділянок рухом, а множини P_h визначаються діапазоном допустимих значень S_e^d, який визначається поточним рівнем конфліктності взаємодії в ТПВ. Рішення про доцільність виділення смуги руху для МПТ приймається за умов входження отриманих показників $\Delta k_t^r(t)$ та $\Delta s_h(t)$ до простору допустимих значень, що визначається перетином множин

$$P_z = P_t \bigcap P_h. \quad (5.16)$$

Використання керуючих дій з формування ресурсної інерційності дозволяє забезпечити зміну стану ТПВ за рахунок збільшення пропускної спроможності ЗП. Ресурсна інерційність – це фундаментальна властивість динамічних об'єктів та їх елементів, що полягає у формуванні умов протидії об'єктам зовнішніх впливів, їх спробам змінити його стан та поведінку. Тобто в межах ТПВ, абсолютне збільшення пропускної спроможності ЗП, роблячи опір впливу зовнішнім чинникам, перешкоджає зміні вихідної величини стану процесів взаємодії, намагаючись зберегти її значення через внутрішнє поглинання коливань. Для цього в межах внутрішньої частини ТПВ повинні бути створені відповідні об’єкти накопичення або формування додаткових ресурсів. В умовах ТПВ така форма передбачає створення додаткових або резервних ЗП, що виконують функцію компенсатора дестабілізуючих впливів. Додаткові ЗП можуть бути використані для розподілу потоків замовлень або, в якості резервного пункту обслуговування для обслуговування маршрутів, що оперативно перенаправляються з інших ЗП які зайняті у відповідний період часу. Схеми можливих варіантів цільового використання додаткових ЗП пунктів наведені на рисунку 5.16.



а) *б)*

а – резервування ЗП; *б* – розподіл маршрутів

Рисунок 5.16 – Варіанти використання додаткових ЗП

Рішення про доцільність створення додаткових ЗП може розглядатися як стратегічна двохваріантна задача: з будівництвом нових ЗП або без будівництва. Задача встановлення доцільності будівництва додаткових ЗП може розглядатися в якості структурного етапу адаптаційного циклу управління. Позитивна оцінка стратегії будівництва нових ЗП надається у разі забезпечення переходу сервісно-ресурсних параметрів до області сталості.

Доцільність створення додаткових ЗП оцінюють, виходячи з характеру протікання процесів у ТПВ, фактичного рівня конфліктності взаємодії суб'єктів маршрутного потоку, можливості її ліквідації за допомогою оптимізаційних керуючих дій та економічної оцінки інвестування у створення додаткових ЗП. Така постановка задачі за свою суттю може розглядатися у вигляді ігрової, що дозволяє обґрунтувати можливість використання для її вирішення теорії ігор. Рішення щодо доцільності створення додаткових ЗП розглядається як вибір стратегії поведінки трьох учасників: транспортних підприємств, пасажирів та обслуговуючого оператора ТПВ.

Додаткові ресурсні можливості ЗП ТПВ забезпечують зростання їх резервів, що дозволяє скоротити час непродуктивного простою ТЗ та позитивно вплинути на збільшення провізних можливостей маршрутів. Результатом таких дій є позитивний вплив на рівень сервісної якості МПТ. Цільові інтереси оператора ТПВ мають зворотну орієнтацію – будівництво додаткових ЗП вимагає інвестицій та збільшує поточні експлуатаційні витрати. Збіг цільових інтересів транспортних підприємств та пасажирів дозволяє використовувати умовну кооперацію учасників гри об'єднуючи їх в одного представника відповідної стратегії. Задача визначення доцільності будівництва ЗП може розглядатися в якості окремого етапу визначення їх загальної кількості. Розглянемо загальну задачу визначення раціональної кількості ЗП. Всього може бути розглянуто N_{str} стратегій, а саме: стратегія 1 – в межах ТПВ існує $N_{SP}^{h}=1$ ЗП, стратегія 2 – $N_{SP}^{h}=2$ ЗП, N_{str} стратегія – $N_{SP}^{h}=N_{str}$ ЗП. Ймовірність вибору стратегії гравцями може приймати одне значення з множини $\{0,1\}$. Гра

має відкритий характер та у разі коли ймовірності вибору оператором ТПВ першої стратегії $p^1_{str1}=1$ то ймовірність вибору цієї стратегії другого гравця (кооперація транспортних підприємств і пасажирів) дорівнює $p^2_{str1}=0$.

Враховуючи те, що в ТПВ існує не менше одного ЗП виграш від впровадження першої стратегії для всіх учасників гри буде відсутній, тобто $W^1_{str1}=0$ та $W^1_{str2}=0$. Розмір виграшу першого гравця (оператора ТПВ) від реалізації кожної наступної стратегії визначається виходячи з оцінки інвестиційних витрат на будівництво та поточних експлуатаційних витрат

$$W^{i+1}_{str1}=-(D^b_{vb}+C^e_{vb})\cdot N^{i+1}_{SP}, \tag{5.17}$$

де D^b_{vb} – амортизаційні відрахування, грн/рік.;

C^e_{vb} – змінна складова експлуатаційних витрат на утримання базової частини ТПВ, грн/рік.;

N^{i+1}_{SP} – кількість ЗП у ТПВ при стратегії $(i+1)$.

Розмір виграшу другого гравця (транспортні підприємства та пасажири) визначається виходячи з вартісної оцінки часу непродуктивного простою ТЗ, витрат часу пасажирів на переміщення через ТПВ, рівня задоволення соціально-маркетингових потреб пасажирів

$$W^{i+1}_{str2}=D^w_y\cdot T\cdot\Big(\sum_{m=1}^{N^{i+1}_{SP}}\sum_{j=1}^{N^r_{SP}}\sum_{i=1}^{t}\tau^{i+1}_{q_{mi}}\cdot\frac{C^e_{r_j}\cdot\Psi^r_t}{t}+\frac{C^{ph}_t}{t}\cdot\sum_{m=1}^{N^{i+1}_{SP}}\sum_{j=1}^{N^r_{SP}}l^{q_{th}}_u\cdot Q^v_{r_j}\cdot\Psi^q_t\cdot\frac{\sum_{i=1}^{t}\tau^{i+1}_{o_{mi}}}{N_{r_j}(t)}\Big), \tag{5.18}$$

де $C^e_{r_j}$ – постійні витрати для моделі транспортного засобу на j-му маршруті, грн/год.;

$\tau_{q_{mi}}^{i+1}$ – момент часу в якому спостерігається черга в ТПВ при реалізації стратегії $(i+1)$;

$\tau_{o_{mi}}^{i+1}$ – момент часу в якому виконується обслуговування в ТПВ при реалізації стратегії $(i+1)$;

D_y^w – кількість робочих днів у році;

T – тривалість роботи протягом доби, год;

Ψ_t^r – коефіцієнт нерівномірності пропозиції для періоду t;

Ψ_t^q – коефіцієнт нерівномірності попиту для періоду t;

$l_u^{q_{th}}$ – рівень несвоєчасності реалізації пересувань в наслідок неефективної організації взаємодії в ТПВ;

$Q_{r_j}^v$ – обсяг перевезень на маршруті, пас.;

C_t^{ph} – вартісна оцінка часу пасажирів, грн/год.;

$N_{r_j}(t)$ – інтенсивність руху на маршрутах за період t.

Основою для прийняття рішення є матриця виграшів яка відображає результативні показники (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Матриця виграшів стратегій

Гравець	Стратегія			
	1	2	…	N_{str}
1 (оператор ТПВ)	W_{str1}^1	W_{str1}^2	…	W_{str1}^{Nstr}
2 (транспортні підприємства та пасажири)	W_{str2}^1	W_{str2}^2	…	W_{str2}^{Nstr}
Підсумковий результат	$W_{str\Sigma}^1$	$W_{str\Sigma}^2$	…	$W_{str\Sigma}^{Nstr}$

Значення елементів матриці виграшів визначається шляхом моделювання параметрів взаємодії суб'єктів вхідного маршрутного ТПВ для відповідної кількості ЗП та обраного варіанту обслуговування ТЗ. Рішення про вибір

раціональної стратегії будівництва додаткової кількості ЗП приймається за умови отримання позитивного значення підсумкового результату $W_{str\Sigma}^{Nstr} \geq 0$. Послідовність дій з встановлення доцільності будівництва додаткових ЗП передбачає реалізацію наступних етапів:

– аналіз існуючого стану взаємодії в ТПВ;

– оцінка результативності оптимізаційних заходів з удосконалення взаємодії суб'єктів маршрутного потоку;

– вибір стратегії розбудови ЗП в межах ТПВ;

– встановлення проектної кількості ЗП;

– визначення сервісно-ресурсних параметрів функціонування ТПВ;

– оцінка доцільності реалізації обраної стратегії реконструкції ТПВ.

Запропоновані керуючі дії мають послідовність реалізації, яка спрямована на скорочення часу непродуктивного простою ТЗ та збільшення ресурсної ефективності ЗП ТПВ, що дозволяє в існуючих або перспективних умовах забезпечити зростання рівня їх функціональної сталості.

5.6 Висновки за розділом 5

1. Оцінка доцільності впровадження управлінських рішень з удосконалення взаємодії, що визначається на основі обліку погодженості показників обслуговування суб'єктів маршрутного потоку з умовами забезпечення запасу функціональної сталості ТПВ, передбачає встановлення сукупності локальних критеріїв за такими напрямками: раціоналізація розподілу маршрутів між ЗП, оптимізація використання пропускної спроможності ЗП, дублювання їх функцій, формування ресурсної інерційності та розосередження у часі.

2. Оцінювання ризиків дестабілізації взаємодії в ТПВ з позицій виділення їх багаторівневого характеру дозволило встановити необхідність цільової орієнтації внутрішніх керуючих дій на реалізації концепції посилення

позитивних метасистемних взаємозв’язків та формуванні єдиної цілеспрямованої системи всебічної інтенсифікації процесів підвищення сервісно-ресурсної ефективності МПТ.

3. Сукупність управлінських дій що реалізуються в ТПВ, визначається передумовами переходу сервісно-ресурсних показників взаємодії вхідного маршрутного потоку до простору функціональної сталості ЗП, в межах якого досягається відповідний рівень якості транспортного обслуговування пасажирів та забезпечується зниження кількості конфліктних ситуацій.

4. Процедура адаптації управлінських рішень передбачає реалізацію базової сукупності оптимізаційних дій, до складу яких входить: розподіл маршрутів між ЗП, встановлення раціонального рівня резервів ЗП, слот-координацію розкладу руху ТЗ, оперативний перерозподіл маршрутів між ЗП.

5. Впровадження управлінських заходів з формування ресурсної інерційності ТПВ досягається архітектурно-планувальним розширенням потужності його перонного господарства та впровадженням пріоритетного руху МПТ на прилеглих ділянках ВДМ.

Основні результати дослідження по даному розділу опубліковані в роботах [14, 18, 21, 22, 23, 37, 47, 49, 50].

РОЗДІЛ 6
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ СУБ'ЄКТІВ МАРШРУТНОГО ПОТОКУ В ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛАХ

6.1 Мета та задачі експериментального дослідження

Метою експериментальних досліджень є практична перевірка запропонованих теоретичних положень та закономірностей формування функціональної сталості ЗП ТПВ, встановлення емпіричних зв'язків між параметрами функціонування та складовими елементами критерія ефективності.

Впровадження оптимізаційних заходів у межах експлуатаційного управління є важливим напрямком підвищення ефективності ТПВ та спрямовані на забезпечення максимального використання їх наявного потенціалу. Умовою впровадження експлуатаційних заходів є наявність інформації про функцію зміни стану ЗП ТПВ в залежності від ресурсних умов забезпечення організації взаємодії суб'єктів маршрутного потоку. Визначення раціональних параметрів та умов формування керуючих впливів при організації взаємодії у ТПВ вимагає чіткого обґрунтування їх значень та є актуальною науково-практичною задачею. Питанню обґрунтування параметрів ЗП приділено багато уваги, проте існуючі підходи в основному сконцентровані на представленні цього процесу з архітектурно-планувальних позиції та у недостатній мірі використовують можливості підвищення ефективності за рахунок зміни експлуатаційних умов обслуговування маршрутного потоку. Впровадження принципів ресурсозбереження, використання інтегральної ефективності МПТ, необхідність застосування комплексності підходів вимагає розробки нових, практично адаптованих моделей обґрунтування параметрів взаємодії. Використання методів натурного дослідження для аналізу впливу ресурсного забезпечення ЗП ТПВ на їх ефективність недоцільне з причини великої трудомісткості та принципової обмеженості розгляду діапазону

варіативності. Для дослідження ефективності елементів МПТ використовуються різні методи моделювання. Серед підходів до моделювання ефективності МПТ значну частину займають статичні моделі. Однак слід зауважити, що отримані результати відображають стаціонарні значення функціональних показників та не враховують реальні динамічні процеси. Адаптація розроблених аналітичних моделей оцінювання ефективності ТПВ до реальних умов може бути реалізована на основі подієво-дискретного моделюваня шляхом синтезування їх динамічної та статичної складових.

Необхідність виділення просторів функціональної сталості ЗП ТПВ на основі оцінювання раціонального ресурсного забезпечення ґрунтується на наявності характеристичного взаємозв’язку між параметрами резервування пропускної спроможності ЗП та стохастичністю формування вимог по обслуговуванню суб’єктів маршрутного потоку. Напрямком вирішення даної задачі є використання методики, що дозволяє дослідити закономірності впливу умов планового тривалості простою ТЗ у ЗП ТПВ на сервісно-ресурсні показники взаємодії.

При проведенні експериментальних досліджень вирішенню полягають наступні задачі:

– встановлення закономірностей зміни параметрів вхідного маршрутного потоку в ЗП ТПВ;

– експериментальне підтвердження методології вибору раціонального рівня ресурсного забезпечення ЗП ТПВ на основі оцінювання зміни базових показників формування функціональної сталості;

– дослідження характеристичного розподілу показників конфліктних станів суб’єктів взаємодії при стохастичних умовах зміни параметрів вхідного маршрутного потоку;

– дослідження ефективності управлінських оптимізаційних заходів з організації взаємодії з позиції оцінювання їх впливу на формування функціональної сталості ЗП ТПВ.

6.2 Розробка імітаційної моделі ТПВ

Основою проведення експериментальних досліджень є створення імітаційної моделі яка ґрунтується на виділених характеристичних зв’язках та умовах формування станів суб’єктів взаємодії. Процедура моделювання передбачає реалізацію ряду основних етапів, а саме: побудову концептуальної моделі та її формалізація; алгоритмізацію розрахунків та розробку програми; отримання та інтерпретацію попередніх результатів моделювання; перевірку адекватності моделі; розрахунки показників функціонування для відповідних спектрів вхідних умов та сукупності керуючих впливів.

У межах першого етапу необхідна реалізація переходу від змістовного опису процесів до структуризації складових елементів моделі та формалізації відповідних складових модулів. В умовах використання об’єктно-орієнтованого підходу до створення моделей така процедура передбачає виділення для предметної області дослідження бібліотеки базових класів та UML-діаграми їх зв’язків (рис. 6.1.).

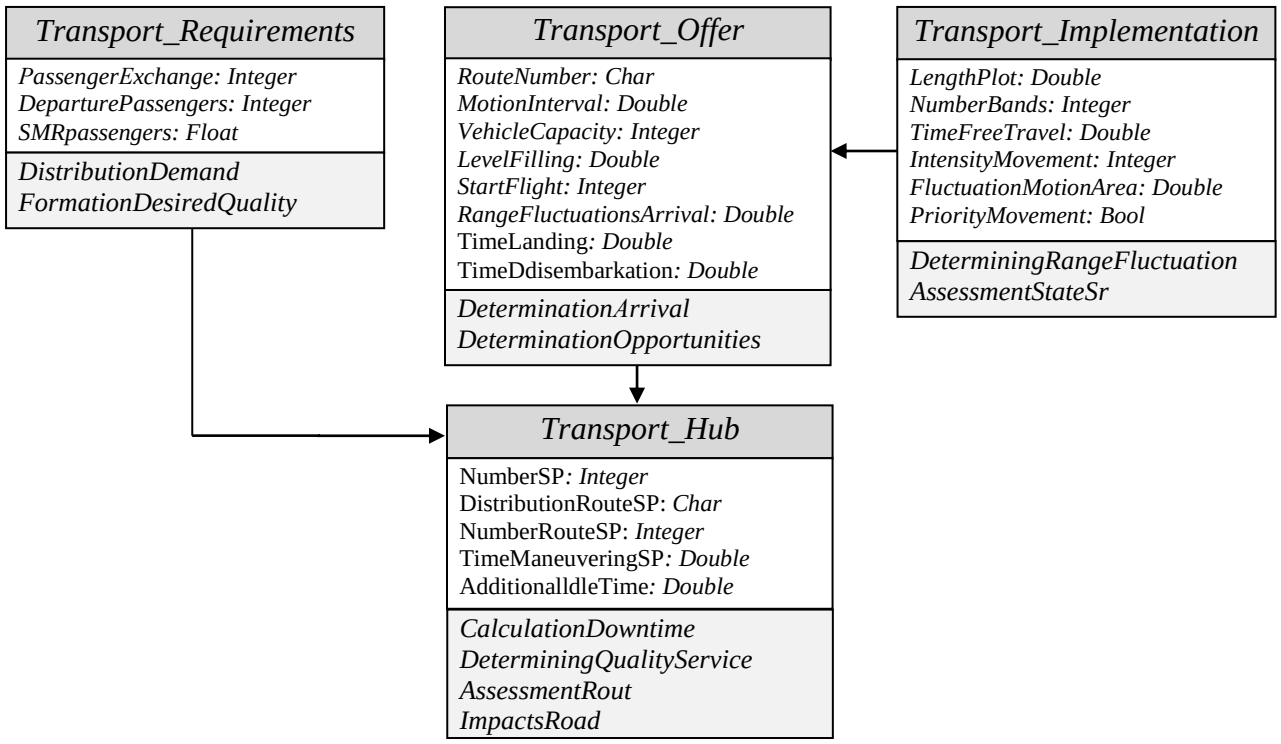


Рисунок 6.1 – Діаграма базових класів імітаційної моделі

Використовуючи методологію об’єктно-орієнтованого підходу до моделювання складних процесів, у моделі ТПВ можливо виділити наступні екземпляри класів, що дозволяють описати складові елементи та параметри взаємодії: *Transport_Requirements* – транспортні потреби, *Transport_Offer* – транспортна пропозиція, *Transport_Implementation* – транспортне забезпечення, *Transport_Hub* – транспортно-пересадочний вузол.

Клас *Transport_Requirements* (транспортні потреби) описує пред’явлений попит на пересування. Він містить поля: *PassengerExchange,* в якому описується міжмаршрутний розподіл пасажиропотоків у ТПВ, *DeparturePassengers* – характеризує обсяг попиту, що формується в ЗП ТПВ, *SMRpassengers* – соціально-маркетингові вимоги пасажирів до якості транспортного обслуговування. У межах цього класу відбувається реалізація процедур розподілу попиту між суб’єктами взаємодії (*DistributionDemand*) та формування рівня вимог пасажирів до часу перебування у ТПВ (*FormationDesiredQuality*). Клас *Transport_Offer* (транспортна пропозиція) описує технічну пропозицію по кожному маршруту *RouteNumber* через наступні параметри: *MotionInterval* – інтервал руху, *VehicleCapacity* – місткість ТЗ, *LevelFilling* – рівень наповнення ТЗ в момент прибуття до ТПВ, *StartFlight* – момент часу відправлення ТЗ з початкового ЗП, *RangeFluctuationsArrival* – діапазон флуктуації прибуття ТЗ в ТПВ, *TimeLanding* – середній час висадки пасажира, *TimeDdisembarkation* – середній час посадки пасажира. Процедура *DeterminationArrival* передбачає розрахунок моменту прибуття ТЗ, а процедура *DeterminationOpportunities* – визначення фактичної провізної можливості маршруту. У межах класу *Transport_Implementation* (транспортне забезпечення) відбувається опис елементів ВДМ за наступними параметрам: *LengthPlot* – довжина ділянки ВДМ, *NumberBands* – кількість смуг руху на ділянці, *TimeFreeTravel* – час вільного проїзду ділянки ВДМ, *IntensityMovement* – інтенсивність руху, *FluctuationMotionArea* – діапазон флуктуації руху, *PriorityMovement* – наявність пріоритетності МПТ. Процедура *DeterminingRangeFluctuation* реалізує алгоритм визначення діапазону

флуктуації руху ТЗ по ділянках маршруту, що розташовані на підході до ТПВ, *AssessmentStateSr* передбачає проведення процедури оцінювання рівня завантаження руху на прилеглих елементах мережі. Клас *Transport_Hub* (транспортно-пересадочний вузол) описує процеси взаємодії суб'єктів у ТПВ на основі параметрів: *NumberSP* – кількість ЗП, *DistributionRouteSP* – розподіл маршрутів МПТ між ЗП, *NumberRoutesSP* – кількість маршрутів у ЗП, *TimeMmaneuveringSP* – час маневрування ТЗ, *AdditionalldleTime* – час сервісного простою. Процедурами класу є: *CalculationDowntime* – розрахунок фактичного часу простою ТЗ, *DeterminingQualityService* – визначення показників якості обслуговування, *AssessmentRout* – визначення рівня провізних можливостей маршрутів, *ImpactsRoad* – розрахунок показників руху.

В межах класу *Transport_Implementation* базовою є процедура *DeterminingRangeFluctuation,* в якій реалізується визначення діапазону флуктуації прибуття ТЗ в ТПВ. Алгоритм цієї процедури наведений на рисунку 6.2.

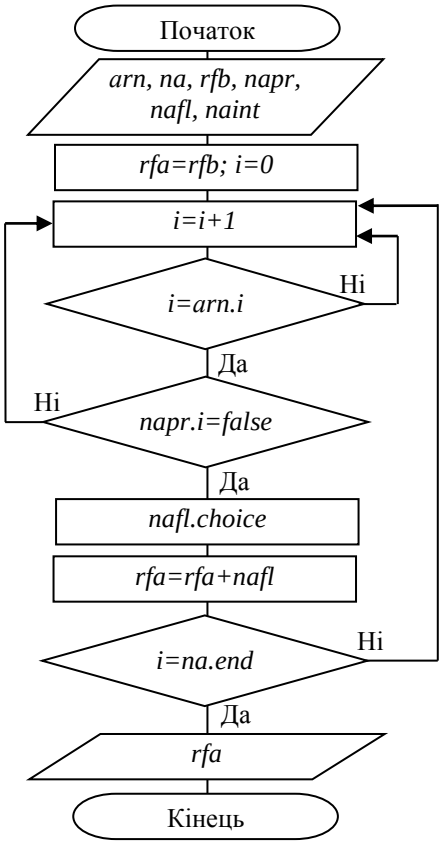


Рисунок 6.2 – Алгоритм процедури *DeterminingRangeFluctuation* (визначення діапазону флуктуації прибуття ТЗ)

У межах ділянок ВДМ (*na*) по яким проходять маршрути, визначається діапазон флуктуації прибуття ТЗ. На умови формування діапазону флуктуації прибуття ТЗ в ТПВ впливають наступні аргументи процесу: інтенсивність руху по ділянках мережі (*naint*), базове відхилення флуктуація на маршруті (*rfb*), час компенсації відхилення флуктуації на ділянці (*nafl*), наявність пріоритетного руху МПТ (*napr*). Ступінь значимості впливу умов пріоритетного руху на діапазон флуктуації по кожній ділянці мережі обумовлюється параметрами внутрішнього модуля *nafl.choice,* що визначає значення часу проїзду ділянки в умовах вільного руху.

Процедура *DeterminationArrival*, алгоритм якої подано на рисунку 6.3, містить основну операцію *rfalimits.choice,* що передбачає виділення шляхом генерації в межах діапазону флуктуації моменту часу фактичного прибуття ТЗ.

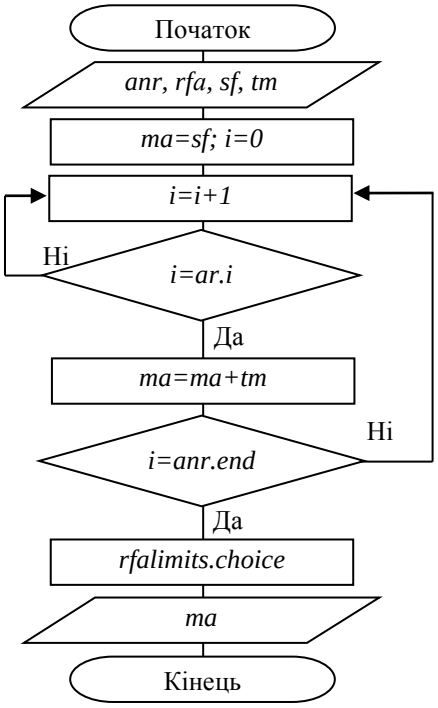


Рисунок 6.3 – Алгоритм процедури *DeterminationArrival*
(визначення моменту прибуття ТЗ)

Вхідними параметрами алгоритму виступають початок рейсу (*sf*), плановий час руху (*tm*), сукупність ділянок маршруту (*anr*) та діапазон фактичної флуктуації прибуття в ТПВ (*rfa*).

Основним методом визначення часу перебування ТЗ у ТПВ є процедура *CalculationDowntime*, що передбачає розрахунок тривалості простою. Алгоритм процедури, що має циклічний характер, наведено на рисунку 6.4.

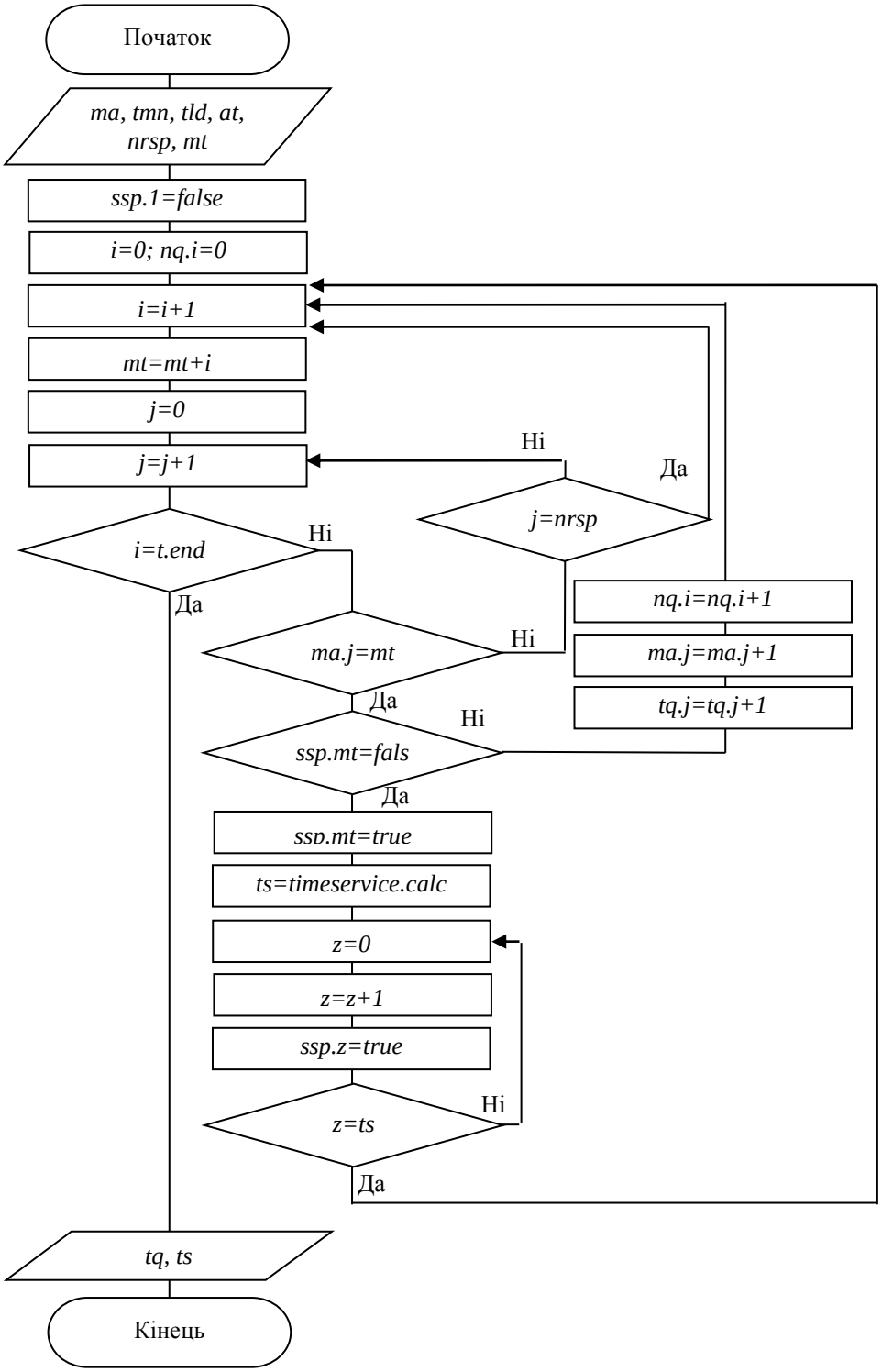


Рисунок 6.4 – Алгоритм процедури *CalculationDowntime* (розрахунок часу простою ТЗ)

Аргументом процедури *CalculationDowntime* виступають: момент прибуття ТЗ (*ma*), час маневрування *(tmn*), час простою під посадкою-висадкою пасажирів *(tld*), час сервісного простою *(at*), розподіл маршрутів по ЗП *(nrsp*), початок та закінчення розрахункового періоду *(mt*). Значення вказаних аргументів визначається окремо для кожного ЗП ТПВ в ході реалізації процедури *DeterminationArrival,* що в структурі програмного комплексу стоїть на попередньому місці. Для визначення часу простою ТЗ під посадкою-висадкою пасажирів використовується внутрішня процедура *timeservice.calc* яка на основі інформації про пасажирообмін кожного рейсу передбачає проведення розрахунку тривалості простою ТЗ. Циклічність алгоритму процедури передбачає поетапне визначення стану зайнятості ЗП *ssp* для кожного моменту часу *mt* шляхом оцінювання одночасності прибуття ТЗ з сукупності маршрутів *j* та часу обслуговування попередніх рейсів. Змінні *i* та *j* є аргументами суматорів загального часу обслуговування ТЗ *ts* та часу черги *tq*.

Оцінка якості транспортного сервісу є складовим етапом визначення ефективності взаємодії суб'єктів в ТПВ. В межах представленої моделі вона реалізується у вигляді процесу *DeterminingQualityService*. У відповідності до запропонованої методики встановлення соціально-маркетингової відповідності наданого сервісу висунутим пасажирами вимогам, процедура реалізується шляхом обліку часу пересадки та кількості пасажирів. Вихідними даними для реалізації цього процесу виступають: кількість пасажирів відправлення по кожному маршруту (*ps*), час формування потреби пасажирів у пересадці (*tps*), маркетингові вимоги до часу перебування в ТПВ (*tpth*). Алгоритм процедури базується на реалізації блоків генерації параметрів транспортної пропозиції. Схема алгоритму процесу *DeterminingQualityService* наведена на рисунку 6.5. Генерація підходу пасажирів *gen.approach* та їх прибуття *gen.arrival* у ТПВ, формування потоку відправлень пасажирів *form.flow* їх вимог *form.requirements* та ранжування *ranking.passengers* є складовими етапами модуля формування пред'явленого попиту. Для цього використовуються відповідні закони розподілу випадкових величин та загальні значення обсягів пересувань через

ТПВ. Алгоритмом передбачено ряд циклів, у ході яких відбувається перевірка фактичного рівня параметрів наданих транспортних послуг з вимогами пасажирів.

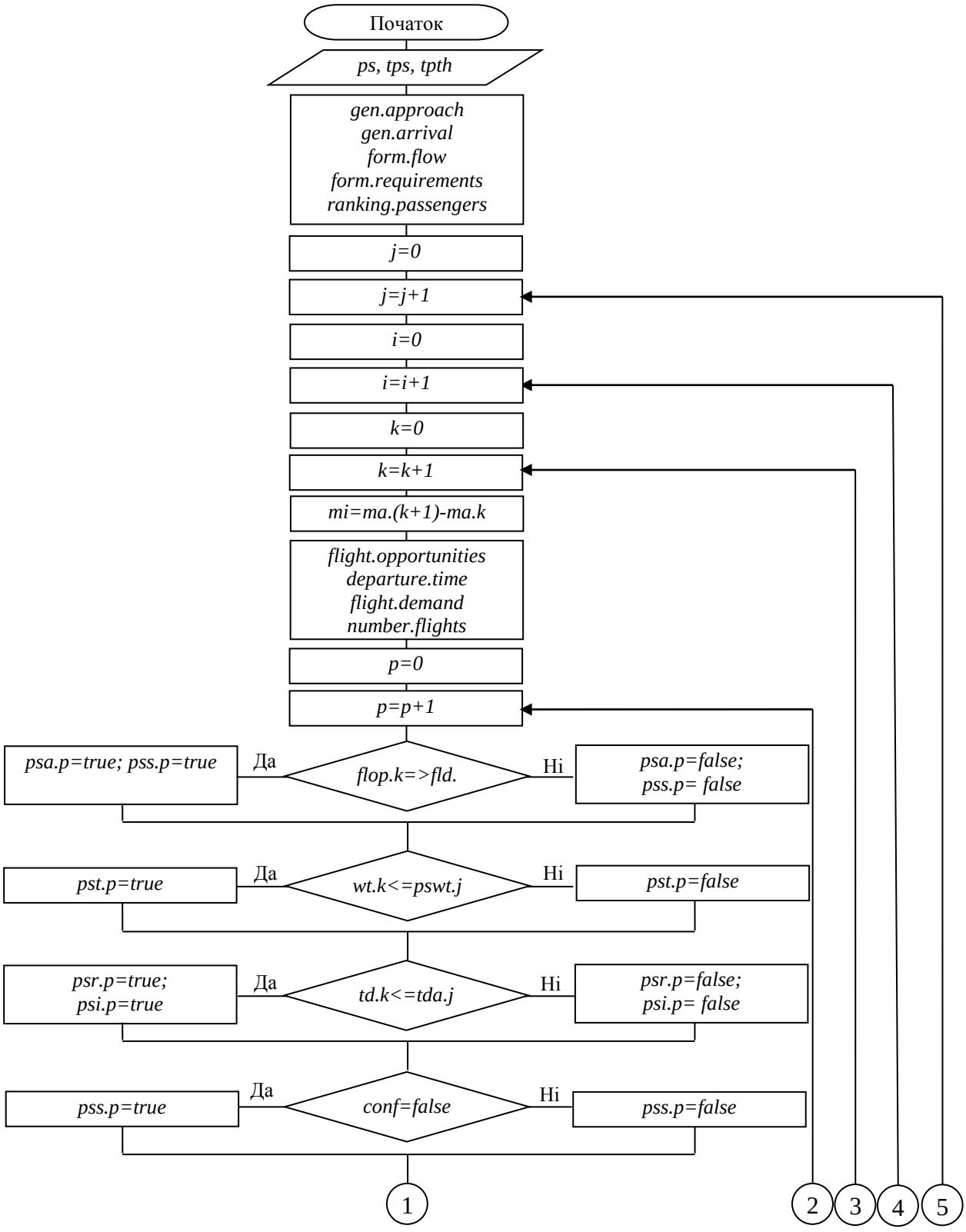
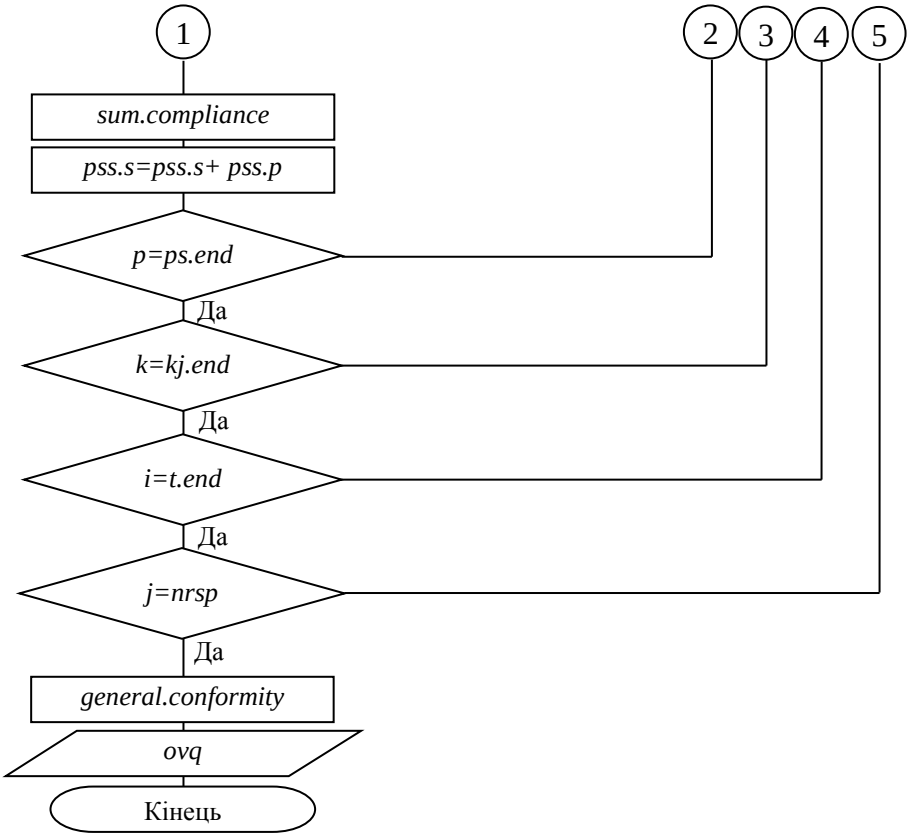


Рисунок 6.5 – Алгоритм процедури *DeterminingQualityService* (визначення якості обслуговування пасажирів)



Продовження рисунку 6.5

Внутрішні операції *flight.opportunities* (визначення провізних можливостей маршрутів), *departure.time* (визначення часу відправлення пасажира), *flight.demand* (визначення рейсового попиту), *number.flights* (визначення кількості рейсів) містять розрахунок параметрів задоволення пред'явленого попиту та є базою для проведення оцінювання відповідності вимог пасажирів. За результатом перегляду потреб та умов реалізації пересадок кожного пасажира в межах операції *sum.compliance* розраховується загальна оцінка якості окремого пасажира, а в операції *general.conformity* відбувається визначення загальної для ТПВ оцінювання рівня транспортного сервісу.

В основі програмної реалізації моделі лежить структурна алгоритмізація розрахункових процесів. До загального складу моделі крім розрахункових алгоритмів також входять блоки управлінських впливів що формують її відповідний структурний модуль. Представлені базові класи імітаційної моделі поряд зі складовими елементами модуля управління входять до загальної структури програмного комплексу (рис. 6.6).

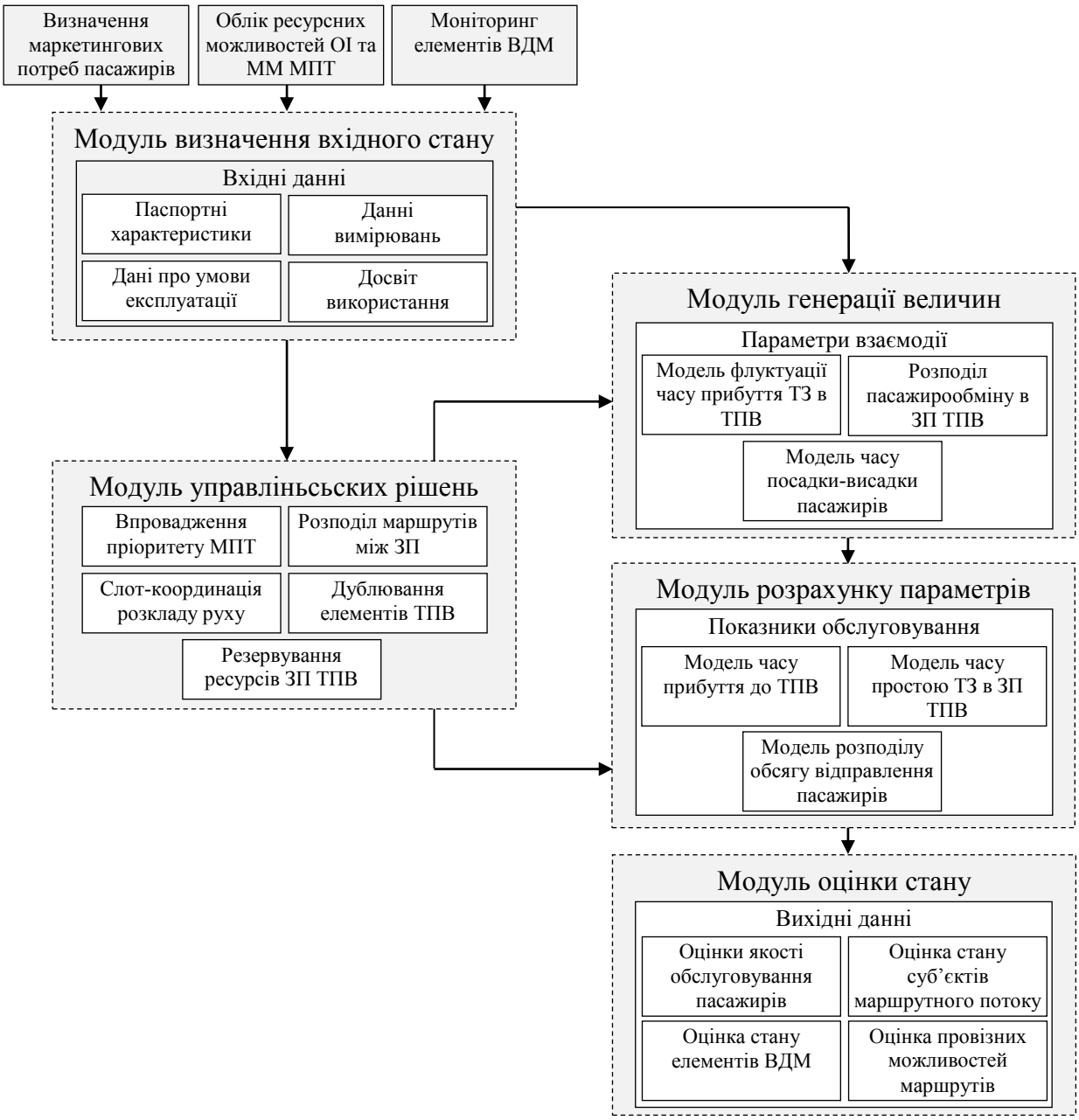


Рисунок 6.6 – Структура програмного комплексу

Серед представлених на рис. 6.6 модулів програмного комплексу можна виділити в якості головних модуль управлінських рішень та модуль розрахунку параметрів. В основі модуля управлінських рішень лежать алгоритми реалізації процедур формування розподілу маршрутів між ЗП, слот-координації та встановлення пріоритету руху МПТ. Модуль розрахунку параметрів базується на реалізації сукупності базових алгоритмів моделювання процесів взаємодії суб'єктів вхідного маршрутного потоку. На основі запропонованої структури та

базових алгоритмів в середовищі Microsoft VBA розроблене програмне забезпечення. Лістинги модулів програмного забезпечення представлені у додатку А.

6.3 Кластерний аналіз зупинних пунктів ТПВ

Головною метою організації технологічної взаємодії в ТПВ є підвищення сервісно-ресурсної ефективності та зниження рівня негативного впливу на роботу маршрутів, елементи ВДМ та міське середовище. Головними чинниками досягнення такого стану є встановлення раціональної тривалості простою ТЗ та ліквідація конфліктних ситуацій в ЗП. Впровадження відповідних механізмів управління та їх адаптація до реальних умов потребує використання об’єктивної інформації про параметри формування маршрутного потоку. Складність цього процесу обумовлюється стохастичним характером їх зміни та необхідністю обліку особливостей для різних типів ЗП ТПВ. В умовах обмеженої класифікації ЗП ТПВ, та відсутності їх типового розподілу за показниками формування маршрутного потоку доцільно провести їх кластерний аналіз. Кластерний аналіз є методом класифікаційного розподілу який в межах виділеного предмету дослідження дозволяє розділити базові ЗП ТПВ на відповідні однорідні групи за класифікаційними ознаками відносно параметрів вхідних маршрутних потоків. Перевагою застосування кластерного аналізу є те, що він дозволяє реалізувати розподіл ЗП ТПВ за сукупністю ознак, не накладає обмежень на вид та об’єкт групування, дозволяє розглядати безліч вихідних даних, надає можливість формувати оригінальні алгоритми що можуть самостійно визначити кількість кластерів, а також реалізувати процедур розподілу за допомогою прикладних комп’ютерних програм.

Кластерний аналіз ЗП ТПВ передбачає реалізацію наступних етапів: формування сукупності номерів (збір вихідної інформації про фактичні параметри вхідних маршрутних потоків у ЗП), виділення сукупності об’єктів (розподіл за групами чинників), формування множини алгоритмів кластерізації,

побудова графіків розподілу номерів на сукупності об’єктів, виділення кластерних груп ЗП та їх характеристичних ознак.

Для проведення кластерного аналізу були виконані натурні спостереження за параметрами формування маршрутних потоків в ЗП ТПВ міст України: Харкова, Кривого Рогу, Херсона, Слов’янська (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Характеристика ТПВ на яких проводилися обстеження

Транспортно-пересадочний вузол	Кількість зупинних пунктів	Кількість маршрутів	Пасажирообмін у ранковий період «пік», пас/год.
«ст. м. пр. Гагаріна» м. Харків	8	16	2231
«ст. м. Героїв Праці» м. Харків	11	18	4072
«ст. м. Академіка Барабашова» м. Харків	11	18	8150
«ст. м. Університет» м. Харків	13	18	3406
«пр. Ювілейний – пр. Тракторобудівників» м. Харків	7	13	5376
«вул. Гв. Широнинців – вул. Валентинівська» м. Харків	4	15	1368
«Ювілейна» м. Кривий Ріг	4	24	4338
«Соцмісто» м. Кривий Ріг	7	21	6265
«Центральний ринок» м. Кривий Ріг	4	29	2747
«Кривий Ріг – Вокзальний» м. Кривий Ріг	4	10	608
«вул. Залізнична» м. Херсон	3	19	3082
«Автовокзал» м. Херсон	4	16	566
«САТУ» м. Слов’янськ	3	16	533

Збір первинної інформації проводився за допомогою відеофіксації з подальшою обробкою результатів. Періодом обстеження є ранковий піковий

період (з 7 до 8 години) під час якого спостерігається найбільше завантаження ТПВ. Загальна кількість первинних натурних спостережень склала 2203, що проводилися в 79 ЗП. У подальшому на їх основі були встановлені середні значення параметрів натурних спостережень (додаток Б).

Кластерізація передбачає проведення процедури оцінювання адаптованості розподілу до визначення діапазонів технологічних параметрів формування простою ТЗ у ЗП. Для цього використаний метод *k*-середніх. Процедура розподілової кластерізації, заснована на розбитті безлічі елементів векторного простору на заздалегідь визначену кількість кластерів. Метод відноситься до неірархічних алгоритмів кластерізації та являє собою ітераційну процедуру, що складається з наступних етапів: вибирається число кластерів, з вихідної безлічі даних випадковим чином обирають базові записи, що будуть служити початковими центрами кластерів, для кожного запису вихідної вибірки визначається найближчий до неї центр кластера, обчислюються центроїди – центри тяжкості кластерів, центр кластера зміщується в його центр ваги.

Для встановлення параметрів кластерізації використовувались середні значення часу простою ТЗ у черзі (t_r^{wq}), часу маневрування ТЗ (t_r^m), часу технологічного простою ТЗ (t_r^{dt}), часу сервісного простою ТЗ (t_r^{ad}), загальна кількість конфліктних ситуацій у ЗП (N_{rl}^{sp}). Проведення якісного розподілу параметрів за групами чинників впливу дозволяє значно знизити рівень невизначеності та скоротити розрахункову процедуру кластеризації. Для цього виділені групи факторних ознак, що за характером протікання процесів можуть впливати на параметрів маршрутного потоку та параметрів простою ТЗ. До таких ознак відноситься: кількість маршрутів (r_n), кількість рейсів (k_r^{sp}), пасажирообмін ТЗ (p_{en-ex}^{sp}), довжина ділянки маршруту до ТПВ (l_r^{sp}), довжина посадочного майданчика ЗП (l_{sp}). Об’єднання сукупності параметрів вхідного маршрутного потоку та груп чинників впливу дає можливість визначити загальну варіантність двомірних алгоритмів кластерізації. Алгоритм

кластерізації представляє собою функцію $a_{ij}: O_j \to P_i$ яка кожній групі чинників (O_j) ставить у відповідність мітку кластера (P_i). Варіанти алгоритмів кластерізації ЗП ТПВ наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Варіанти алгоритмів кластерізації ЗП ТПВ

Чинник впливу	Кластерна ознака				
	t_r^{wq}	t_r^m	t_r^{dt}	t_r^{ad}	N_{rl}^{sp}
p_{en-ex}^{sp}	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}
r_n	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}
k_r^{sp}	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}
l_{sp}	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	a_{45}
l_r^{sp}	a_{51}	a_{52}	a_{53}	a_{54}	a_{55}

Процедура ітерації розподілу за кластерами припиняється, коли їх кордони не перестануть змінюватися від ітерації до ітерації, тобто на кожній ітерації в кожному кластері буде залишатися один і той же набір записів. Критерієм оцінювання якості алгоритму кластерізації є показник ефективності розподілу [346]

$$I_e = \sum_{j=1}^{c} \sum_{i=1}^{m} u_{ji} \left(d(k_j, \overline{x_j}) - d(c_i, x_i) \right)^2, \qquad (6.1)$$

де c – кількість кластерів;

m – загальна кількість вхідних номерів;

u_{ij} – елемент матриці приналежності номерів до кластерів;

k_j – центр номерів кластеру j;

$\overline{x_j}$ – середнє значення множини міток кластеру j;

c_i – значення номеру i;

x_i – значення мітки i.

Структурна адаптація передбачає для кожного типу номерів прямий перебір факторної ознаки шляхом випадкового пошуку з нелінійною тактикою. Кожен новий варіант алгоритму кластерізації характеризує зміну індексу ефективності кластерізації

$$I_e[a+1] = I_e[a] + \Delta I_e[a+1], \tag{6.2}$$

де $I_e[a]$ – індекс ефективності розподілу для варіанта a;

$\Delta I_e[a+1]$ – прирощення індексу ефективності для варіанта $a+1$.

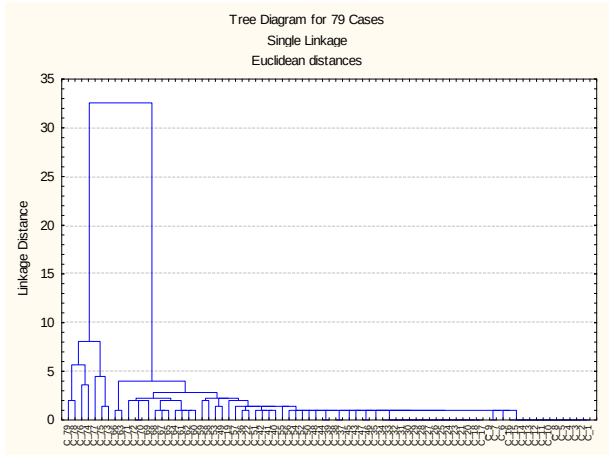
У разі, якщо наступний крок при переборі призводить до зниження значення індексу ефективності, то відбувається повернення до попереднього варіанта. Оператор прийняття кроку має бінарну форму

$$Z[a+1] = \begin{cases} 1, при\ \Delta I_e[a+1] \le 0 \\ 0, при\ \Delta I_e[a+1] > 0 \end{cases}, \tag{6.3}$$

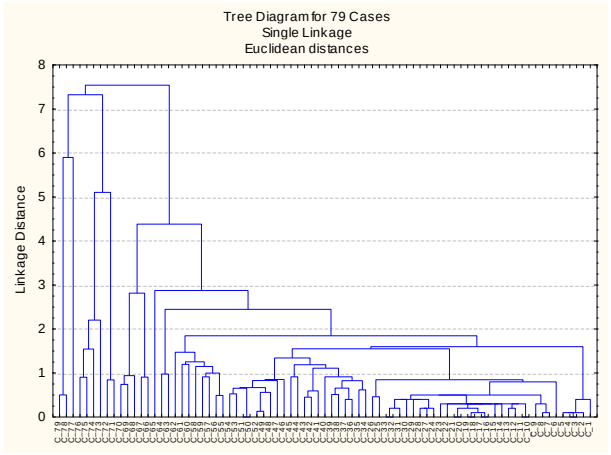
де 1 – повернення до варіанта a;

0 – прийняття варіанта $a+1$.

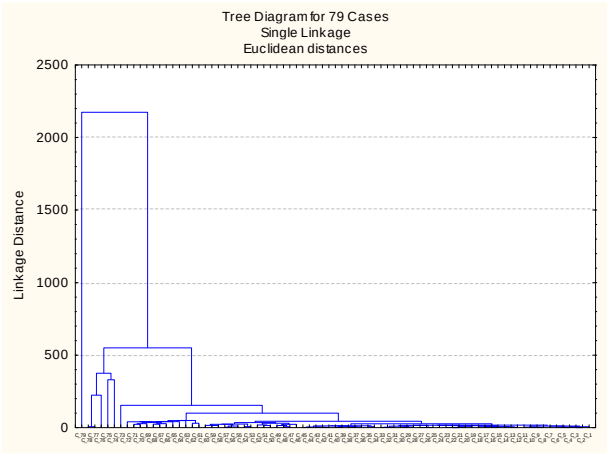
Процедура пошуку ефективного алгоритму кластерізації реалізована у програмному середовищі Statistica 7.0. Шляхом перебору можливих алгоритмів відділені варіанти, що забезпечують максимальне значення індексу кластерізації, а саме: $a_{13} : p^{sp}_{en-ex} \to t^{dt}_r$, $a_{25} : r_n \to N^{sp}_{rl}$, $a_{31} : k^{sp}_r \to t^{wq}_r$, $a_{42} : l_{sp} \to t^{m}_r$, $a_{54} : l^{sp}_r \to t^{ad}_r$. На основі обробки результатів натурних спостережень та реалізації процедури пошуку раціональних кластерних груп побудовані дендрограми кластерного розподілу (рис. 6.7) та для визначеної кількості груп розподілу кластерних ознак виділені відповідні кластерні об’єднання (рис. 6.8).



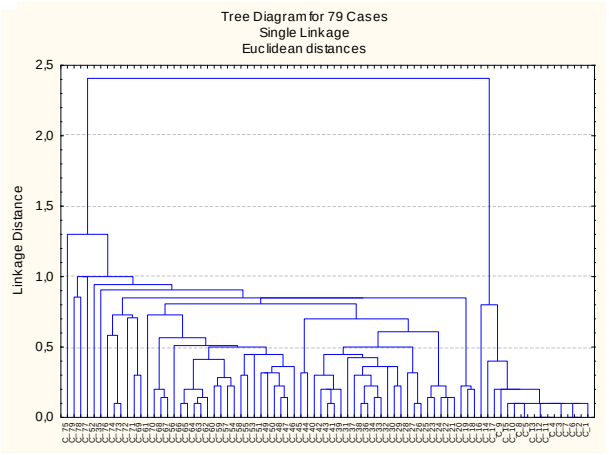
а)



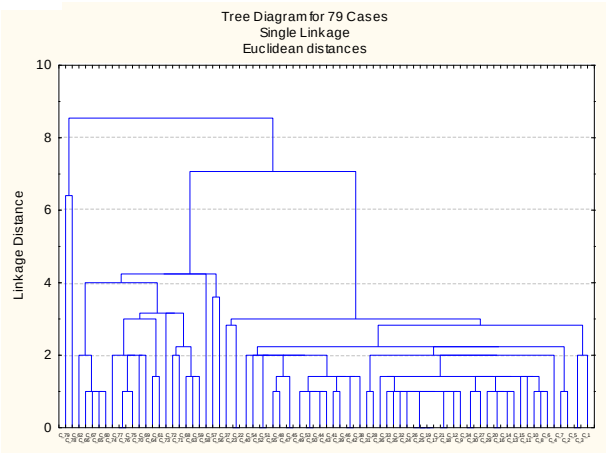
б)



в)



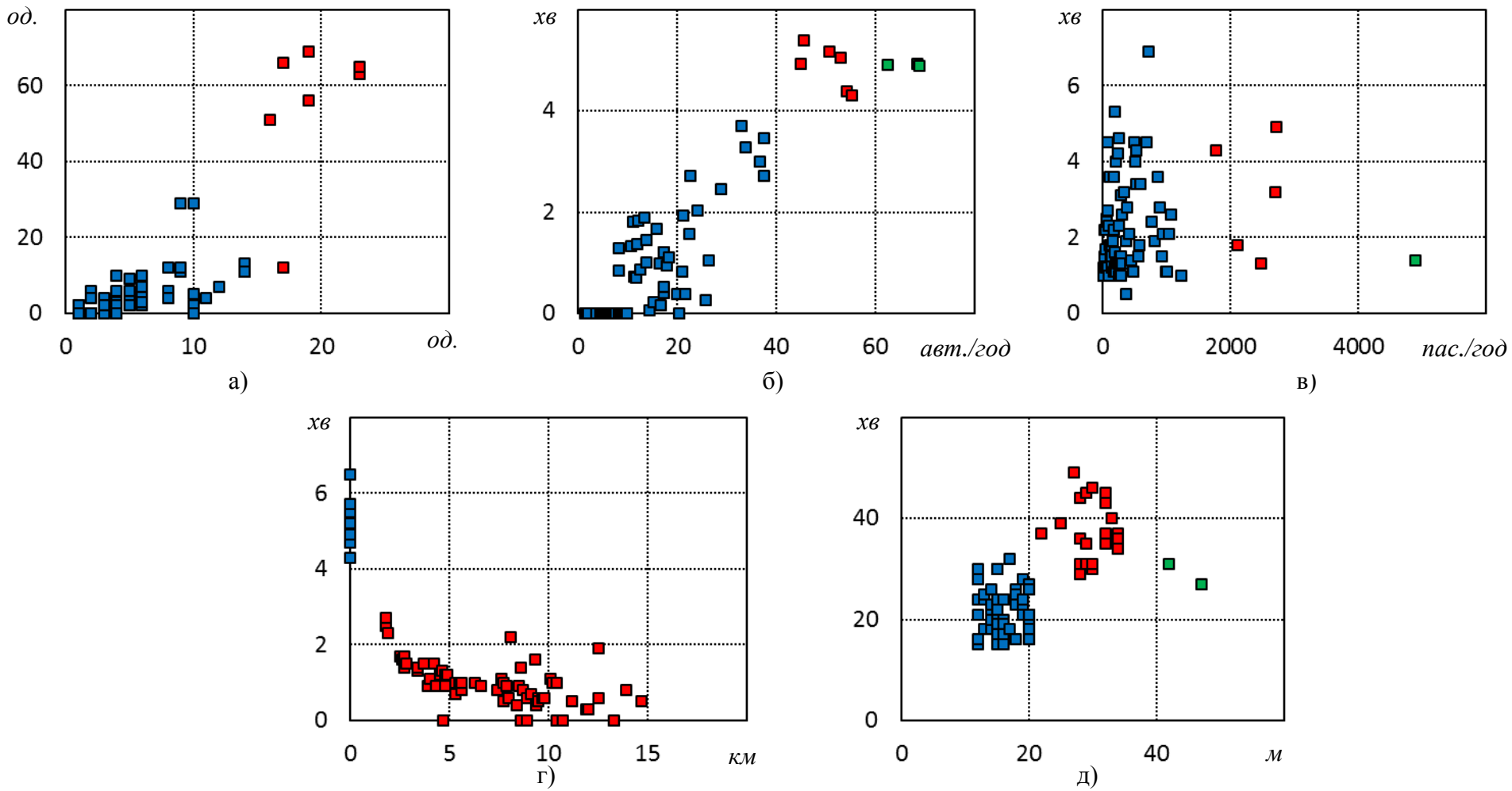
г)



д)

а – кількість маршрутів у ЗП – кількість конфліктних ситуацій; б – інтенсивність прибуття ТЗ у ЗП – час простою ТЗ у черзі; в – пасажирообмін ТЗ – час технологічного простою ТЗ; г – довжина ділянки маршруту до ТПВ – час сервісного простою ТЗ; д – довжина посадочного майданчика ЗП – час маневрування ТЗ

Рисунок 6.7 – Дендрограми кластерного розподілу ЗП ТПВ



а – кількість маршрутів у ЗП – кількість конфліктних ситуацій; б – інтенсивність прибуття ТЗ у ЗП – час простою ТЗ у черзі; в – пасажирообмін ТЗ – час технологічного простою ТЗ; г – довжина ділянки маршруту до ТПВ – час сервісного простою ТЗ; д – довжина посадочного майданчика ЗП – час маневрування ТЗ

Рисунок 6.8 – Графік розподілу кластерів ЗП ТПВ

Проведений кластерний розподіл ЗП ТПВ за основними експлуатаційними ознаками дозволив виділити їх класифікацію (табл. 6.3).

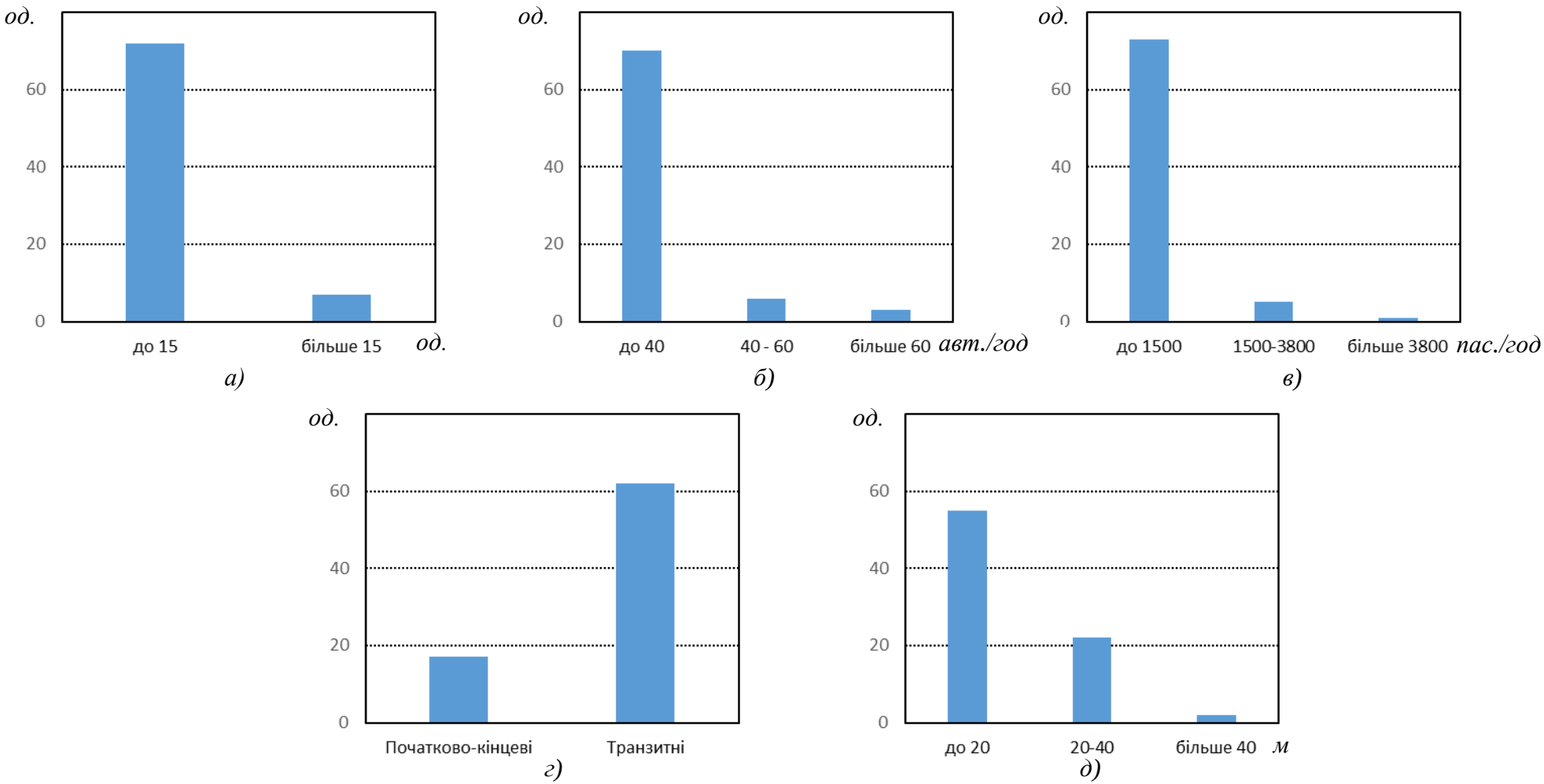
Таблиця 6.3 – Класифікація ЗП ТПВ

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

За представленою класифікацією може бути сформовано 108 типів ЗП. На рисунку 6.9 представлений розподіл питомої ваги ЗП за виділеними кластерними ознаками. Виходячи фактичного розподілу ЗП можна зробити висновок про те, що у кожній ознаці їх домінуюча частина відноситься до одного кластеру. Це дає можливість обґрунтувати доцільність виділення трьох базових типів ЗП зі спільними характеристичними ознаками. Ключовими структурними ознаками виділення типових ЗП є:

- кількість маршрутів;
- інтенсивність прибуття ТЗ;
- пасажирообмін;
- тип маршрутів сполучення (початково-кінцеві, транзитні);
- довжина майданчика обслуговування.

Експлуатаційні характеристики типових кластерів ЗП досліджуваних ТПВ представлені в таблиці 6.4. Об’єднання за характеристичними ознаками на відповідних рівнях дає можливість виділити конкретні ЗП на базі яких доцільно провести дослідження з встановлення закономірностей впливу рівня резервування пропускної спроможності ЗП на сервісно-ресурсні показники їх функціонування.



а – за кількістю маршрутів у ЗП; *б* – за інтенсивністю прибуття ТЗ у ЗП; *в* – за пасажирообміном; *г* – за типом маршруту; *д* – за довжиною посадочного майданчика ЗП

Рисунок 6.9 – Розподіл кількості ЗП ТПВ за кластерними ознаками

Таблиця 6.4 – Типовий кластерний розподіл ЗП ТПВ

Кластерна характеристика	1 тип	2 тип	3 тип
Кількість маршрутів, од.	до 15	до 15	більше 15
Інтенсивність вхідного маршрутного потоку, авт/год.	до 40	до 40	більше 40
Пасажирообмін, пас/год.	до 1500	до 1500	більше 1500
Домінуючий тип маршрутів	транзитні	початково-кінцеві	транзитні
Довжина ЗП, м	до 20	20-40	20-40

В якості базових ЗП з кожного типового кластеру обрано по одному ЗП з наступних ТПВ: 1 тип – ЗП «ст. м. Героїв Праці» м. Харків (50.024616, 36.334937), 2 тип – ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» м. Кривий Ріг (47.911136, 33.453075), 3 тип – ЗП «вул. Залізнична» м. Херсон (46.650216, 32.597849). Характеристика вказаних ЗП ТПВ представлена в додатку В.

6.4 Статистична оцінка параметрів функціонування ЗП ТПВ

Статистична оцінка параметрів вхідного маршрутного потоку має своєю метою встановлення для виділених базових типів ЗП закономірностей їх формування. Визначення законів розподілу дозволяє обґрунтувати можливість застосування імітаційного моделювання для дослідження ефективності впровадження керуючих дій. В якості детермінованих даних, що характеризують функціонування ЗП ТПВ виступає інформація про параметри прибуття суб’єктів маршрутного потоку (флуктуація прибуття, рівень наповнення), складові часових характеристик перебування ТЗ у ЗП (час маневрування, час висадки та посадки пасажира).

Встановлення законів розподілу вказаних величин передбачає проведення статистичної обробки результатів натурних спостережень. Такі спостереження проводилися на окремих ЗП: «ст. м. Героїв Праці» м. Харків (50.024616,

36.334937), «Кривий Ріг – Вокзальний» м. Кривий Ріг (47.911136, 33.453075), «вул. Залізнична» м. Херсон (46.650216, 32.597849), а також на ЗП ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна» м. Харків: (49.981289, 36.242139) напрямок руху – від центра міста та (49.982096, 36.240981) напрямок руху – до центра міста, що обрано в якості об’єкту перевірки ефективності впровадження розроблених управлінських дій. По ЗП було проведена сукупність спостережень загальною чисельністю 1028. Результати натурних спостережень наведені в додатку Г. Оцінка необхідної кількості спостережень показали про їх достатність щодо забезпечення репрезентативності вибірки та дозволяє обґрунтувати можливість використання встановлених законів розподілу при імітаційному моделюванні.

Гіпотези про закони розподілу випадкових величин перевірено за допомогою пакета Statistica 7.0 з використанням інструменту Distribution Fitting. Критерій *хи*-квадрат Пірсона використано для перевірки статистичної значимості гіпотез. Для отримання табличного значення необхідно вказати кількість ступенів свободи та рівень значимості. Гіпотеза про певний закон розподілу не спростовується, якщо розрахункове значення менше відповідного табличного

$$\chi_P^2 \leq \chi_T^2, \tag{6.4}$$

де χ_P^2 − розрахункове значення критерію Пірсона;

χ_T^2 − табличне значення критерію Пірсона.

Результати статистичної обробки розподілу випадкових величин для маршрутів базових ЗП подані у додатку Д. Результати перевірки гіпотез про закони розподілу величин часових параметрів технологічного простою ТЗ в ЗП наведені в таблицях 6.5 – 6.6. Розрахункові значення критерію Пірсона не перевищують табличні значення, тому гіпотези не відхиляються.

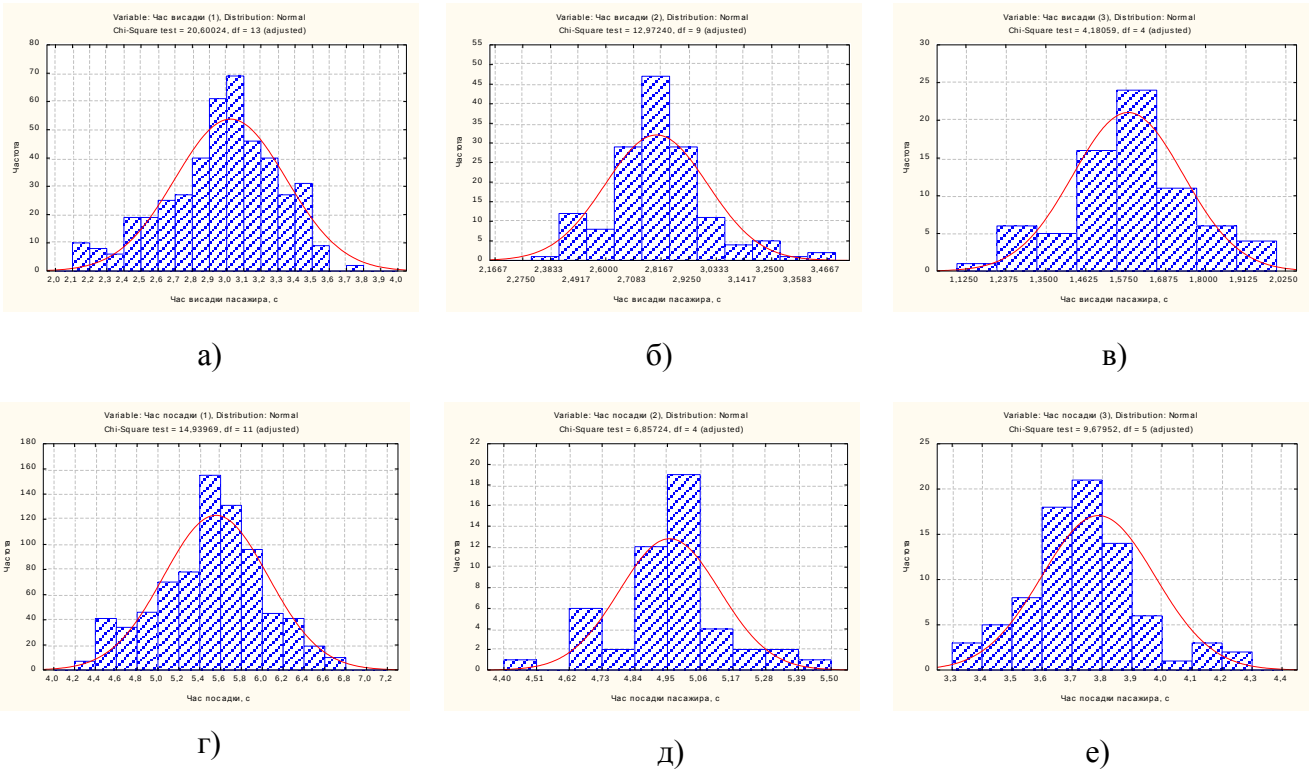
Таблиця 6.5 – Показники статистичних гіпотез про закони розподілу часу маневрування ТЗ

Показник	ЗП	Закон розподілу	Медіана	Амплітуда варіації		Дисперсія	Середнє квадратичне відхилення	Кількість ступенів свободи	Розрахункове значення критерію Пірсона
				min	max				
Час маневрування при в’їзді, с	«ст. м. Героїв Праці»	Логнормальний	19	17	26	5,012	2,239	17	23,510
	«Кривий Ріг – Вокзальний»	Логнормальний	14	12	18	1,55	1,245	19	26,448
	«вул. Залізнична»	Логнормальний	16,5	15	30	10,944	3,308	17	18,419
	«ст. м. пр. Гагаріна» від центра	Логнормальний	19	14	40	52,641	7,255	12	16,248
	«ст. м. пр. Гагаріна» до центра	Логнормальний	19	15	40	45,081	6,714	12	17,041
Час маневрування при виїзді, с	«ст. м. Героїв Праці»	Логнормальний	17	14	22	3,891	1,973	17	22,925
	«Кривий Ріг – Вокзальний»	Логнормальний	11	9	15	1,56	1,249	19	20,955
	«вул. Залізнична»	Логнормальний	19	18	28	5,636	2,374	17	21,849
	«ст. м. пр. Гагаріна» від центра	Логнормальний	16	10	34	44,052	6,637	12	14,216
	«ст. м. пр. Гагаріна» до центра	Логнормальний	17	11	34	34,766	5,896	11	16,982

Таблиця 6.6 – Показники статистичних гіпотез про закони розподілу часу висадки-посадки пасажира

Показник	Кількість дверей у ТЗ для посадки-висадки пасажирів	Закон розподілу	Медіана	Амплітуда варіації		Дисперсія	Середнє квадратичне відхилення	Кількість ступенів свободи	Розрахункове значення критерію Пірсона
				min	max				
Час висадки пасажира, с	1	Нормальний	3,1	2,2	3,8	0,106	0,325	16	20,600
	2	Нормальний	2,8	2,4	3,4	0,032	0,178	9	12,972
	3	Нормальний	1,6	1,2	1,9	0,024	0,155	4	4,181
Час посадки пасажира, с	1	Нормальний	5,6	4,4	6,8	0,251	0,501	11	14,940
	2	Нормальний	5	4,5	5,4	0,028	0,167	4	6,857
	3	Нормальний	3,8	3,4	4,3	0,035	0,188	5	9,680

На рисунку 6.10 наведені графіки що відображають розподіл часу висадки та посадки пасажира.



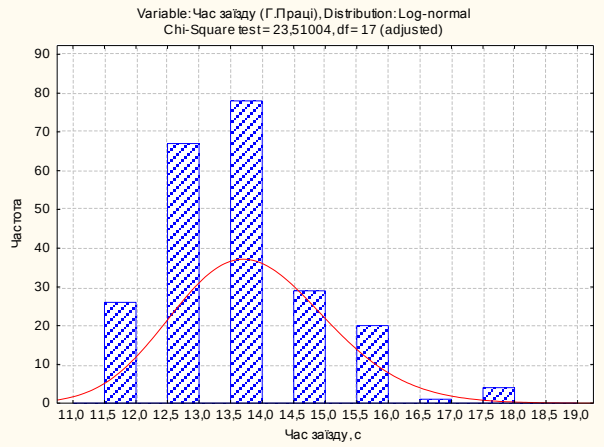
а – час висадки пасажира (1 двері); б – час висадки пасажира (2 двері);
в – час висадки пасажира (3 двері); г – час посадки пасажира (1 двері);
д – час посадки пасажира (2 двері); е – час посадки пасажира (3 двері)

Рисунок 6.10 – Розподіл часу висадки та посадки пасажира

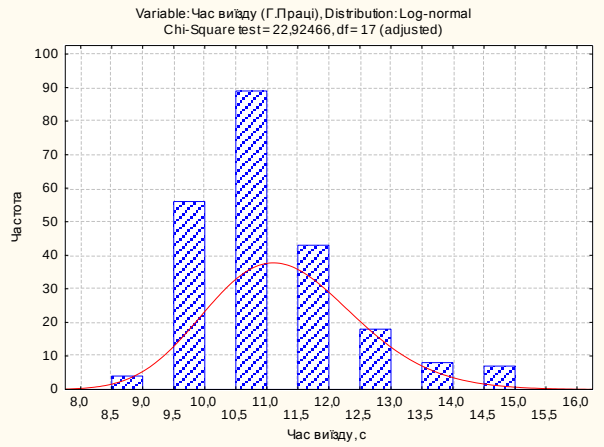
Наведені графіки розподілу часу посадки та висадки дають змогу обґрунтувати можливість використання нормального закону розподілу для їх генерації при імітаційному моделюванні. Основним чинником, що визначає тривалість часу посадки та висадки є кількість дверей у ТЗ. Це підтверджується отриманими значеннями медіани, що відображають тенденції до зниження часу при збільшенні кількості дверей, через які здійснюється посадка – висадка пасажирів. Такий зв'язок також пояснюється умовами використання форм збору оплати за проїзд та конструктивними особливостями ТЗ. Так ТЗ з трьома дверима мають достатні накопичувальні майданчики та використовуються система збору плати кондуктором у салоні

ТЗ. Для ТЗ з 1 або 2 дверима, як правило, використовується система збору оплати водієм, що призводить до збільшення тривалості посадки – висадки.

На рисунку 6.11 наведені графіки, що відображають розподіл часу маневрування ТЗ в ЗП «ст. м. Героїв Праці».



а)



б)

а – час маневрування при в’їзді; б – час маневрування при виїзді

Рисунок 6.11 – Розподіл часу маневрування ТЗ (ЗП «ст. м. Героїв Праці»)

Час маневрування ТЗ залежить від конструктивних особливостей ЗП та експлуатаційних умов, що реалізуються в них. Встановлено, що гіпотеза про розподіл часу маневрування за логнормальним законом не відхиляється. Використання такого закону розподілу пояснюється тим, що основна частина операцій з маневрування ТЗ реалізується в базових умовах руху, а окрема частина може бути більш тривалими з причини виникнення перешкод у вигляді скупчення ТЗ в зоні ЗП.

Розподіл часу флуктуації прибуття показав, що цей параметр для більшості маршрутів не може бути описаний нормальним законом розподілу та має високий рівень нестабільності. Така ситуація пояснюється пріоритетною організацією руху на маршрутах без чіткого дотримання розкладу руху та значним впливом умов руху по ділянках ВДМ.

6.5 Експериментальні дослідження сервісно-ресурсних параметрів функціонування ЗП ТПВ

6.5.1 Методика проведення експериментальних досліджень

Метою імітаційного експерименту є встановлення характеристичної інформації про вплив сервісно-ресурсних параметрів обслуговування суб'єктів маршрутного потоку на ефективність функціонування різних типів ЗП ТПВ. Імітаційне моделювання являє собою процес побудови та випробування алгоритму моделювання функціонування ЗП ТПВ, що імітує поведінку та взаємодію суб'єктів досліджуваної системи з урахуванням характеру випадкових впливів. Імітаційна модель відображає стохастичний процес зміни його дискретних станів. При програмній реалізації моделі на електронно-обчислювальній машині проводиться накопичення статистичних даних за сервісно-ресурсними показниками взаємодії, що є предметом подальшого аналізу. Отримані в ході моделювання дані є основою для статистичної обробки та встановлення закономірностей зміни параметричних областей функціональної сталості ЗП.

Аналіз умов функціонування ТПВ показав, що основним керуючим впливом який визначає рівень завантаження ЗП є тривалість сервісного простою ТЗ. Діапазон зміни часу додатково сервісного простою t_r^{ad} визначається умовами організації руху на маршруті та знаходиться в межах від 0 до $t_{r_{\max}}^{ad}$. Значення 0 відповідає відсутності сервісного простою, а $t_{r_{\max}}^{ad}$ – забезпеченню рівня заповнення ТЗ та відповідності пропускної спроможності ЗП. Для варіативності розподілу резерву пропускної спроможності ЗП прийнято п'ять базових рівнів часу сервісного простою: 0, $0,25t_{r_{\max}}^{ad}$, $0,5t_{r_{\max}}^{ad}$, $0,75t_{r_{\max}}^{ad}$, $t_{r_{\max}}^{ad}$. У межах окремої серії експериментів для кожного маршруту тривалість сервісного простою приймає лише одне з вказаних значень. При

проведенні імітаційних експериментів використовувалися встановлені закони розподілу випадкових величин та їх показники.

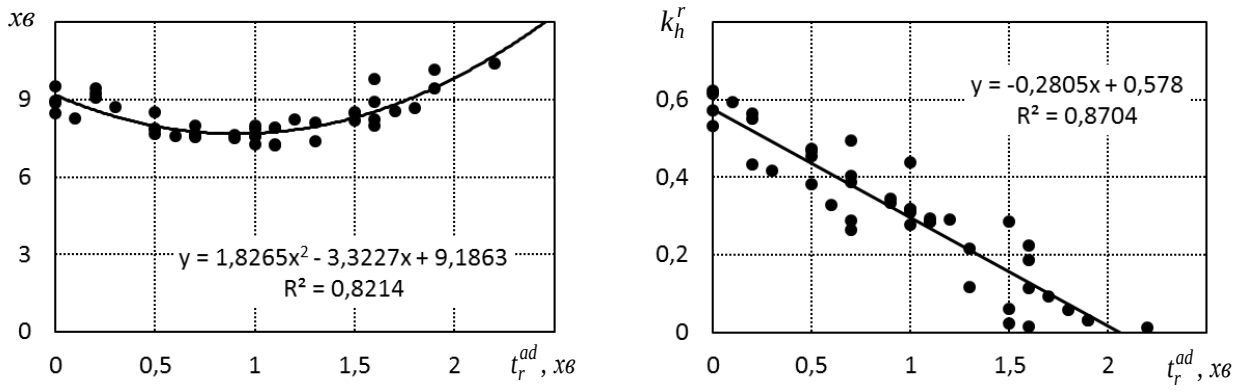
На основі проведених розрахунків встановлені допустимі межі зміни рівня резерву пропускної спроможності ЗП. Для ЗП «ст. м. Героїв Праці» діапазон зміни резерву пропускної спроможності знаходиться в діапазоні від 0 до 0,624, для ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» – від 0 до 0,629, для ЗП «вул. Залізнична» – від 0 до 0,32. В якості результативних показників оцінювання ефективності взаємодії використовуються: середній час переміщення пасажира через ТПВ, рівень резерву пропускної спроможності ЗП, загальна тривалість простою ТЗ у черзі, кількість конфліктних ситуацій, коефіцієнт відповідності рівень провізної можливості маршрутів, коефіцієнт відповідності пропускної спроможності елементів ВДМ.

6.5.2 Аналіз результатів експериментальних досліджень

Результати проведеного імітаційного експерименту дозволяють проаналізувати вплив рівня резерву ЗП на основні експлуатаційні показники їх функціонування. Такий аналіз проводиться в аналітичній формі на основі попередньо встановлених статистичних моделей та має своєю метою виділення основних характеристичних типів та тенденцій причинно-наслідкових зв’язків формування технологічної сталості ЗП ТПВ.

Для реалізації процедури аналізу результатів експериментальних досліджень доцільно використовувати наочно-графічне представлення. Така форма передбачає їх візуалізацію у вигляді набору типових графіків на яких в системі базових координат відтворені характеристичні закономірності зміни параметрів оцінювання ефективності взаємодії суб’єктів маршрутного потоку. В якості базової величини, що встановлює рівень резерву пропускної спроможності ЗП використовується тривалість сервісного простою ТЗ.

На рисунку 6.12 наведено графіки зміни сервісно-ресурсних показників функціонування для ЗП «ст. м. Героїв Праці».

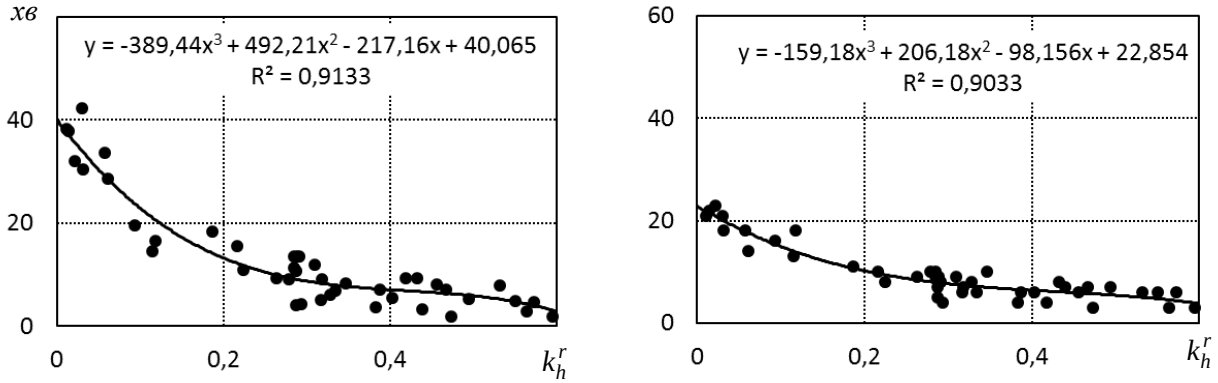


а) б)

а – середній час переміщення пасажира через ЗП; б – рівень резерву пропускної спроможності ЗП

Рисунок 6.12 – Вплив сервісного простою на сервісно-ресурсні показники функціонування ЗП «ст. м. Героїв Праці»

В якості показників оцінювання конфліктності взаємодії виступає загальна тривалість простою ТЗ у черзі та кількість конфліктних ситуацій у ЗП. Для встановлення впливу рівня резервування пропускної спроможності ЗП на параметри конфліктності взаємодії визначені закономірності подано у вигляді сукупності базових графіків (рис. 6.13).

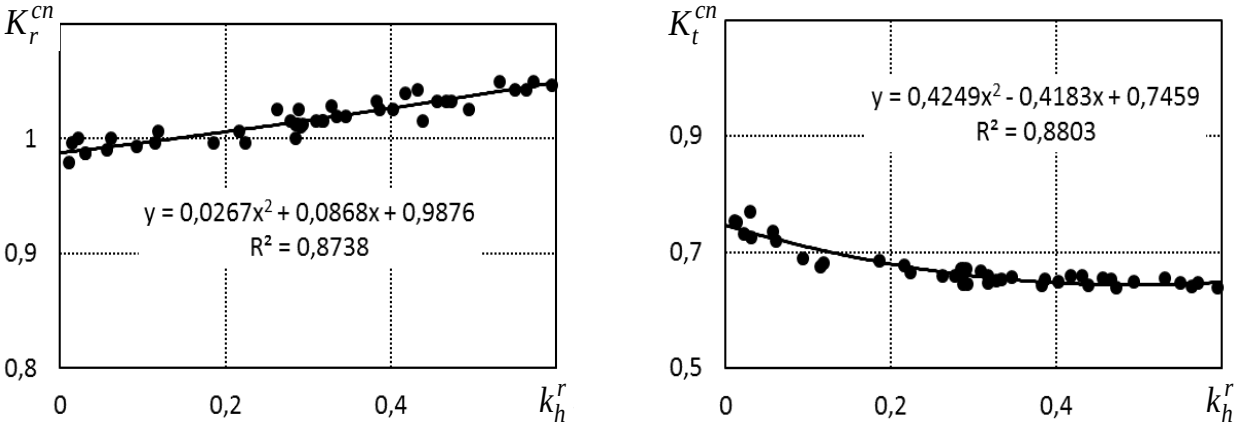


а) б)

а – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; б – кількість конфліктних ситуацій

Рисунок 6.13 – Вплив ресурсного забезпечення ЗП «ст. м. Героїв Праці» на конфліктність взаємодії

На рисунку 6.14 представлено графіки впливу резерву ЗП «ст. м. Героїв Праці» на коефіцієнт провізних можливостей маршрутів та рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ.



а) б)

а – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; б – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок 6.14 – Вплив резерву пропускної спроможності ЗП «ст. м. Героїв Праці» на ресурсні показники маршрутів та ВДМ

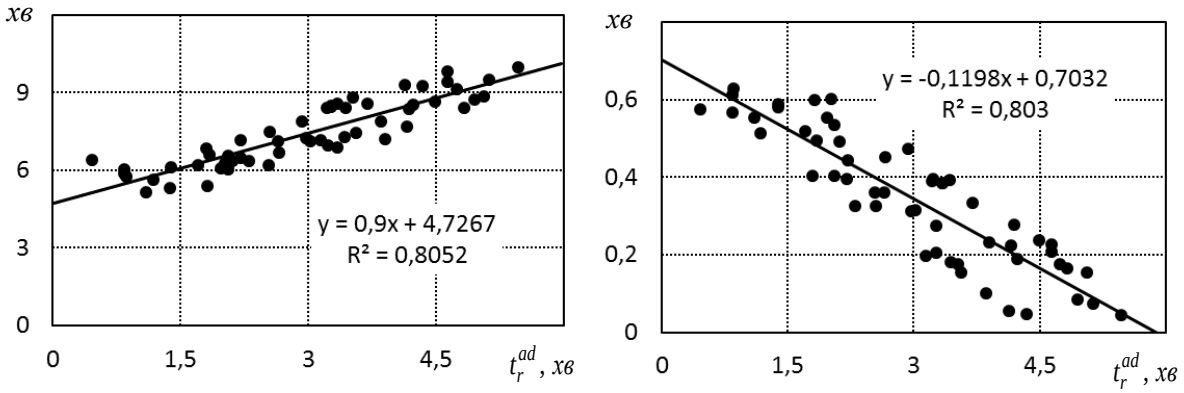
На основі отриманих у ході імітаційного моделювання результатів за допомогою програми Statistica 7.0, були встановлені регресійні моделі за наступними зв'язками: час сервісного простою (t_r^{ad}) – середній час перебування пасажира в ТПВ ($\overline{t_h^{sn}}$); час сервісного простою (t_r^{ad}) – рівень резерву пропускної спроможності ЗП (k_h^r); рівень резерву пропускної спроможності ЗП (k_h^r) – загальна тривалість простою ТЗ у черзі (t_h^{wq}); рівень резерву пропускної спроможності ЗП (k_h^r) – кількість конфліктних ситуацій в ЗП (n_h^{wq}); рівень резерву пропускної спроможності ЗП (k_h^r) – коефіцієнт провізної спроможності маршруту (K_r^{cn}); рівень резерву пропускної спроможності ЗП (k_h^r) – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ (K_t^{cn}). Перевірка адекватності встановлених закономірностей

за коефіцієнтом детермінації показала їх статистичну значимість. Характеристика встановлених регресійних моделей для ЗП «ст. м. Героїв Праці» наведена в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Характеристика регресійних моделей для ЗП «ст. м. Героїв Праці»

Зв'язок	Залежність	R^2
$t_r^{ad} - \overline{t_h^{sn}}$	$\overline{t_h^{sn}} = 1{,}8265(t_r^{ad})^2 - 3{,}3227 t_r^{ad} + 9{,}1863$	0,8214
$t_r^{ad} - k_h^r$	$k_h^r = -0{,}2805 t_r^{ad} + 0{,}578$	0,8704
$k_h^r - t_h^{wq}$	$t_h^{wq} = -389{,}44(k_h^r)^3 - 492{,}21(k_h^r)^2 - 217{,}16 k_h^r + 40{,}065$	0,9133
$k_h^r - n_h^{wq}$	$n_h^{wq} = -159{,}18(k_h^r)^3 + 206{,}18(k_h^r)^2 - 98{,}156 k_h^r + 22{,}854$	0,9033
$k_h^r - K_r^{cn}$	$K_r^{cn} = 0{,}0267(k_h^r)^2 + 0{,}0868 k_h^r + 0{,}9876$	0,8738
$k_h^r - K_t^{cn}$	$K_t^{cn} = 0{,}4249(k_h^r)^2 - 0{,}4183 k_h^r + 0{,}7459$	0,8803

На рисунку 6.15 подано графіки зміни сервісно-ресурсних показників функціонування для ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний».

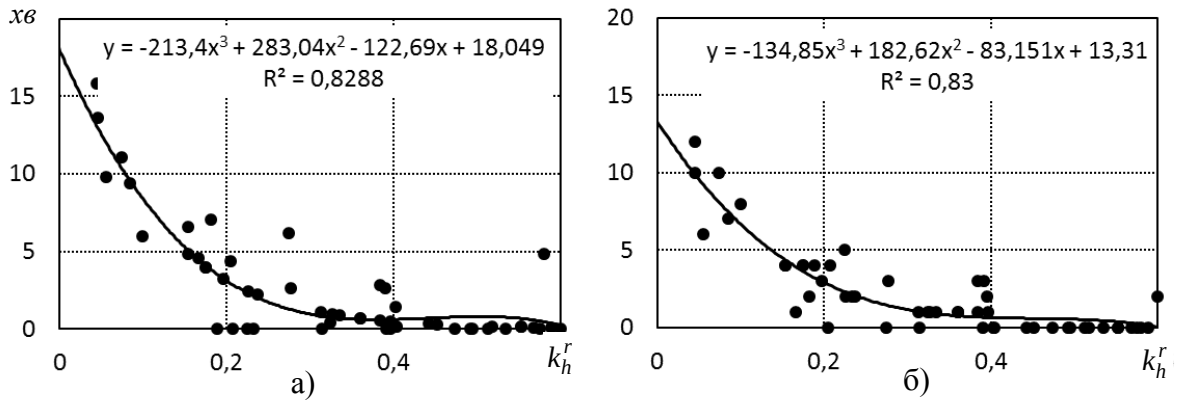


а) б)

а – середній час переміщення пасажира через ЗП; б – рівень резерву пропускної спроможності ЗП

Рисунок 6.15 – Вплив сервісного простою на сервісно-ресурсні показники функціонування ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний»

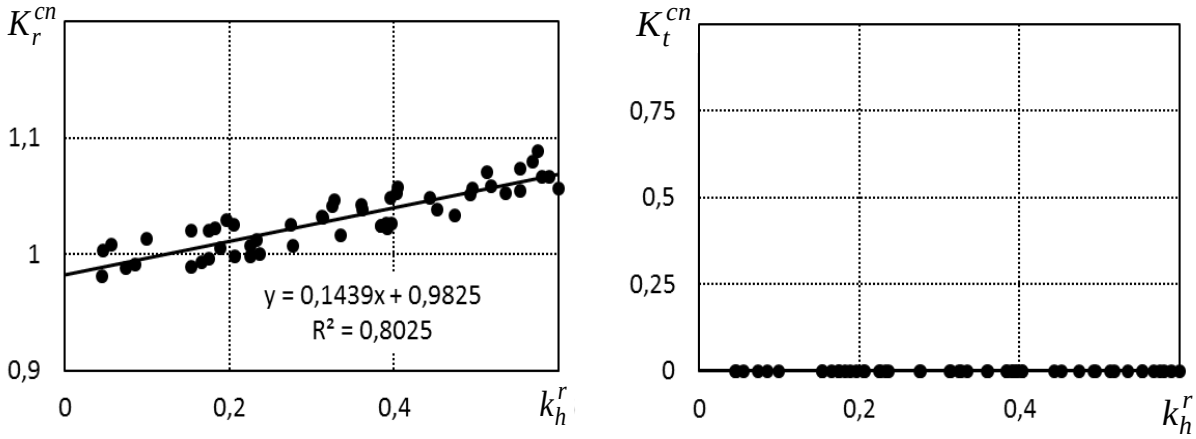
На рисунку 6.16 подано графіки зміни конфліктності взаємодії для ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний».



а – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; б – кількість конфліктних ситуацій

Рисунок 6.16 – Вплив ресурсного забезпечення ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» на конфліктність взаємодії

На рисунку 6.17 представлено графіки впливу резерву ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» на коефіцієнт провізних можливостей маршрутів та рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ.



а – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; б – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

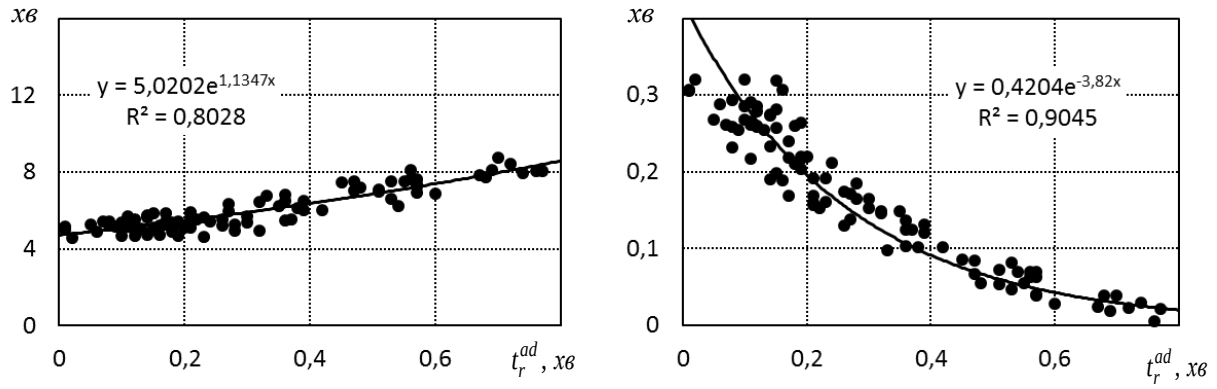
Рисунок 6.17 – Вплив резерву пропускної спроможності ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» на ресурсні показники маршрутів та ВДМ

Для аналізу закономірностей встановлений типовий набір регресійних моделей. Характеристика регресійних моделей для ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» наведена в таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Характеристика регресійних моделей для ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний»

Зв'язок	Залежність	R^2
$t_r^{ad} - \overline{t_h^{sn}}$	$\overline{t_h^{sn}} = 0,9t_r^{ad} + 4,7267$	0,8052
$t_r^{ad} - k_h^r$	$k_h^r = -0,1198t_r^{ad} + 0,7032$	0,8288
$k_h^r - t_h^{wq}$	$t_h^{wq} = -213,4(k_h^r)^3 + 283,04(k_h^r)^2 - 122,69k_h^r + 18,049$	0,803
$k_h^r - n_h^{wq}$	$n_h^{wq} = -134,85(k_h^r)^3 + 182,62(k_h^r)^2 - 83,151k_h^r + 13,31$	0,83
$k_h^r - K_r^{cn}$	$K_r^{cn} = 0,1439k_h^r + 0,9825$	0,8025

На рисунку 6.18 подано графіки зміни сервісно-ресурсних показників функціонування для ЗП «вул. Залізнична».

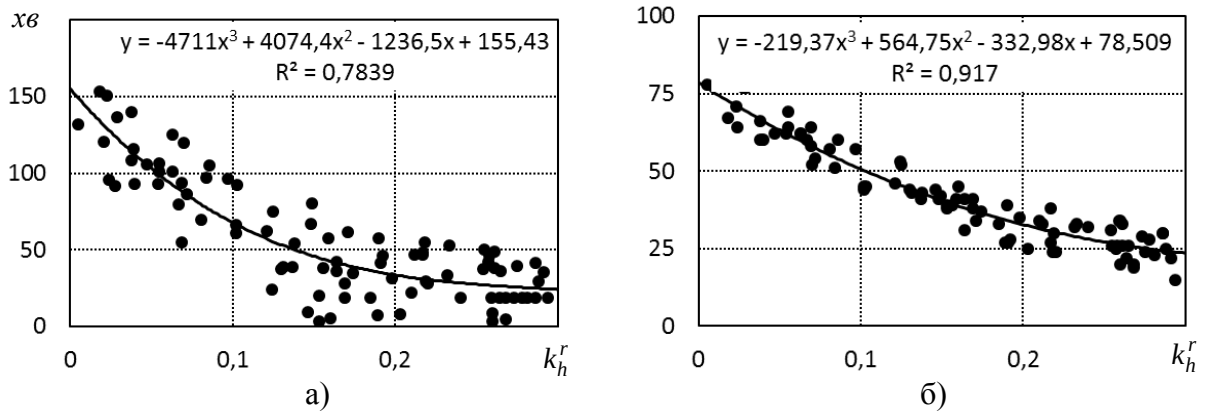


а) б)

а – середній час переміщення пасажира через ЗП; б – рівень резерву пропускної спроможності ЗП

Рисунок 6.18 – Вплив сервісного простою на сервісно-ресурсні показники функціонування ЗП «вул. Залізнична»

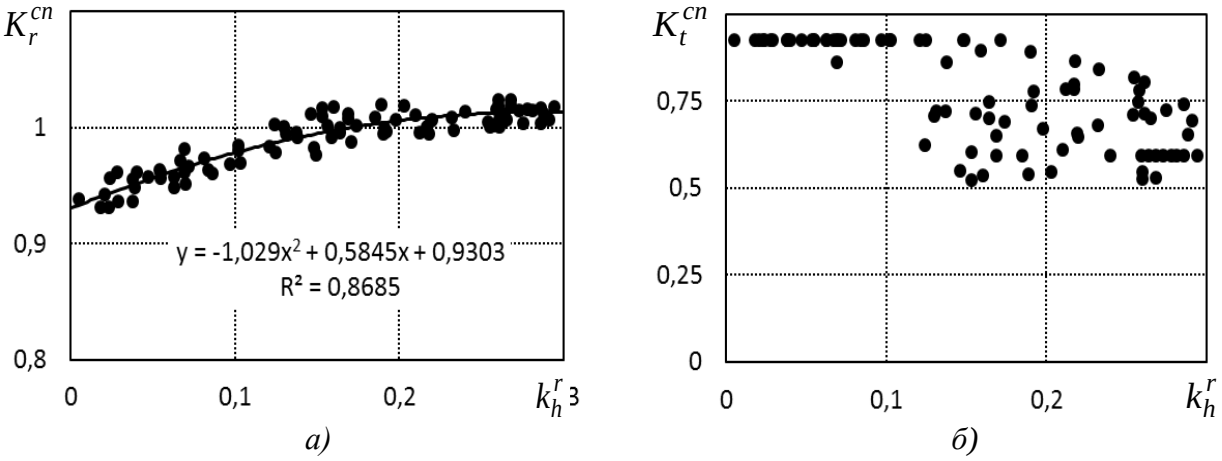
На рисунку 6.19 подано графіки зміни конфліктності взаємодії для ЗП «вул. Залізнична».



а – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; б – кількість конфліктних ситуацій

Рисунок 6.19 – Вплив ресурсного забезпечення ЗП «вул. Залізнична» на конфліктність взаємодії

На рисунку 6.20 представлено графіки впливу резерву ЗП «вул. Залізнична» на коефіцієнт провізних можливостей маршрутів та рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ.



а – коефіцієнт провізної спроможності маршруту; *б* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок 6.20 – Вплив резерву пропускної спроможності ЗП «вул. Залізнична» на ресурсні показники маршрутів та ВДМ

Характеристика регресійних моделей для ЗП «вул. Залізнична» наведена в таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Характеристика регресійних моделей для ЗП «вул. Залізнична»

Зв'язок	Залежність	R^2
$t_r^{ad} - \overline{t_h^{sn}}$	$\overline{t_h^{sn}} = 5,0202e^{1,1347t_r^{ad}}$	0,8028
$t_r^{ad} - k_h^r$	$k_h^r = 0,4204e^{-3,82t_r^{ad}}$	0,9045
$k_h^r - t_h^{wq}$	$t_h^{wq} = -4711(k_h^r)^3 + 4074,4(k_h^r)^2 - 1236,5k_h^r + 155,43$	0,7839
$k_h^r - n_h^{wq}$	$n_h^{wq} = -219,37(k_h^r)^3 + 564,75(k_h^r)^2 - 332,98k_h^r + 78,509$	0,917
$k_h^r - K_r^{cn}$	$K_r^{cn} = -1,029(k_h^r)^2 + 0,5845k_h^r + 0,9303$	0,8685

Аналізуючи отримані залежності для базових типів ЗП можна встановити рівень впливу їх ресурсного забезпечення на складові ефективності функціонування. Параметричним показником якості обслуговування пасажирів є час, що витрачається пасажирами на переміщення через ЗП ТПВ. До його складу входить час, що використовується пасажирами на здійснення міжмаршрутної пересадки в ТПВ та час, що витрачається пасажирами які слідують в ТЗ без пересадки. Збільшення сервісного часу простою ТЗ дає можливість скоротити час перебування у ТПВ пасажирів, що переміщуються з міжмаршрутною пересадкою за рахунок розширення періоду синхронізації. Однак, це також призводить до збільшення часу перебування у ТПВ пасажирів, що слідують через нього без виходу з ТЗ.

Для ЗП «ст. м. Героїв Праці» встановлено, що впровадження сервісного простою ТЗ в межах 80 с дає можливість скоротити середній час переміщення пасажира через ТПВ у порівняння з його повною відсутністю на 1,4 хв (15,4 %): з 9,1 хв до 7,7 хв. Подальше збільшення часу сервісного

простою призводить до зростання витрат часу на переміщення пасажирів через ТПВ.

Для ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» характерною особливістю формування пасажиропотоку є відсутність міжмаршрутних пересадок. Основними видами в цьому ТПВ є початкові поїздки, що формуються в межах прилеглої селитебної території. Вплив внеміського залізничного сполучення майже відсутній внаслідок того, що протягом розрахункового періоду прибуває всього два потяги приміського сполучення. У разі впровадження сервісного простою ТЗ середній час переміщення пасажира через цей ЗП буде зростати за лінійною залежністю. А саме, впровадження сервісного часу тривалістю 2 хв призведе до збільшення середнього часу переміщення пасажира у порівнянні з його повною відсутністю на 1,7 хв (34,7 %): з 4,9 хв до 6,6 хв.

Для ЗП «вул. Залізнична» характерним є домінуюча частина пересадочних поїздок. Однак, висока інтенсивність вхідного маршрутного потоку призводить до виникнення значної кількості конфліктних ситуацій. Основною причиною негативного впливу тривалості сервісного часу на середній час переміщення пасажира через ТПВ є виникнення непродуктивних простоїв ТЗ у черзі. Залежність впливу сервісного простою на час переміщення має експоненціальний характер, що пояснюється різким збільшенням часу простою ТЗ у черзі. При впровадженні сервісного часу в межах 30 с – 50 с середній час переміщення пасажира збільшиться на 4,2 хв (91,3 %): з 4,6 хв до 8,8 хв (у порівняння з його відсутністю). Виходячи з цього можливо зробити висновок про можливість впровадження сервісного простою ТЗ в ЗП з домінуючими пересадочними операціями та інтенсивністю вхідного потоку до 40 авт/год.

Вплив сервісного простою на резерв пропускної спроможності проявляється через збільшення рівня завантаження ЗП. Для ЗП з інтенсивністю вхідного маршрутного потоку до 40 авт/год цей вплив описується лінійною залежністю, а для ЗП з інтенсивністю понад 40 авт/год –

експоненціальною залежністю. Такі тенденції пояснюються тим, що в умовах високого завантаження відбувається стрімке накопичення ТЗ в зоні ЗП викликаних конфліктними ситуаціями та чергами. Для ЗП «ст. м. Героїв Праці» максимально можливим значенням сервісного простою є 2,1 хв, для ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» – 5,8 хв, для ЗП «вул. Залізнична» – 1 хв. При впровадженні такого сервісного простою буде резерв пропускної спроможності ЗП буде дорівнювати нулю.

Зміна рівня резерву пропускної спроможності ЗП, що реалізується шляхом встановлення відповідної тривалості сервісного простою дає можливість впливати на кількість конфліктних ситуацій, тривалість простою ТЗ у черзі, рівень провізних можливостей маршрутів та пропускну спроможність прилеглих елементів ВДМ. Зниження рівня резерву пропускної спроможності ЗП оказує негативний вплив на кількість конфліктних ситуацій та тривалість простою ТЗ в черзі.

Для ЗП «ст. м. Героїв Праці» зниження резерву пропускної спроможності з 0,6 до 0,4 призводить до збільшення конфліктних ситуацій на 2 од. (з 4 од. до 6 од.) та загального часу простою ТЗ у черзі на 5,7 хв (з 1,8 хв до 7,5 хв). Подальше зниження резерву ресурсу до 0,2 призводить до збільшення конфліктних ситуацій на 5 од. (з 6 од. до 11 од.) та загального часу простою ТЗ у черзі на 7,2 хв (з 7,5 хв до 14,7 хв). Повна ліквідація резерву призведе до збільшення конфліктних ситуацій до 23 од. (71,2 % від вхідного потоку) та загального часу простою ТЗ у черзі до 41 хв. Для ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» вплив резерву пропускної спроможності має більш уповільнений характер, що пояснюється специфікою організації руху ТЗ з початкових пунктів. Так при зниженні резерву пропускної спроможності 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 збільшення конфліктних ситуацій до 14 од. (36,8% від вхідного потоку) та загального часу простою ТЗ у черзі до 18 хв. У ЗП «вул. Залізнична» вплив резерву пропускної спроможності на якісні показники

взаємодії має більш виражений характер. Це пояснюється високим рівнем інтенсивності вхідного маршрутного потоку. Зниження резерву пропускної спроможності 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); зниження до 0,1 – збільшення конфліктних ситуацій на 17 од. (з 33 од. до 50 од.), загального часу простою ТЗ у черзі – на 31,7 хв (з 37,5 хв до 69,2 хв); ліквідація резерву – збільшення конфліктних ситуацій до 78 од. (100 % від вхідного потоку), загального сумарного часу простою ТЗ у черзі до 153,5 хв.

Для оцінювання міжрівневого впливу встановлені залежності впливу резерву пропускної спроможності ЗП на коефіцієнт провізної можливості маршрутів та рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ. В якості бази для встановлення залежності $k_h^r - K_r^{cn}$ виступає зворотно пропорційний зв'язок між тривалістю рейсу та провізною можливістю маршрутів. При збільшенні часу простою в ЗП відбувається зниження провізних можливостей. В якості критеріального показника, що визначає необхідність залучення додаткових виробничих ресурсів у вигляді випуску додаткової кількості ТЗ виступає коефіцієнт провізної можливості маршрутів. Відповідно запропонованого соціально-маркетингового підходу оцінювання якості транспортного обслуговування гранична межа допустимого значення коефіцієнта провізної можливості повинна складати не менше 1. При його зниженні менше 1 на маршрутах спостерігається дефіцит провізних можливостей та погіршується рівень якості обслуговування.

Відповідно характеристик та максимального пасажиропотоку на маршрутах, що проходять через ЗП «ст. м. Героїв Праці» рівень резерву пропускної спроможності повинен складати не менше 0,142. За такого рівня вплив тривалості простою ТЗ в ЗП не призведе до виходу ресурсного забезпечення маршрутів з кола допустимих значень. Для ЗП «Кривий Ріг –

Вокзальний» рівень резерву пропускної спроможності ЗП складає 0,115, а для ЗП «вул. Залізнична» – 0,175.

В основу оцінювання впливу резерву пропускної спроможності ЗП на ВДМ лежить зв'язок що ґрунтується на обліку часу блокування проїжджої частини. У разі виникнення конфліктної ситуації в ЗП обслуговування ТЗ відбувається в межах проїжджої частини поза межею зупинної «кишені». Також блокування проїжджої частини може здійснюватися при будь-якому простої ТЗ у разі якщо в плані ЗП зупинна «кишеня» відсутня взагалі. При блокуванні смуги руху відбувається зниження пропускної спроможності вулиці. З урахуванням тривалості блокування проїжджої частини встановлюється фактична кількість смуг руху задіяна протягом відповідного періоду. Базова пропускна спроможність смуги руху прийнята на рівні 1000 авт/год., коефіцієнти багатосмуговості 1, 1,8, 2,4 та 2,9 для 1, 2, 3 та 4 смуг відповідно. Інтенсивність руху по прилеглій частині проїжджої частини складає для ЗП «ст. м. Героїв Праці» 1520 авт/год., для ЗП «вул. Залізнична» – 924 авт/год., ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» розташований поза зоною проїжджої частини вулиці. Відповідно до встановлених рівнів обслуговування критичним є рівень завантаження рухом в межах до 0,9 (рівень обслуговування D) [347]. Виходячи з цього можна встановити, що критичного впливу резерв пропускної спроможності ЗП «ст. м. Героїв Праці» на ВДМ у всьому діапазоні немає (максимальне значення K_t^{cn} досягає 0,769). Для ЗП «вул. Залізнична» встановлення зв’язку $k_h^r - K_t^{cn}$ неможливе внаслідок високої кількості конфліктних ситуацій. Однак, аналізуючи характер розсіювання отриманих показників можна виділити три діапазони для яких характерним є відповідні закономірності розсіювання. В діапазоні зміни резерву пропускної спроможності ЗП від 0 до 0,121 всі значення показника завантаження рухом знаходяться в верхній межі – 0,924. Це обумовлене тим, що блокування смуги руху відбувається протягом усього періоду та проїжджа частина стає односмуговою. У діапазоні k_h^r від 0,121 до 0,253

спостерігається значне розсіювання K_t^{cn} (від 0,524 до 0,924). Така ситуація пояснюється неоднорідністю інтервалів прибуття та відсутністю координації розкладу руху ТЗ. У діапазоні k_h^r понад 0,253 спостерігається поступова концентрація K_t^{cn} в межах 0,5-0,6. Виходячи з цього допустимим рівнем резерву пропускної спроможності ЗП «вул. Залізнична» є значення 0,253.

Виходячи з умов формування функціональної сталості ОІ МПТ ресурсною межею зони сталості є максимальне значення k_h^r при якому забезпечується відповідність ресурсним вимогам вищих рівнів (маршрутної мережі та елементів ВДМ). Для ЗП «ст. м. Героїв Праці» граничне значення резерву пропускної спроможності ЗП складає 0,142, для ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» – 0,115, а для ЗП «вул. Залізнична» – 0,253.

Ресурсна межа області функціональної сталості визначається умовами забезпечення повної ліквідації конфліктних ситуацій що є джерелом формування чинників небезпеки руху, непродуктивних простоїв ТЗ та додаткового екологічного забруднення. Аналітичні дослідження встановлених регресійних моделей дозволили визначити, що у ЗП «ст. м. Героїв Праці» повна ліквідація конфліктних ситуацій можлива при рівні резерву пропускної спроможності 0,711, у ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» – 0,526. У ЗП «вул. Залізнична» безконфліктний рух неможливо забезпечити резервуванням пропускної спроможності ЗП взагалі, тому значення резерву приймається 1.

Виходячи з проведеного аналізу, можна зробити висновок про доцільність впровадження сервісного простою у ЗП «ст. м. Героїв Праці» в межах 80 с, при цьому резерв пропускної спроможності ЗП складає 0,373, що відповідає зоні функціональної сталості. Для ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» та ЗП «вул. Залізнична» встановлення сервісного часу недоцільне, рівень резерву пропускної спроможності ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» в цьому випадку буде складати 0,635, що входить до області функціональної сталості, а для ЗП «вул. Залізнична» – 0,322, що входить до зони сталості.

6.6 Апробація елементів циклу управління ТПВ

Апробація комплексу запропонованих технологічних рішень підвищення ефективності функціонування проводилася на прикладі ЗП ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна», що є одним з найпотужніших елементів транспортної інфраструктури м. Харкова. До територіального простору ТПВ входить прилегла транспортна магістраль вул. Вернадського, ефективність руху по якій залежить у тому числі від рівня організації взаємодії суб'єктів маршрутного потоку в ЗП. Зона міського наземного сполучення включає 7 зупинних пунктів, на які прибувають ТЗ 14 маршрутів. Схема планувальної структури представлена в додатку В, а загальна характеристика ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна» – у таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 – Характеристика ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна»

Показник	Значення
Загальна інформація ТПВ	
Кількість видів транспорту, що взаємодіють в межах планувальної структури	5
Кількість однотипних технологічних ліній взаємодії між різними транспортними підсистемами	20
Зона обслуговування наземного сполучення	
Кількість маршрутів	14
Кількість однотипних технологічних ліній взаємодії в межах всіх видів сполучення ТПВ	182
Кількість однотипних технологічних ліній взаємодії в межах міського сполучення	84
Кількість ЗП	7
Загальна кількість постів в ЗП	10
Сумарна пропускна спроможність, авт/год.	480
Сумарна переробна спроможність, тис. пас/год.	7,2
Максимальна інтенсивність вхідного маршрутного потоку, авт/год.	124
Максимальна інтенсивність вхідного пасажирського потоку, пас/год.	3,92
Максимальна інтенсивність транспортного потоку по прилеглій ділянці ВДМ, тис. авт/год.	2,55

Вимоги до ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна» ґрунтуються на необхідності скорочення часу перебування в ньому пасажирів при реалізації транспортно-пересадочних операцій, підвищення сервісно-ресурсної ефективності роботи МПТ та зниження негативного впливу на міське середовище. Досягнення поставлених задач досягається шляхом забезпечення:

– необхідної пропускної та переробної спроможності конфігураційних елементів ТПВ;

– оптимального розподілу маршрутів між ЗП;

– встановлення раціональної тривалості сервісного простою ТЗ;

– впровадження адаптованого до реальних умов взаємодії та маркетингових вимог розкладу руху ТЗ.

Наявна планувальна структура ТПВ (розташування поруч один одного) дозволяє об’єднати ЗП №1-5 в одну елементну складову. Через ЗП №1-5 відбувається рух ТЗ в напрямку від центру міста, а у напрямку до центра міста рух відбувається через ЗП №6 та №7. Розподіл маршрутів між ЗП та їх характеристики наведені у додатку В.

Розподіл маршрутів, що слідують через ЗП №1-5 реалізований наступним чином: до ЗП №1 прибувають ТЗ 9 транзитних маршрутів, в інші ЗП (№2-5) по одному початковому маршруту. Існуючий варіант не забезпечує рівномірність витрат часу на проходження ТЗ ТПВ. Інтенсивність прибуття ТЗ в ЗП має значну нерівномірність та коливається від 2 авт/год. до 37 авт/год., що призводить до виникнення в ЗП №1 умов ускладнення руху ТЗ. Ситуація значно погіршується відсутністю чітких обмежень до тривалості сервісного простою ТЗ.

Довжина посадочного майданчика ЗП №1 складає 38 м з відділенням кишені для заїзду ТЗ, ЗП №2-5 не облаштовані кишенею та мають довжину по 16 м.

Найбільшим періодом завантаження ЗП №1-5 є період вечірньої години «пік». Обсяг формування відправлень пасажирів з ЗП встановлена за результатами обстеження та в цей період складає 2144 пас/год., обсяг

прибуття – 29 пас/год. У напрямку до центра міста розташовано два ЗП: №6, до якого прибувають кінцеві маршрути, та №7 з транзитними маршрутами. Довжина посадочного майданчика ЗП №6 складає 14 м, ЗП №7 – 16 м, вони не облаштовані кишенею для заїзду ТЗ. Найбільшим періодом завантаження ЗП №6 та №7 є період ранкової години «пік». Обсяг формування відправлень пасажирів в цей період для ЗП №7 складає по відправленню 72 пас/год., по прибуттю – 1718 пас/год., у ЗП №6 прибуття складає 1075 пас/год., обсяг відправлення не формується, так як він є кінцевим пунктом маршрутів. За результатами опитування пасажирів визначені можливі варіанти вибору маршрутів відправлення та встановлені маркетингові вимоги до часу їх перебування в ТПВ. Результати наведені в додатку В. Вздовж ЗП №1-5 проходить вул. Вернадського з трьома смугами руху в кожному напрямку, інтенсивність транспортного потоку в напрямку від центра міста складає 1850 авт/год., в напрямку до центра міста – 1720 авт/год.

За результатами обробки натурних спостережень встановлені фактичні значення сервісних параметрів функціонування ЗП ТПВ. При проведенні обстежень було встановлено, що тривалість сервісного простою ТЗ має випадковий характер та визначалась на основі розрахунку середнього фактичного значення. Відсутність керування процесом перебування ТЗ в ЗП призводить до виникнення конфліктних ситуацій. Загальна кількість конфліктних ситуацій в зоні ЗП ТПВ за період години «пік» склало 17 випадків, загальна тривалість простою ТЗ в черзі склала 25,8 хв за період. Особливо гостро конфліктність руху маршрутних ТЗ проявляється в ЗП №1. Функціонування ЗП №1 характеризується високою інтенсивністю вхідного маршрутного потоку (37 авт/год.). Попередні дослідження проведені для типових ЗП показали, що таке значення інтенсивності вхідного потоку знаходиться близько до межі, при якій впровадження сервісного простою є недоцільним (40 авт/год.). Значення сервісно-ресурсних показників взаємодії суб’єктів маршрутного потоку в межах ЗП ТПВ для існуючого варіанта представлені в таблиці 6.11.

Таблиця 6.11 – Сервісно-ресурсні показники для існуючого варіанта

Показник	Зупинний пункт						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Тривалість сервісного простою ТЗ, хв	1,6	4,2	3,8	3,9	4,5	0	0
Фактичний середній час переміщення пасажира, хв	8,9	8,8	9,5	7,9	11,3	0,6	7,1
Середній фактичний час переміщення пасажира, хв	8,9					0,6	7,1
Рівень резерву пропускної спроможності ЗП	0,08	0,36	0,43	0,21	0,69	0,39	0,42
Кількість конфліктних ситуацій	12	0	0	0	0	1	4
Загальна тривалість черги ТЗ, хв	19,5	0	0	0	0	0,8	5,5

Після аналізу поточного стану організації та виділення причин зниження ефективності ЗП запропоновано реалізувати низку керуючих дій, спрямованих на стабілізацію технологічного процесу взаємодії. Відповідно до виділених етапів адаптаційного циклу управління ТПВ першим елементом є встановлення раціонального часу сервісного простою ТЗ. Для аналізу результативності такого заходу проведена сукупність серій імітаційних розрахунків, за якими встановлені значення сервісно-ресурсних параметрів окремих ЗП та зон ТПВ за напрямками руху та побудовані відповідні графіки їх зміни (додаток Ж).

Аналізуючи представлені графіки можна встановити, що для ЗП №1 раціональна тривалість сервісного часу повинна складати 0,6 хв. Подальше збільшення часу сервісного простою потенційно дає можливість скорочення часу перебування пасажира в ТПВ, але це призводить до зростання кількості конфліктних ситуацій, часу простою ТЗ в черзі, збільшення часу непродуктивного простою та знижує пропускну спроможність прилеглої проїжджої частини. Основною причиною обмеженості тривалості сервісного простою у встановленій межі є висока інтенсивність прибуття маршрутних ТЗ. Для реалізації можливості збільшення тривалості сервісного простою необхідне впровадження заходів з перерозподілу маршрутів між ЗП. Для ЗП №2-4 тривалість сервісного простою знаходиться в межах 2,4-3 хв. При

такому значенні середній час перебування пасажирів у ТПВ знизиться до 7,2 хв. (на 19,1 %). Для ЗП №5 впровадження сервісного простою недоцільне. Вказана тривалість сервісного простою забезпечує відповідність допустимому впливу на показники провізних можливостей маршрутів, конфліктності руху та пропускну спроможність ВДМ.

У напрямку до центра розташовані два ЗП. ЗП №6 є кінцевим, впровадження сервісного простою в ньому не розглядається. Фактичний час перебування пасажира у ЗП №6 визначається середніми витратами пасажирів на операції маневрування ТЗ та висадку пасажирів. У ЗП №7 відбувається висадка-посадка пасажирів, але домінуючим видом сполучення є прибуття пасажирів (95,9 %). За таких умов впровадження сервісного простою призведе до непродуктивних простоїв ТЗ та збільшення часу переміщення пасажирів, що робить цей захід є недоцільним. Загальна характеристика очікуваних значень сервісно-ресурсних показників при впровадженні раціонального сервісного простою у ЗП наведені в табл. 6.12.

Таблиця 6.12 – Сервісно-ресурсні показники взаємодії при встановленні раціональної тривалості сервісного простою ТЗ

Показник	Зупинний пункт						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Тривалість сервісного простою ТЗ, хв	0,6	3	2,5	2,4	0	0	0
Фактичний середній час переміщення пасажира, хв	7,1	7,3	8,6	6,4	9,1	0,6	7,1
Середній фактичний час переміщення пасажира, хв	7,2					0,6	7,1
Рівень резерву пропускної спроможності ЗП	0,43	0,5	0,55	0,42	0,94	0,39	0,42
Кількість конфліктних ситуацій	4	0	0	0	0	1	2
Загальна тривалість черги ТЗ, хв	5,1	0	0	0	0	0,6	1,8
Коефіцієнт провізної можливості маршрутів	1,16	1,04	1,05	1,07	1,06	1,1	1,06
Коефіцієнт пропускної спроможності ВДМ	0,86	0,88	0,88	0,88	0,88	0,76	0,74

Запропоновані заходи не дозволяють повністю реалізувати наявний потенціал МПТ та не забезпечують перехід сервісно-ресурсної межі області функціональної сталості. Необхідно розглянути можливість реалізації комплекс управлінських дій, що включає наступні етапи: перерозподіл маршрутів між ЗП №1-5; організація пріоритетного руху МПТ по пр. Гагаріна (вул. Одеська – вул. Молочна); встановлення раціонального сервісного часу простою ТЗ (після впровадження вищенаведених заходів); слот-координація розкладу перебування ТЗ в ЗП.

При закріпленні маршрутів за ЗП використана запропонована методика розподілу маршрутів. При ранжуванні маршрутів проведений їх попередній розподіл за напрямками сполучення. У результаті розрахункових дій сформована раціональна комбінація розподілу маршрутів між ЗП (табл. 6.13). Запропонований розподіл дозволив знизити нерівномірність вхідного маршрутного потоку, чим забезпечило збільшення рівня резерву пропускної спроможності ЗП. А це у свою чергу підвищило функціональну сталість ЗП ТПВ та створило відповідні передумови для скорочення кількості конфліктних ситуацій та зниження часу непродуктивного простою ТЗ.

Таблиця 6.13 – Розподіл маршрутів між ЗП ТПВ «ст. м. Пр. Гагаріна»

Номер	Існуючий варіант		Проектний варіант	
	Маршрути	Інтенсивність, авт/год.	Маршрути	Інтенсивність, авт/год.
1	2	3	4	5
Прямий напрямок				
1	Тл3, Тл5, Тл6, А119е, А147е, А218е, А246е, А304е, А305е	37	А5е, Тл3, А304е, А147е	23
2	А115е	6	А79е, Тл6	9
3	А79е	5	Тл5, А119е, А305е	10
4	А5е	8	А115е	6
5	А68е	2	А68е, А218е, А246е	10

Продовження таблиці 6.13

1	2	3	4	5
Зворотній напрямок				
6	А5е, А68е, А79е, А115е, А123е	26	А5е, А68е, А79е, А115е, А123е	26
7	Тл3, Тл5, Тл6, А119е, А147е, А218е, А246е, А304е, А305е	40	Тл3, Тл5, Тл6, А119е, А147е, А304е, А305е, А218е, А246е	40

Впровадження пріоритетного руху по пр. Гагаріна спрямоване на ліквідацію флуктуації прибуття ТЗ. Відповідно до встановлених у попередніх розділах вимог до прийняття такої керуючої дії, рішення про впровадження пріоритету може бути застосоване у разі одночасного співпадіння областей доцільності (призводить до зниження діапазону флуктуації) та допустимості (не суперечить умовам погіршення руху загального транспортного потоку). Проведений аналіз забезпечення пропускної спроможності прилеглої ВДМ та ступені впливу вільних умов руху маршрутного транспорту на можливість входження ТЗ в графік прибуття довів можливість виділення окремої смуги руху для МПТ на ділянці від вул. Одеська – пров. Мовчанівський. Одержані у ході оцінювання перерозподілу інтенсивності руху транспортного потоку та зміни рівня обслуговування показники (табл. 6.14) дають достатнє підґрунтя щодо позитивного висновку про можливість реалізації такого заходу на вказаній ділянці.

Таблиця 6. 14 – Показники дорожнього руху по пр. Гагаріна

Ділянка	Загальна кількість смуг руху	Максимальна інтенсивність транспортного потоку по одній смузі, авт/год.		Рівень обслуговування	
		Існуючий	Проектний	Існуючий	Проектний
вул. Одеська – пров. Мовчанівський	4	430	573	С	С

Можливість впровадження пріоритетного руху МПТ на ряді ділянок перед ТПВ позитивно вплине на скорочення флуктуації прибуття ТЗ. Зміна часу флуктуації прибуття ТЗ представлена в таблиці 6.15.

Таблиця 6.15 – Зміна часу флуктуації прибуття

Номер маршруту	Середній інтервал прибуття, хв	Інтенсивність прибуття, авт/год.	Довжина до ТПВ, км	Діапазон флуктуації, хв	
				Існуючий	Проектний
Зворотній напрямок					
119е	14,8	4	8,7	3,2	1,4
147е	12,7	5	19,9	3,9	1,8
218е	13,2	5	11,6	3,6	1,6
246е	17,3	4	11,1	3,4	1,4
304е	21,3	3	20,8	4,4	1,3
305е	37,9	2	9,3	2,1	1,5
Тл 3	8,8	7	15,6	3,8	1,8
Тл 5	12,2	5	8,8	3,2	1,1
Тл 6	19,3	3	8,7	2,7	1,6
5е	7,2	8	14,8	4,3	1,3
68е	42,5	2	13,3	3,6	1,5
79е	11	6	8,5	2,9	1,8
115е	7,8	8	9	3,1	1,1
123е	21,1	3	7,7	5,3	1,2

Наступним етапом є впровадження слот-розкладу руху ТЗ через ЗП ТПВ. Для розробленого розподілу маршрутів сформований розклад руху для кожного ЗП ТПВ (додаток Ж). Встановлення раціональної тривалості сервісного часу проводилася за умов використання запропонованого розподілу маршрутів між ЗП №1-5, скорочення діапазону флуктуації в ЗП №6-7 та організації руху за слот-розкладом. В додатку Е наведені графіки зміни сервісно-ресурсних параметрів ЗП після впровадження комплексу заходів. На основі їх аналізу визначена раціональна тривалість сервісного простою за всіма рівнями оцінювання: час перебування пасажирів у ТПВ, рівень конфліктності маршрутного потоку, вплив на пропускну спроможність ВДМ (табл. 6.16).

Таблиця 6.16 – Сервісно-ресурсні показники взаємодії при реалізації комплексу управлінських заходів

Показник	Зупинний пункт						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Тривалість сервісного простою ТЗ, хв	1,9	2,5	2,1	3	1,8	0	0
Фактичний середній час переміщення пасажира, хв	6,1	6,4	7,3	6,4	8,4	0,6	7
Середній фактичний час переміщення пасажира, хв	6,8					0,6	7
Рівень резерву пропускної спроможності ЗП	0,37	0,36	0,38	0,5	0,4	0,39	0,42
Кількість конфліктних ситуацій	0	0	0	0	0	0	0
Загальна тривалість черги ТЗ, хв	0	0	0	0	0	0	0
Коефіцієнт відповідності провізної можливості маршрутів	1,14	1,06	1,05	1,04	1,05	1,1	1,06
Коефіцієнт відповідності пропускної спроможності ВДМ	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	0,76	0,76

Розрахунки сервісних показників взаємодії, що можуть бути одержані після впровадження комплексу управлінських заходів в межах обраного ТПВ показують їх позитивну зміну (табл. 6.17).

Таблиця 6.17 – Зміна сервісних показників взаємодії при реалізації комплексу управлінських заходів

Показник	Зупинний пункт						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Фактичний середній час переміщення пасажира, хв	2,8	2,4	2,2	1,5	2,9	0	0,1
Середній фактичний час переміщення пасажира, хв	2,1					0	0,1
Кількість конфліктних ситуацій	12	0	0	0	0	1	4
Загальна тривалість черги ТЗ, хв	19,5	0	0	0	0	0,8	5,5

На основі аналізу зміни сервісних показників взаємодії при реалізації комплексу управлінських заходів можна зробити висновок про ефективність запропонованих заходів та доцільність їх реалізації.

6.7 Оцінка зміни параметрів функціональної сталості ЗП ТПВ

Основною метою формування управлінських дій є погодження сервісно-ресурсних параметрів ЗП ТПВ умовам функціональної сталості, що досягається забезпеченням переходу їх значень до відповідних її параметричних просторів.

У таблиці 6.18 наведені якісні показники транспортного обслуговування суб'єктів маршрутного та споживчого потоків у ЗП для базового та проектного варіантів. Проведені розрахунки складових показників ефективності є базою для оцінювання рівня запасу функціональної сталості. При визначення якісної відповідності транспортного обслуговування використовується маркетинговий час для переміщення пасажирів через ТПВ який для міжмаршрутних пересадок встановлюється виходячи з умов, що тривалість перебування пасажира в ЗП ТПВ не повинна перевищувати половини рейсового інтервалу руху маршруту, на якому відбувається виїзд.

Межею сервісної зони функціональної сталості є рівень відповідності якості на рівні 0,63, а для сервісної області сталості вона складає 0,8. Межа ресурсної зони сталості встановлюється умовами погодження рівня завантаження ЗП з умовами забезпечення провізних можливостей маршрутів та пропускної спроможності елементів ВДМ, а межа ресурсної області встановлюється умовами забезпечення повної ліквідації конфліктних ситуацій. Значення ресурсних меж для відповідних типів ЗП встановлено експериментальним шляхом. Для двох варіантів (базового та проектного) розглянуті можливості впровадження різної тривалості сервісного часу. На основі проведення циклів імітаційних експериментів встановлені відповідні значення якісних показників обслуговування маршрутного та споживчого потоків у ЗП ТПВ. У таблиці 6.19 наведені значення параметрів, що визначають межі просторів функціональної сталості для базового варіанта, а у таблиці 6.20 – для проектного варіанта.

Таблиця 6.18 – Якісні показники транспортного обслуговування

Варіант	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»
Базовий	Середній час перебування пасажира в ТПВ, хв	9,1	6,6	6,8	8,9	0,6	7,1
	Кількість конфліктних ситуацій	7	4	39	12	1	4
	Час простою ТЗ в черзі, хв	6,9	3,5	53,2	19,5	0,8	5,5
Проектний	Середній час перебування пасажира в ТПВ, хв	7,7	4,9	5,9	6,8	0,6	7
	Кількість конфліктних ситуацій	6	0	22	0	0	0
	Час простою ТЗ в черзі, хв	6,6	0	24,8	0	0	0
Зміна	Середній час перебування пасажира в ТПВ, хв	-1,4	-1,7	-0,9	-2,1	0	-0,1
	Кількість конфліктних ситуацій	-1	-4	-15	-12	-1	-4
	Час простою ТЗ в черзі, хв	-0,3	-3,5	-28,4	-19,5	-0,8	-5,5

Таблиця 6.19 – Показники функціональної сталості для базових варіантів

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 пасажира в ТПВ $\overline{t_{th}^{tr(P)}}$, хв	5,6	4,3	4,2	6,2	0,6	5,6
Середній фактичний час перебування пасажира в ТПВ $\overline{t_{th}^{tr(Z)}}$, хв	9,1	6,6	6,8	8,9	0,6	7,1
Межа ресурсної зони функціональної сталості ЗП k_{ec}^{r}	0,142	0,115	0,253	0,203	0,182	0,147
Межа ресурсної області функціональної сталості ЗП k_{ep}^{r}	0,711	0,526	1	0,479	0,392	0,921
Рівень якості обслуговування пасажирів у ТПВ при реалізації керуючих заходів $A_{h}^{(Z)}$	0,615	0,652	0,618	0,697	1	0,789
Рівень резерву пропускної спроможності ЗП при реалізації керуючих заходів $k_{h}^{r(Z)}$	0,425	0,363	0,074	0,463	0,392	0,803
Рівень функціональної сталості U_h	1,922	2,267	-0,713	1,523	2,419	6,105
Характеристика стану	поза зони сталості	в зоні сталості	в зоні дестабілізації	в зоні сталості	в області сталості	в зоні сталості

Таблиця 6.20 – Показники функціональної сталості для проектних варіантів

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 пасажира в ТПВ $\overline{t_{th}^{tr(P)}}$, хв	5,6	4,3	4,2	6,2	0,6	5,6
Середній фактичний час перебування пасажира в ТПВ $\overline{t_{th}^{tr(Z)}}$, хв	7,7	4,9	5,9	6,8	0,6	7
Межа ресурсної зони функціональної сталості ЗП k_{ec}^{r}	0,142	0,115	0,253	0,1	0,182	0,147
Межа ресурсної області функціональної сталості ЗП k_{ep}^{r}	0,711	0,526	1	0,191	0,164	0,231
Рівень якості обслуговування пасажирів у ТПВ при реалізації керуючих заходів $A_{h}^{(Z)}$	0,727	0,878	0,712	0,912	1	0,8
Рівень резерву пропускної спроможності ЗП при реалізації керуючих заходів $k_{h}^{r(Z)}$	0,373	0,635	0,322	0,389	0,394	0,834
Рівень функціональної сталості U_h	2,031	6,695	0,438	4,631	2,436	6,204
Характеристика стану	в зоні сталості	в області сталості	в зоні сталості	в області сталості	в області сталості	в області сталості

У ході аналізу зміни показників встановлено, що реалізація керуючого заходу з впровадження раціональної тривалості сервісного простою в ЗП не дозволяє повністю ліквідувати конфліктність руху. Така фрагментарність свідчить про необхідність впровадження повної сукупності оптимізаційних заходів в якій регулювання часу перебування ТЗ в ЗП може бути представлено як перший базовий етап реалізації адаптаційного циклу управління. Впровадження комплексу управлінських дій в ЗП ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна» дозволило значно розширити область функціональної сталості. Основним чинником досягнення такого результату є скорочення чинників дестабілізації взаємодії. Скорочення чинників дестабілізації шляхом координації часу перебування ТЗ в ЗП на основі впровадження їх раціонального сервісного простою також позитивно вплинуло на якість транспортного обслуговування в ТПВ. Збільшення абсолютного рівня якості обслуговування пасажирів у ЗП ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна» (з 0,697 до 0,912) забезпечило реалізацію стратегії переходу до області функціональної сталості ТПВ, що характеризується придатною оцінкою роботи МПТ споживачами та дає можливість стверджувати про її позитивний вплив на умови забезпечення якості життя населення.

Підтвердженням доцільності впровадження комплексного підходу до удосконалення взаємодії суб’єктів маршрутного потоку в ТПВ є оцінювання умов переходу стану типових ЗП відносно виділених меж сервісно-ресурсних просторів їх функціональної сталості. В межах обраних, в якості базових типових ЗП («ст. м. Героїв Праці», «Кривий Ріг – Вокзальний», «вул. Залізнична») було проаналізовано результативність впровадження раціональної тривалості сервісного простою ТЗ, як основного інструмента впливу на рівень резервування пропускної спроможності ЗП. Встановлено, що приріст функціональної сталості для ЗП «ст. м. Героїв Праці» складає 0,109 (5,7 %), для ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» – 4,428 (66,1 %), для ЗП «вул. Залізнична» – 0,725 (101,7 %). У ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна» приріст функціональної сталості складає: для ЗП №1-5 – 3,108 (204,1 %), для ЗП №6 – 0,017 (0,7 %), для ЗП №7 – 0,363 (6,2 %).

Збільшення рівня функціональної сталості забезпечує якісний перехід функціонального стану ЗП, а саме:

– для ЗП «ст. м. Героїв Праці» перехід з «поза зони сталості» до «зони сталості» за рахунок збільшення сервісного рівня з 0,615 до 0,727 (при необхідному рівні зони сталості 0,63);

– для ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» перехід з «зони сталості» до «області сталості» за рахунок збільшення сервісного рівня з 0,652 до 0,878 та рівня резерву пропускної спроможності з 0,363 до 0,635;

– для ЗП «вул. Залізнична» перехід з «зони дестабілізації» до «зони сталості» за рахунок збільшення сервісного рівня з 0,618 до 0,712 та рівня резерву пропускної спроможності з 0,074 до 0,322;

– для ЗП№1-5 ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна» перехід з «зони сталості» до «області сталості» за рахунок збільшення сервісного рівня з 0,697 до 0,912 та зниження межі рівня резерву пропускної спроможності з 0,203 до 0,1;

– для ЗП№7 ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна» перехід з «зони сталості» до «області сталості» за рахунок збільшення сервісного рівня з 0,789 до 0,8 та зниження межі рівня резерву пропускної спроможності з 0,921 до 0,231.

Забезпечення якісного переходу станів ЗП дає можливість подолати умовний бар’єр ефективності управлінських рішень за рахунок реалізації оптимізаційних керуючих дій, спрямованих на узгодження параметрів взаємодії маршрутного та споживчих потоків. Це дає підстави усунути необхідність впровадження керуючих заходів, пов’язаних з капітальною реконструкцією ТПВ та залученням для цього додаткових фінансових ресурсів. На основі оцінювання функції якісного переходу станів ЗП, що визначається відповідністю сервісно-ресурсних показників межам функціональної сталості можна зробити висновок про ефективність запропонованих заходів та доцільність їх реалізації.

6.7 Висновки за розділом 6

1. Процедура обґрунтування раціональних значень часових параметрів простою ТЗ у ЗП та сукупності керуючих дій з організації взаємодії суб'єктів вхідного маршрутного потоку в ТПВ реалізується на основі проведення експериментальних досліджень.

2. Основою проведення експериментальних досліджень є створення імітаційної моделі, що ґрунтується на описі виділеної структури технологічних операцій та передбачає реалізацію ряду основних етапів, а саме: формалізацію концептуальної моделі; алгоритмізацію розрахунків та їх програмну реалізацію; отримання та інтерпретацію попередніх результатів моделювання; встановлення оціночних показників для відповідних спектрів вхідних умов та сукупності керуючих впливів.

3. Виділені кластерні групи розподілу ЗП ТПВ за характером формування типових умов реалізації технологічного процесу дозволили встановити, що ключовими структурними ознаками виділення є: кількість маршрутів, інтенсивність прибуття ТЗ, пасажирообмін, тип сполучення (початково-кінцеві, транзитні), довжина майданчика обслуговування.

4. За результатами проведення статистичного оцінювання розподілу випадкових величин що характеризують параметри вхідного маршрутного потоку встановлено: рівень наповнення ТЗ, час висадки та посадки пасажира змінюються нормальним законом розподілу; час маневрування ТЗ – за логнормальним; флуктуація прибуття ТЗ у більшості випадків не може бути описана нормальним законом.

5. Допустимі межі зміни рівня резерву пропускної спроможності для ЗП «ст. м. Героїв Праці» складають від 0 до 0,624, ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» – від 0 до 0,629, ЗП «вул. Залізнична» – від 0 до 0,32. Впровадження сервісного простою може бути застосовано лише для ЗП транзитного сполучення з інтенсивністю маршрутного потоку до 40 авт/год.

6. Підвищення сервісно-ресурсного ефективності функціонування ТПВ за рахунок раціоналізації часових параметрів перебування ТЗ у ЗП не дозволяє повністю зреалізувати їх наявний потенціал та повинно розглядатися в якості складової частини сукупності керуючих заходів до складу якої також входять: перерозподіл маршрутів між ЗП, організація пріоритетного руху МПТ на під'їзних ділянка ВДМ та слот-координація розкладу руху.

7. Реалізація комплексного підходу до організації взаємодії дозволяє значно розширити область функціональної сталості ЗП ТПВ за рахунок скорочення чинників дестабілізації технологічних процесів та підвищення рівня якісної відповідності фактичного часу перебування пасажирів у ТПВ їх маркетинговим вимогам, що забезпечує перехід стану ЗП до області функціональної сталості, в межах якої реалізується повна відповідність вимогам сталого розвитку міського середовища.

Основні результати дослідження по даному розділу опубліковані в роботах [24, 25, 27, 41, 42, 43].

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, уможливлює 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 пасажира 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 зупинних 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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 Eenterprise 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 «ХПІ». 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. *Весник БелГУТа «Наука и транспорт»*. Гомель. 2015. №2(31). С. 76-78.

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, 14 квітня 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»: збірник тез 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 ІІІ 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:* матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Одеса: НТ 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 Skay 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.

52. Brenner N., Schmid C. The urban age’in question. *International Journal of Urban and Regional Research*. 2014. T38. №3. P. 731-755.

53. Сайт державного комітету статистики України. URL:http://www.ukrstat.gov.ua (дата звернення: 12.08.2014).

54. Лазарев Ю. Г., Синицына Е. Б. Современное состояние проблемы совершенствования транспортной инфраструктуры. *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2013. №4(26). С. 71-74.

55. Андреев К. П., Терентьев В. В. Современные проблемы городского пассажирского транспорта. *Научный альманах*. 2016. №. 11-2. С. 19-21.

56. Vuchic V.R. Urban Transit Systems and Technology. New Jersey, 2007. 602 p.

57. Гузенко А. В. Развитие городского пассажирского транспорта мегаполиса: проблемы и перспективы. *Вестник Томского государственного университета*. 2009. №321. С. 135-138.

58. Шпильовий І. Ф. Методичні основи управління системами міських пасажирських перевезень. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2010. №3/6(45). С. 33-39.

59. Dimitriou H. T., Gakenheimer R. Urban transport in the developing world: A handbook of policy and practice. Edward Elgar Publishing, 2011. 635 p.

60. Трофименко Ю.В., Якимов М.Р. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов. М.: Логос, 2013. 464 с.

61. Семенов В. В., Ермаков А. В. Исторический анализ моделирования транспортных процессов и транспортной инфраструктуры. Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2015. С. 3-36. (Препринт института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН).

62. Goldman T., Gorham R. Sustainable urban transport: Four innovative directions. *Technology in society*. 2006. Т. 28. №1-2. С. 261-273.

63. Wang R. Autos, transit and bicycles: Comparing the costs in large Chinese cities. *Transport policy*. 2011. Т. 18. №1. С. 139-146.

64. Сотнікова А. Велосипед як альтернативний засіб для пересування містом. *Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні*: тези доповідей ІІІ-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції. Львів, 2018. С. 170-171.

65. Азаренкова З. В. Транспортная составляющая социальных стандартов качества жизни в градостроительстве. *Academia. Архитектура и строительство*. 2011. №. 4. С. 85-87.

66. Вучик В. Р. Транспорт в городах, удобных для жизни. М.: Изд-во «Территория будущего», 2011. 576 с.

67. Лобашов О. О. Моделювання впливу мережі паркування на транспортні потоки в містах: монографія. Х.: ХНАМГ, 2010. 170 с.

68. Лобашов А. О., Дульфан С. Б., Прасоленко А. В., Доля К. В., Бурко Д. Л. Исследование спроса на «перехватывающие» парковки. *Наука и техника*. 2018. №. 1. С. 42-49.

69. Лановий О. Т., Корчевський А. О. Розробка моделі виникнення критичних дорожньо-транспортних ситуацій. *International Scientific and Practical Conference World science*. 2016. Т. 1. №. 10. С. 45-50.

70. Поліщук В.П., Лановий О.Т., Єресов В.І., Куницька О.М., Корчевська А.А., Корчевський А.А. Моделювання умов небезпеки дорожнього руху для його учасників. *Наукові нотатки*. 2016. №. 55. С. 298-304.

71. Салманова О. Ю. Адміністративні стягнення як засіб забезпечення безпеки дорожнього руху. *Право і безпека*. 2009. №5. С. 65-69.

72. Агуреев И. Е., Кретов А. Ю., Мацур И. Ю. Исследование алгоритмов светофорного регулирования перекрестка при различных параметрах транспортного потока. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2013. №7-2. С. 54-61.

73. Власов А. А., Акимова В. Ю., Широков М. В. Эволюционный метод расчета режимов работы светофорной сигнализации. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. 2009. №47. С. 97-99.

74. Власов А. А., Широков М. В. Проблемы применения алгоритмов оптимизации параметров светофорного цикла в реальном времени. *Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета)*. 2009. №2. С. 103-108.

75. Hu X., Murgovski N., Johannesson L., Egardt B. Energy efficiency analysis of a series plug-in hybrid electric bus with different energy management strategies and battery sizes. *Applied Energy*. 2013. Vol. 111. P. 1001-1009.

76. Ding H., Hu Z., Song Y. Value of the energy storage system in an electric bus fast charging station. *Applied Energy*. 2015. Vol. 157. P. 630-639.

77. Гнатов, А. В., Аргун, Щ. В., Быкова, Е. В., Пидгора, А. В. Электробус на суперконденсаторах для городских перевозок. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. 2016. №72. С. 29-34.

78. Селиванов С. Е., Бажинов А. В. Экологические проблемы Харькова транспортный аспект. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. 2010. №49. С. 143-153.

79. Дудкин Е. П., Левадная Н. В., Черняева В. А. Комплексный подход к выбору и обоснованию вида городского транспорта. *Бюллетень результатов научных исследований*. 2013. №3(8). С. 4-12.

80. Коссой Ю. М. Транспортные системы в архитектурно-природной среде современного города. *Известия высших учебных заведений. Строительство.* 2005. №9. С. 97-101.

81. Котляров И. Д. Управление формированием продуктивных ресурсов предприятия городского автомобильного пассажирского транспорта. *Известия Петербургского университета путей сообщения*. 2011. №3. С. 239-247.

82. Михальченко А. А. Развитие транспортной системы крупных городов в условиях ограниченных ресурсов. *Коммунальное хозяйство городов. Серия: Технические науки и архитектура*. 2010. №95. С. 159-163.

83. Pucher J., Korattyswaroopam N., Ittyerah N. The crisis of public transport in India: overwhelming needs but limited resources. *Journal of Public Transportation*. 2004. Т. 7. №3. P. 1-20.

84. Hjorthol R. Transport resources, mobility and unmet transport needs in old age. *Ageing and Society*. 2013. Т. 33. №7. P. 1190-1211.

85. Medda F. Land value capture finance for transport accessibility: a review. *Journal of Transport Geography*. 2012. Т. 25. P. 154-161.

86. Фоменко Г. Р. Транспортна інфраструктура і проблеми міст. *Проблеми розвитку міського середовища*. 2016. №2. С. 177-185.

87. Буряченко А., Гераймович Л. Світовий досвід фінансування розвитку інфраструктури міст. *Міжнародна економічна політика*. 2014. №1(20). С. 105-128.

88. Зубец А. Ж. Роль транспортной инфраструктуры в развитии городов. Теоретический аспект. *Вестник Московского университета имени СЮ Витте. Серия 1: Экономика и управление*. 2014. №4(10). С. 45-49.

89. Бараш Ю. С., Корженевич И. П., Лихопек П. А. Сравнение видов транспорта с учетом устойчивого развития общества. *Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта*. 2009. №28. С. 210 -214.

90. Сафронов К. Э. Роль доступного общественного транспорта в социально-экономическом развитии городов. *Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии*. 2012. №2(24). С. 125-130.

91. Вакуленко С. П. Факторы, определяющие условия развития логистики пассажирских перевозок. *Соискатель-приложение к журналу Мир транспорта*. 2015. №1. С. 95-101.

92. Алексієв В. О., Алексієв О. П., Видмиш А. А., Хабаров В. О. Інтерактивний моніторинг автомобільних доріг: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2012. 144 с.

93. Львова, А. Б., Польгун, М. Б., Ефименко, Д. Б., Жанказиев, С. В., Ожерельев, М. Ю. Особенности мониторинга интервалов движения пассажирского транспорта. *В мире научных открытий*. 2012. №2. С. 115-123.

94. Бычков В. П. Экономика автотранспортного предприятия. Издательский Дом «Инфра-М», 2006. 384 с.

95. Дмитриев, А. В., Гудков, В. А., Раюшкина, А. А., Шипилов, Е. С., Ширяев, С. А. Повышение эффективности и качества доставки пассажиров в городских условиях. *Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Наземные транспортные системы*. 2010. Т. 3. №10. С. 113-116.

96. Barabino B., Deiana E., Tilocca P. Measuring service quality in urban bus transport: a modified SERVQUAL approach. *International Journal of Quality and Service Sciences*. 2012. Т. 4. №3. З. 238-252.

97. Амоша О. І., Філіппова О. С. Європейський досвід забезпечення ефективного функціонування підприємств міського пасажирського транспорту. *Економіка будівництва і міського господарства*. 2010. Т. 6. №4. С. 179-189.

98. Костецький В. В. Проблеми та перспективи використання фінансового лізингу для оновлення рухомого складу підприємств міського електротранспорту. *Наука й економіка*. 2009. №3(15) С. 108-113.

99. Москаленко Е. В. Городской пассажирский транспорт: проблемы и решение. *Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике*. 2006. №7(7). С. 50-53.

100. Базилюк А. В., Теслюк Н. П. Инновационные технологии финансирования городского пассажирского транспорта Украины. *Экономика и современный менеджмент: теория и практика*. 2013. №28. С. 135-142.

101. Огневий В. О. Формування стратегій трансформації підприємств автомобільного транспорту. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. 2010. Т. 2. №2(53). С. 109-120.

102. Раюшкина А. А., Крашенинников А. В. Качество услуг городского пассажирского общественного транспорта–как критерий оценки его конкурентоспособности. *Энерго-и ресурсосбережение: промышленность и транспорт.* 2013. Т. 7. №21. С. 86-88.

103. Вакуленко К. Є., Харченко В. Ф. Щодо якості перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2012. №3(4). С. 57-59.

104. Аулін В. В., Голуб Д. В. Якість перевезень пасажирів як невід'ємна частина транспортного процесу. *Вісник КДПУ ім. М. Остроградського*. 2008. №5(58) С. 80 -84.

105. Турпищева М. С., Нургалиев Е. Р. Методика оценки качества системы пассажирских автоперевозок. *Вестник АГТУ*. 2014. №1(57). С. 42-46.

106. Хомченко А. Н., Осинцев Н. А. Ресурсоэкономичность транспортных систем городов. *Современные проблемы транспортного комплекса России*. 2012. №2. С. 134-139.

107. Щербакова Н.О. Потенціал автотранспортного підприємства як іманентна ознака його ресурсів. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. 2010. №49. С. 52-56.

108. Сидорчук Р. Р., Ефимова Д. М., Лопатинская И. В., Кадерова В. А. Разработка методики мониторинга удовлетворенности пассажиров московского городского пассажирского транспорта. *Плехановский научный бюллетень*. 2015. №1. С. 264-288.

109. Якимов М.Р. Концепция транспортного планирования и организации движения в крупных городах: монография. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. 175 с.

110. Campbell S. Green cities, growing cities, just cities?: Urban planning and the contradictions of sustainable development. *Journal of the American Planning Association.* 1996. Т. 62. №3. P. 296-312.

111. Banister D., Watson S., Wood C. Sustainable cities: transport, energy, and urban form. *Environment and Planning B: planning and design*. 1997. Т. 24. №1. P. 125-143.

112. Newman P., Kenworthy J. Sustainable urban form: the big picture. *Achieving sustainable urban form*. 2000. P. 109-120.

113. Єлагін Ю. В. Проблеми забезпечення сталого розвитку суспільного транспорту та суспільні транспортні витрати. *Вісник економіки транспорту та промисловості*. 2012. №35. С. 254-256.

114. Далека В. Х. Ресурсозбереження-головна стратегія сталого розвитку міських пасажироперевезень. *Коммунальное хозяйство городов*. 2002. №36. С. 449-453.

115. Гнедіна К. В. Вдосконалення управління муніципальною транспортною системою в контексті сталого розвитку. *Економічний простір*. 2015. №93. С. 81-92.

116. Broberg A., Sarjala S. School travel mode choice and the characteristics of the urban built environment: the case of Helsinki, Finland. *Transport policy*. 2015. T. 37. P. 1-10.

117. Roadmap to a Single European Transport Area-Towards a competitive and resource efficient transport system. EC-European Commission. *White Paper*. 2011. 30 p.

118. Gudmundsson. H, Hall R. P., Marsden G., Zietsman J. European Union Transport White Paper. *Sustainable Transportation*. Springer Berlin Heidelberg, 2016. P. 209-232.

119. Green paper, towards a new culture for urban mobility. EU Commission. *European Union,* Brussels. 2007. 14 p.

120. Богаченко М. В. Світовий досвід організації міського пасажирського транспорту. *Бізнес-навігатор*. 2017. №4-1(43). С. 21-25.

121. Schweizer C., Racioppi F., Nemer L. Developing national action plans on transport, health and environment: A step-by-step manual for policy-makers and planners. *Transport Health and Environment Pan European Programme*. 2014. 55 p.

122. Kocak N., Adell E., Sessa C., Giuffrè G., Pietroni F. Planning sustainable mobility in polycentric regions: testing a participatory approach in six regions of Europe. *Transportation Research Procedia*. 2014. T. 4. P. 327-346.

123. Polis. URL: http://www.polisnetwork.eu/about/about-polis (дата звернення: 17.05.2017).

124. BUMP. URL: http://www. bump-mobility.eu/en/home.aspx (дата звернення: 17.05.2017).

125. Cities for mobility. URL: http://www. cities-for-mobility.net/index.php/about-cities-for-mobility (дата звернення: 20.05.2017).

126. European mobility week. URL: http:// www.mobilityweek.eu/home/ (дата звернення: 18.05.2017).

127. BYPAD. URL: http://www. bypad.org (дата звернення: 27.05.2017).

128. Про схвалення транспортної стратегії України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р., №430-

р., Київ. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80 (дата звернення: 30.05.2018)

129. Міжнародна технічна допомога ЄС у сфері транспорту. URL: https://mtu.gov.ua/content/mizhnarodna-tehnichna-dopomoga-es-u-sferi-transportu.html (дата звернення: 30.05.2018).

130. UNWCED: United Nations World Commission on Environment and Development. Our Common Future (Brundtland Report). URL: https:// www.un-documents.net/our-common-future.pdf. (дата звернення: 10.09.2017).

131. Gudmundsson H., Black W. R. Socio-Economic Barriers to Sustainable Transport. *Journal of Transport Geography*. 2000. Vol. 8, №2. P. 141-147.

132. European Council. 2001. 2340th Council Meeting – Transport, Telecommunications: Council of the European Union. URL: https://www. corporate. skynet.be /sustainablefreight/trans-counci-conclusion-05-04-01.htm (дата звернення: 15.04.2017).

133. Бобылев С. Н., Кудрявцева О. В., Соловьева С. В. Индикаторы устойчивого развития для городов. *Экономика региона*. 2014. №3. С.101-110.

134. Шмелева И. А., Шмелев С. Э. Методологические проблемы междисциплинарного исследования устойчивого развития крупных городов. *Биосфера*. 2010. Т. 2. №1. С. 112 – 125.

135. Litman T. Developing indicators for comprehensive and sustainable transport planning. *Transportation Research Record*. 2007. №1. P. 10-15.

136. Rassafi A. A., Vaziri M. Sustainable transport indicators: definition and integration. *International Journal of Environmental Science & Technology*. 2005. T. 2. №1. P. 83-96.

137. Klopp J. M., Petretta D. L. The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities. *Cities*. 2017. Т. 63. С. 92-97.

138. Хрутьба В. О. Оцінка ефективності проектів і програм забезпечення сталого розвитку транспортного комплексу. *Вісник Національного транспортного університету*. 2013. №28. С. 160-169.

139. Jeon C. M. Incorporating Sustainability Into Transportation Planning And Decision Making: Definitions, Performance Measures, And Evaluation, PhD Dissertation, School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology. 2007. URL: http://etd.gatech.edu/theses/available/etd-11132007195934/unrestricted/jeon_mihyeon_c_200712_phd.pdf. (дата звернення: 18.03.2016).

140. Environmental Terminology and Discovery Service (ETDS). URL: http://glossary.eea.europa.eu/EEAGlossary/D/DPSIR (дата звернення: 25.03.2016).

141. Dobranskyte-Niskota A., Perujo A., Pregl M. Indicators to assess sustainability of transport activities. Part 1: Review of the Existing Transport Sustainability Indicators Initiatives and Development of an Indicator Set to Assess Transport Sustainability Performance – European Comission. Joint Research Centre, 2007. 59 p.

142. Litman T., Burwell D. Issues in sustainable transportation. *Global Environmental Issues*. 2006. Vol. 6. № 4. P. 331-347.

143. Litman T. Well Measured Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning. *Victoria Transport Policy Institute*. 2014. URL:http://www.vtpi.org/wellmeas.pdf. (дата звернення: 28.04.2016).

144. TERM 2002 − Paving the way for EU enlargement − Indicators of transport and environment integration. URL:http://www.eea.europa.eu/ publications/environmental_issue_report_2002_24 (дата звернення: 28.04.2016).

145. World bank. Performance indicators for transport. URL:http://www.siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/040117_ REDIS_transport.pdf. (дата звернення: 28.04.2016).

146. Miller Patrick Burke Vernon. Sustainability and Public Transportation Theory and Analysis. PhD thesis, University of Calgary. 2014. URL:http://theses. ucalgary.ca/bitstream/11023/1277/5/ucalgary_2014_miller_patrick-2.pdf (дата звернення: 29.04.2016).

147. Зубец А. Ж. Инновационное управление ростом качества устойчивой транспортной инфраструктуры города на основе системы

сбалансированных показателей. *Транспортное дело России*. 2016. №. 1. С. 122-126.

148. Кирясов А. С. Формирование эффективной транспортно-логистической системы регионального уровня на основе концепции устойчивого развития. *Инженерный вестник Дона*. 2013. Т. 24. №1(24). С. 299-303.

149. Samchuk G. Using sustainable development principles to assess the efficiency of transport interchanges functioning. *Автомобильный транспорт*. 2016. №38. С. 13-20.

150. Buehler R., Pucher J. Making public transport financially sustainable. *Transport Policy*. 2011. Т. 18. №1. С. 126-138.

151. Buehler R., Pucher J. Demand for public transport in Germany and the USA: an analysis of rider characteristics. *Transport Reviews*. 2012. Т. 32. №5. С. 541-567.

152. Bruun E. C. Better public transit systems: Analyzing investments and performance. Routledge, 2013. 400 p.

153. Сурмин Ю. П. Теория систем и системный анализ. К.: МАУП, 2003. 368 с.

154. Федоров В.А. О необходимости системного подхода к развитию городского пассажирского транспорта (на примере Санкт-Петербурга). *Наука и техника*. 2014. №2. С. 275–280.

155. Герами В. Д. Методология формирования системы городского пассажирского общественного транспорта: автореф. дис. … докт. техн. наук: 05.22.01. Москва, 2001. 32 с.

156. Блудян Н. О. Структурные методы анализа и совершенствования системы управления региональным пассажирским транспортом: автореф. дис. … докт. техн. наук: 05.13.10. Москва, 2003. 37 с.

157. Спирин И. В. Научные основы комплексной реструктуризации городского автобусного транспорта: автореф. дис. … докт. техн. наук: 05.22.10. Москва, 2007. 38 с.

158. Системологія на транспорті. Основи теорії систем і управління / за заг. ред. М. Ф. Дмитриченка. К.: Знання України, 2005. 344 с.

159. Мальчикова А.Г. Организация логистических потоков в системе городских пассажирских перевозок: автореф. дис. … канд. экон. наук: 08.00.06. Санкт-Петербург, 2000. 18 с.

160. Morfoulaki M., Tyrinopoulos Y., Aifadopoulou G. Estimation of satisfied customers in public transport systems: a new methodological approach. *Journal of the Transportation Research Forum*. 2010. Т. 46. №1. P. 63-72.

161. Lierop D., Badami M. G., El-Geneidy A. M. What influences satisfaction and loyalty in public transport? A review of the literature. *Transport Reviews*. 2018. Т. 38. №1. P. 52-72.

162. Ваксман С.А. Социально-экономические проблемы прогнозирования развития систем массового пассажирского транспорта в городах. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 1996. 296 с.

163. Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов. М: Издательство АСВ, 2005. 272 с.

164. Ковалева Н. А. Пространственно-технологическое развитие городских пассажирских транспортных систем: дис. … канд. техн. наук: 05.22.01. Ростов-на-Дону, 2015. 150 с.

165. Вдовиченко В. А. Проблемы развития городской пассажирской транспортной системы. *Вестник КДПУ*. 2003. №4. С. 133-135.

166. Ковриков И. Т., Любимов И. И., Султанов Н. З., Фот А. П. Оптимизация структуры подвижного состава городского пассажирского транспорта. *Вестник Иркутского государственного технического университета.* 2010. №1(41) С. 206-210.

167. Рассоха В. И. Ситуационное управление автотранспортными системами (часть 3. Идентификация систем городского пассажирского транспорта и дорожного движения). *Вестник Оренбургского государственного университета.* 2010. №1(107). С. 143-150.

168. Іванов І. Є., Рогальський Р. Б. Полезность совокупности технологических параметров системы городского пассажирского транспорта. *Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта*. 2014. №2. С. 15-18.

169. Шальнова Н. С. Проблемы и перспективы развития пассажирского транспорта. *Молодой ученый*. 2011. №35. С. 61–64.

170. Аксенова Е. С. Развитие пассажирской транспортной системы как одного из условий совершенствования социальной инфраструктуры города (на материалах г. Москвы): дис. … канд. социол. наук: 22.00.08. Москва, 2006. 254 с.

171. Горбачов П. Ф. Нова концепція моделювання потреб населення у трудових пересуваннях міським пасажирським транспортом. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2009. №27. С. 210-214.

172. Семенова О. С. Математическое моделирование в задачах оптимизации движения городского пассажирского транспорта с учетом наложения маршрутных схем: дис. … канд. техн. наук: 05.13.18. Новокузнецк, 2009. 148 с.

173. Корягин М. Е. Оптимизация управления городскими пассажирскими перевозками на основе конфликтно-устойчивых решений: дис. … докт. наук: 05.13.10. Новокузнецк, 2011. 303 с.

174. Зварыч Е. Б. Разработка и исследование равновесных математических моделей рынка городских транспортных услуг: дис. … канд. техн. наук: 05.13.18. Братск, 2010. 157 с.

175. Логистика: общественный пассажирский транспорт: учебник для студентов экономических вузов / Под общ. ред. Л.Б. Миротина. М.: Издательство «Экзамен», 2003. 224 с.

176. Вельможин А.В., Гудков В. А., Куликов А. В., Сериков А. А. Эффективность городского пассажирского общественного транспорта: монография. Волгоград, 2002. 256 с.

177. Fatnassi E., Chaouachi J., Klibi W. Planning and operating a shared goods and passengers on-demand rapid transit system for sustainable city-logistics. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2015. T. 81. C. 440-460.

178. Trentini A., Masson R., Lehuédé F., Malhéné N., Péton O., Tlahig H. A shared «passengers & goods» city logistics system. *4th International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain*. Quebec, Canada, 2012. P. 1-10.

179. Masson R. Trentini A., Lehuédé F., Malhéné N., Péton O., Tlahig H. Optimization of a city logistics transportation system with mixed passengers and goods. *EURO Journal on Transportation and Logistics*. 2017. T. 6. №1. P. 81-109.

180. Дармограй А. В. Логистическая координация процессов в системе городских пассажирских перевозок: дис. … канд. экон. наук: 08.00.05. Саратов, 2003. 174 с.

181. Красникова Д. А. Логистические принципы организации пассажирских перевозок с нестабильными характеристиками: дис. … канд. экон. наук: 08.00.05. Саратов, 2005. 163 с.

182. Шабанов А. В. Методологические основы и модели формирования и управления региональных логистических систем общественного транспорта, дис. … докт. экон. наук: 08.00.05. Ростов-на-Дону, 2002. 338 с.

183. Левковець П. Р., Шпильовий І. Ф. Системні аспекти логістики в проектах пасажирських перевезень: монографія. К.: НТУ, 2007. 152с.

184. Марунич В.С., Вакарчук І.М. Логістичне управління проектами розробки міських пасажирських маршрутних систем. *LXVII науково-практична конференція науково-педаг. працівн., аспір., структ. підр. НТУ*.: тези допов. Київ, 2011. С. 211-212.

185. Смирнов І.Г. Міська логістика та створення логістичних парків в Україні. *Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов»*. 2006. №69. С. 137-143.

186. Рейцен Є.О., Томкевич К.О. Міські транспортно-пересадочні вузли і логістика. *Містобудування та територіальне планування*. 2004. №17. С. 276-291.

187. Марунич В.С., Іщенко М.Г., Харута В.С., Вакарчук І.М. Синергія технологій пасажирських перевезень в інтегрованих транспортних системах. *Збірник наукових праць. Проблеми транспорту*. 2012. №9. С. 43-47.

188. Игнатенко А.С., Марунич В.С., Миротин Л.Б. Логистическая система пассажирских перевозок. *Сб. материалов Московского Международного Логистического форума «Бизнес и логистика-96»*. Москва, 1996. С. 44-48.

189. Дмитрієв М. М. та ін. Концепція сітологістики і пасажирські перевезення. *Вісник Національного транспортного університету*. 2008. №17. С. 76-80.

190. Дмитрієв М. М. та ін. Вдосконалення маршрутних систем пасажирських перевезень в контексті прийняття сітілогістичних рішень на прикладі м. Донецьк. *LXIX наук-практ. конф. наук-пед. прац, асп, студ. та струк. підр. НТУ*: тези допов. Київ, 2013. С. 46-47.

191. Губенко В. К., Лямзин А. А., Хара М. В. Ситилогистика муніципального электротранспорта. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2013. Ч. 1. №9(198). С. 41-45.

192. Йонкис А. Применение логистики в сфере оптимизации потоков городского транспорта. *Праці Одеського політехнічного університету*. 2011. №1. С. 295-300.

193. Губенко В.К., Николаенко И.В. City Logistic: имплементация парадигмы креативных логистических цепей: монографія. Мариуполь, 2015. 493 с.

194. Taniguchi E., Thompson R. Modeling city logistics. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2002. №1790. P. 45-51.

195. Witkowski J., Kiba-Janiak M. Correlation between city logistics and quality of life as an assumption for referential model. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2012. №39. P. 568-581.

196. Trentini A., Mahléné N. Toward a shared urban transport system ensuring passengers & goods cohabitation. *Journal of Land Use, Mobility and Environment.* 2010. T. 3. №2. P. 37-44.

197. Benjelloun A., Crainic T. G. Trends, challenges, and perspectives in city logistics. *Transportation and land use interaction, proceedings TRANSLU*. 2008. T. 8. P. 269-284.

198. Kiba-Janiak M., Cheba K. City Logistics versus Quality of Life in The Area of Public Transport After an Example of a Medium-Sized City. *International Logistics and Supply Chain Congress*. 2010. P. 279-286.

199. Ortuzar, J. D., Willumsen L. G. Modelling Transport. Third Edition. John Wiley & Sons Ltd, 2006. 499 p.

200. Gwilliam K. M. Competition in urban passenger transport in the developing world. *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*. 2001. T. 35. №1. P. 99-118.

201. Black A. Urban mass transportation planning. Mcgraw-Hill College, 1995. 448 p.

202. Доля В. К. Аспекти ефективності пасажирських перевезень. *Коммунальное хозяйство городов*. 2004. №58. С. 158-163.

203. Гудкова В. П. Сфера пасажироперевезень як узагальнююча соціально-економічна категорія. *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту: Серія «Економіка і управління»*. 2012. Т.19. С. 14-20.

204. Banister D. Transport planning. *Handbook of transport systems and traffic control*. 2001. P. 9-19.

205. Гнедіна К. В. Методичні засади оцінювання економічної ефективності функціонування системи міського пасажирського транспорту. *Вісник Чернигівського державного технологічного університету*. 2013. С. 199-208.

206. Вакуленко К. Є., Доля К. В. Управління міським пасажирським транспортом: навч. посібник. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 257 с.

207. Любий, Є. В. Критерій оцінки ефективності функціонування маршрутних мереж малих міст. *Автомобильный транспорт.* 2009. №24. С. 109-112.

208. Монастирський Г. Л. Теорія організації: навч. посіб. К.: Знання, 2008. 319 с.

209. Economic Evaluation Methods for Road Projects in PIARC Member Countries. World Road Association, 2004. URL: http://www.publications.piarc.org/ressources/publications_files/1/628-09-07-VCD.pdf. (дата звернення: 10.10.2016).

210. Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. Deliverable 1. Current practice in project appraisal in Europe. European Commission EC-DG TREN, 2005. URL: http:// heatco.ier.uni-stuttgart.de/hd1final.pdf. (дата звернення: 10.10.2016).

211. Improved Decision Aid Methods and Tools to Support Evaluation of Investment for Transport and Energy Networks in Europe. Deliverable 1. Evaluating the state-of-the-art in investment for transport and Energy Networks. 2008. URL: http://www.eva-tren.eu/Documenti/D1.pdf. (дата звернення: 10.10.2016).

212. Decision Aid Methods and Tools to Support Evaluation of Investment for Transport and Energy Networks in Europe. Deliverable 3.2. Methodological developments. URL: http://www.eva-tren.eu/Documenti/D3.2_final.pdf (дата звернення: 10.10.2016).

213. Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. Deliverable 5. Proposal for harmonised guide lines. European Commission EC-DG TREN, 2006. URL: http://www.heatco.ier.uni-stuttgart.de/HEATCO_D5.pdf. (дата звернення: 15.11.2017).

214. Hensher D. A. Productive efficiency and ownership of urban bus services. *Transportation*. 1987. Т. 14. №3. P. 209-225.

215. Sampaio B. R., Neto O. L., Sampaio Y. Efficiency analysis of public transport systems: Lessons for institutional planning. *Transportation research part A: policy and practice*. 2008. Т. 42. №3. P. 445-454.

216. Cowie J., Asenova D. Organisation form, scale effects and efficiency in the British bus industry. *Transportation*. 1999. Т. 26. №3. P. 231-248.

217. Boame A. K. The technical efficiency of Canadian urban transit systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2004. Т. 40. №5. P. 401-416.

218. Daraio C., Diana M., Di Costa F., Leporelli C., Matteucci G., Nastasi A. Efficiency and effectiveness in the urban public transport sector: A critical review with directions for future research. *European Journal of Operational Research*. 2016. Т. 248. №1. P. 1-20.

219. Singh S. K. Efficiency of Urban Bus Companies in India: A Stochastic Frontier Analysis. *Economics Letters*. 2017. Т. 7. P. 1925-1939.

220. Торкатюк В. И., Юров М. В., Палант Ю. А., Кириченко А. И., Ларина С. А. Анализ особенностей выбора пассажирами вида транспорта при городских пассажирских перевозках. *Коммунальное хозяйство городов*. 2008. №85. С. 72-78.

221. Горбачёв П. Ф., Россолов А. В. Влияние условий передвижения на выбор пары «Жилье работа». *Автомобильный транспорт*. 2007. №21. С. 64-68.

222. Левашев А. Г., Михайлов А. Ю., Шаров М. И. К вопросу об оценке качества транспортного обслуживания в городах. *Современные проблемы транспортного комплекса России*. 2013. №3. С. 16-23.

223. Корягин М. Е. Оптимизация потока транспорта на двух маршрутах с учетом затрат времени пассажиров. *Вестник Кузбасского государственного технического университета.* 2005. №4/2. С. 80-81.

224. Горбачев П. Ф. Параметры плотности распределения времени ожидания пассажирами городских маршрутов. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. 2007. №37. С. 90-95.

225. Куниця О. А. Зниження часу очікування пасажирами міських маршрутних транспортних засобів: дис. … канд. техн. наук: 05.22.01. Харків, 2008. 200 с.

226. Давидич Ю. А., Понкратов Д. П., Куш Е. И., Вакуленко Е. Е., Горносталь В. И. Определение факторов, влияющих на выбор пассажирами вида городского транспорта. *Коммунальное хозяйство городов*. 2009. №86. С. 344-350.

227. Wardman M. Public transport values of time. *Transport policy*. 2004. Т. 11. №4. P. 363-377.

228. Mohring H., Schroeter J., Wiboonchutikula P. The values of waiting time, travel time, and a seat on a bus. *The RAND Journal of Economics*. 1987. P. 40-56.

229. Cortés C. E., Sáez D., Milla F., Núñez A., Riquelme M. Hybrid predictive control for real-time optimization of public transport systems' operations based on evolutionary multi-objective optimization. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2010. Т. 18. №5. P. 757-769.

230. Сорокин А. А. Моделирование городских пассажирских перевозок: дис. … канд. экон. наук: 08.00.13. Ставрополь, 2005. 198 с.

231. Стригунова М. Н., Никитюк М. А. Причинно-следственный анализ факторов, влияющих на качество пассажирских автотранспортных услуг. *Збірник наукових праць «Якість технологій та освіти»*. 2011. №2 С. 14-18.

232. Корнилов С. Н., Рахмангулов А. Н., Пыталева О. А. Повышение безопасности и качества пассажирских перевозок в г. Магнитогорске. *Автотранспортное предприятие*. 2009. №6. С. 41-44.

233. Paulley N. et al. The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership. *Transport Policy*. 2006. Т. 13. №4. P. 295-306.

234. Давідіч Ю. О., Чумаченко І. В. Моніторинг впливу параметрів системи міського пасажирського транспорту на якість обслуговування населення. *Комунальне господарство міст*. 2016. №128. С. 89-93.

235. Mazzulla G., Eboli L. A service quality experimental measure for public transport. *European Transpor*. 2006. №34. P. 42-53.

236. Гілевська К.Ю. Удосконалення організації перевезень пасажирів міським громадським трансопртом за критеріями якості: дис. … канд. техн. наук: 05.22.01. Київ, 2017. 193 с.

237. Назаров А.А. Разработка комплекса мероприятий по совершенствованию функционирования городских автобусов на основе учета сложности маршрута движения: дис. … канд. техн. наук: 05.22.10. Москва, 2006. 221 с.

238. Ламбуцький М. М. Формування структури парку міського пасажирського транспорту: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.22.01. Київ, 2007. 20 с.

239. Луб'яний П. В. Ефективність пасажирської маршрутної мережі міст: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Харків, 2005. 175 с.

240. Горяинов А. А., Терлецкая И. В., Кочина А. А. Оценка функционирования транспортной системы перевозки пассажиров. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2006. №22. С. 10-12.

241. Гребенников В. В., Мунин Д. А., Левашев А. Г., Михайлов А. Ю. Виды транспортной доступности. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2012. №1(2). С. 56-61.

242. Гюлев Н. У., Фалецкая Г. И. О влиянии транспортной утомляемости на выбор пути следования. *Коммунальное хозяйство городов*. 2009. №88. С. 272-275.

243. Вакуленко Е. Е. К вопросу о выборе транспортных средств для обслуживания городских маршрутов с учетом транспортной утомляемости пассажиров. *Коммунальное хозяйство городов*. 2006. №72. С. 304-307.

244. Фалецкая Г. И. Исследование влияния параметров передвижения на трансопртную утомляемость пассажиров. *Коммунальное хозяйство городов*. 2011. №97. С. 319-324.

245. Awuah A. Jnr. About Transport Fatigue as an Impact Factor on Workplace Productivity in Accra, Ghana. *Journal of Information Technology and Economic Development*. 2013. Vol. 4(1). P. 9-25.

246. Давидич Ю. А., Куш Е. И. Повышение эффективности технологического процесса перевозки пассажиров за счет снижения утомляемости водителя. *Коммунальное хозяйство городов*. 2008. №84. С. 312-316.

247. Гюлев Н. У. К вопросу о зависимости функционального состояния водителя от его индивидуально-типологических свойств. *Коммунальное хозяйство городов*. 2011. №97. С. 314-319.

248. Василенко Е. А. Механизм коммерциализации предоставления социально-значимых услуг населению: на примере общественного транспорта: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Ростов-на-Дону, 2004. 204 с.

249. Енин Д. В. Модели и алгоритмы управления городскими пассажирскими перевозками (на примере г. Воронежа): дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10. Воронеж, 2004. 200 с.

250. Пугачев И. Н. Теоретические методы и принципы и методы повышения эффективности функционирования транспортных систем городов: дис. ... докт. техн. наук: 05.22.01. Екатеринбург, 2010. 367 с.

251. Горбачов П.Ф. Концепція формування систем маршрутного пасажирського транспорту в містах: дис. … докт. техн. наук: 05.22.01. Харків, 2009. 370 с.

252. Кабалина Т. В. Моделирование пассажирских перевозок городским общественным транспортом: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13. Санкт-Петербург, 2012. 230 с.

253. Попова Е. Е. Развитие региональных транспортно-логистических систем на пассажирском транспорте: дис. ... канд. техн. наук: 08.00.05. Иркутск, 2015. 147 с.

254. Мамаев Э. А., Ковалева Н. А. К оценке потерь экономики от неэффективности организации движения в транспортной сети. *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. 2014. №2. С. 64-69.

255. Семчугова Е. Ю. Оперативная оценка качества услуг в управлении городским пассажирским транспортом: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Хабаровск, 2003. 195 с.

256. Липов Р. А., Мирошников В. В. Использование комплексных оценок качества услуг по перевозке пассажиров автомобильным транспортом в деятельности пассажирских автотранспортных предприятий. *Вестник брянского государственного технического университета*. 2011. №3. С. 56-60.

257. Ильчук В. П., Бабаченко Л. В. Організаційно-економічне забезпечення пасажирських перевезень. *Вісник чернігівського державного технологічного університету*. 2013. №4(70). С. 205-210.

258. Тойменцева И. А. Экономико-математические методы определения качества услуг автомобильного транспорта. *Вектор науки ТГУ*. 2011. №4. С. 331-336.

259. Ільчук, В. П., Базилюк А. В., Хоменко І. О. Організаційно-економічні засади реформування міського пасажирського транспорту. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2015. №1(1). С. 42-49.

260. Banister D. Energy, quality of life and the environment: the role of transport. *Transport reviews*. 1996. Т. 16. №1. P. 23-35.

261. Carse A. Assessment of transport quality of life as an alternative transport appraisal technique. *Journal of Transport Geography*. 2011. Т. 19. №5. P. 1037-1045.

262. Liveability Indices: What can we learn from them? URL: http://www.clc.gov.sg (дата звернення: 18.10.2016).

263. Genuine Progress Indicator. URL: http://www.interreg4c.eu/good-practices/practice-details/?practice=271-genuine-progress-indicator-gpi&. (дата звернення: 18.10.2016).

264. Лібанова Е.М., Гладун О.М., Лісогор Л.С. Вимірювання якості життя в Україні. Київ: Інститут демографії та соціальних досліджень імені М.В. Птухи НАН України, 2013. 48 с.

265. ДБН Б.2.2-12:2018 Планування і забудова територій. [Чинний від 2018-04-23]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон, 2018. 230 с.

266. City Trans Ukraine 2019. URL: http://www. minregion.gov.ua/press/news/u-velikih-mistah-budut-stvoryuvatisya-transportno-peresadochni-vuzli-dlya-zruchnoyi-ta-shvidkoyi-peresadki-pasazhiriv-mizh-riznimi-vidami-transportu-partshaladze (дата звернення: 15.04.2018).

267. Transport Interchange as city centers of activity. URL: http:// winteruni.com/wp-content/uploads/2014/02/doc1-16-session-en.pdf (дата звернення: 15.04.2018).

268. City transport hubs and public transport. URL: https://medium.com/city-design/city-transport-hubs-and-public-transport-7e0a3bd97dd9 (дата звернення: 15.04.2018).

269. People's Republic of China: Developing Multimodal Passenger Transport Hubs. URL: https://www.adb.org/sites/default/files/project-document/181207/45024-001-tcr.pdf (дата звернення: 15.04.2018).

270. Русанова І. В., Склярова І. М. Транспортно-пересадочні вузли у планувальній структурі найбільшого міста. *Досвід та перспективи розв. міст України: зб. наук. пр. Укр. держ. наук.-дослід. ін-т проектув. міст «Діпромісто» ім. Ю. М. Білоконя*. 2011. №20. С. 259-268.

271. Берлог А. И. Усовершенствование транспортно планировочной организации пересадочных узлов на метрополитене. (на примере г. Киев). *Містобудування та територіальне планування*. 2013. №47. С. 90-100.

272. Хайрулина Ю.С. Общие положения функціонально-пространственной организации современного транспортно-коммуникационного узла. *Известия КГАСУ*. 2011. №4(18). С. 155-165.

273. Кучеренко Н.Н., Рейцен Е.А. Новые подходы к проектированию транспортных пересадочных узлов в городах. *Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния*: матер. XI междунар. (14-й Екатеринбург.) научн.-практ. конф. Екатеринбург, 2005. С.140-145.

274. Рябова О.В. Методи архітектурного моделювання міських громадсько-транспортних вузлів: автореф. дис. … канд. арх. наук: 18.00.01. Харків, 2007. 22 с.

275. Власов Д.Н. Научно-методологические основы развития агломерационных систем транспортно-пересадочных узлов (на примере Московской агломерации): автореф. дис. … докт. техн. наук: 05.23.22. Москва, 2013. 37 с.

276. Азаренкова З. В., Федутинов Ю.А Транспортно-пересадочные узлы в планировке и застройке больших городов. *МГЦНТИ: Проблемы больших городов*. 1985. №13. С. 1-19.

277. Щурова В.А. Архітектурно-планувальна організація міської забудови у зоні впливу транспортно-пересадочних вузлів: автореф. дис. … канд. арх. наук: 18.00.04. Київ, 2005. 20 с.

278. Горбачев П. Ф., Далека В. Ф., Гузненков І. Г. Рациональное размещение автобусных транспортно-пересадочных узлов в городах. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2011. Т. 4. №3. С. 4-6.

279. Кристопчук М.Є., Бичко З.В. До питання розміщення міських транспортно-пересадочних вузлів. *Комунальне господарство міст*. 2012. №103. С. 374-378.

280. Вакуленко С.П., Евреенова Н.Ю. О классификации транспортно-пересадочных узлов. *Мир транспорта*. 2011. №5. С. 130-132.

281. Pitsiava-Latinopoulou M., Iordanopoulos P. Intermodal passengers terminals: Design standards for better level of service. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2012. Т. 48. P. 297-306.

282. Hernandez S., Monzon A. Key factors for defining an efficient urban transport interchange: Users' perceptions. *Cities*. 2016. Т. 50. P. 158-167.

283. Михайлов А. Ю., Копылова Т. А. Классификационные характеристики интермодальных узлов городского пассажирского транспорта на примере г. Вены. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2015. №1(12). С. 137-144.

284. Самчук Г.О. Підвищення ефективності функціонування транспортно-пересадочних вузлів наземного міського пасажирського транспорту: дис. … канд. техн. наук: 05.22.01. 2018. 206 с.

285. Domschke W. Schedule synchronization for public transit networks. *Operations-Research-Spektrum*. 1989. №11/1. P. 17-24.

286. Daduna J., Branco I., Paixго J. Practical Experiences in Schedule Synchronization. *Computer-Aided Transit Scheduling*. 1995. №430. P. 39-55.

287. Chakroborty P. Genetic algorithms for optimal urban transit network design. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. 2003. T. 18. №3. P. 184-200.

288. Ceder A., Golany B., Tal O. Creating bus timetables with maximal synchronization. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2001. T. 35. №.10. P. 913-928.

289. Hadas Y., Ceder A. A. Optimal coordination of public-transit vehicles using operational tactics examined by simulation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2010. T. 18. №6. P. 879-895.

290. Wu Y., Tang J. Optimizing timetable synchronization for regional public transit with minimum transfer waiting times. *24th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*: 23-25 May, Taiyuan, China, 2012. P. 3782-3786.

291. Ibarra-Rojas O. J., Rios-Solis Y. A. Synchronization of bus timetabling. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2012. T. 46. №5. P. 599-614.

292. Poorjafari V., Yue W.L., Holyoak N. A New Mathematical Programming Model for Transit Timetable Synchronization. *The 32nd Conference of Australian Institutes of Transport Research*, University of New South Wales, Sydney, Feb 2014. URL: http://trid.trb.org/view.aspx?id=1309706 (дата звернення: 19.12.2017).

293. Voss S. Network design formulations in schedule synchronization. *Computer-Aided Transit Scheduling*. 1992. P. 137-152.

294. Shafahi Y., Khani A. A practical model for transfer optimization in a transit network: Model formulations and solutions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2010. №44. Issue 6. P. 377-389.

295. Jansen L.N., Pedersen M.B., Nielsen O.A. Minimizing Passenger Transfer Times in Public Transport Timetables. 7th Conference of the Hong Kong Society for Transportation Studies: *Transportation in the information age*. 2002, Hong Kong. P. 229-239.

296. Daganzo C. F. A headway-based approach to eliminate bus bunching: Systematic analysis and comparisons. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2009. Т. 43. №10. P. 913-921.

297. Капитонов Ю.А. Взаимодействие видов транспорта в системе с одним пересадочным узлом. *Транспорт Российской Федерации.* 2016. №1(62). С. 53-56.

298. Димова И. П., Борщенко Я. А. Повышение эффективности функционирования остановочных пунктов. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2015. № 6-1. С. 25-31.

299. Липенков А. В., Кузьмин Н. А., Ерофеева Л. Н. Математическая модель пропускной способности остановочного пункта в случае отсутствия маневров по обгону автобусами друг друга. *Вестник Оренбургского государственного университета.* 2015. №4(179). С. 87-94.

300. Макаров А. В., Семчугова Е. Ю. Повышение пропускной способности и безопасности на остановочных пунктах г. Ростова-на-Дону. *Технологии транспортных процессов на Дону*. 2016. №1. С. 92-95.

301. Горбачев П. Ф., Макаричев А. В., Чижик В. М. Оценка среднего времени ожидания пассажиров транспортных средств для маршрутной сети города. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. 2016. №72. С. 61-65.

302. Горбачев П.Ф., Макаричев А.В., Пронин С.В., Колий А.С. Определение времени задержки выезда автобуса из остановочного пункта в поток автомобилей. *Автомобильный транспорт*. 2014. №35. С. 116-121.

303. Fernandez R., Planzer R. On the capacity of bus transit systems. *Transport Reviews*. 2002. Т. 22. №3. P. 267-293.

304. Gibson J., Baeza I., Willumsen L.G. Bus stops, congestion and congested bus stops. *Traffic Engineering and Control*. 1989. №30(6). P. 291-302.

305. Fernández R. A new approach to bus stop modelling. *Traffic Engineering & Control*. 2001. №42(7). P. 240-246.

306. Мишин В.М. Исследование систем управления: Учебник для вузов. 2-изд. стереотип. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. 527 с.

307. Black J. Urban transport planning: Theory and practice. Routledge, 2018. 252 p.

308. Антамошкин А. Н., Моргунова О. Н., Моргунов Е. П. Методика исследования эффективности сложных иерархических систем. *Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева.* 2006. №2. С. 9-13.

309. Петухов Г. Б., Якунин В. И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем. Москва: АСТ, 2006. 504 с.

310. Манохина Н. В. Метасистема как объект институционального анализа. *Вестник МИЭП*. 2014. №1. С. 7-16.

311. Pucher J. Urban passenger transport in the United States and Europe: a comparative analysis of public policies: Part 1. travel behaviour, urban development and automobile use. *Transport reviews*. 1995. Т. 15. №2. P. 99-117.

312. Куренков В. И., Кучеров А. С. Методы исследования эффективности ракетно-космических систем. Методические вопросы. Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. СП Королева (нац. исслед. ун-т), 2012. 201 с.

313. Марка Д. А., Гоун К. М. Методология структурного системного анализа и проектирования SADT. Москва: Метатехнология, 2003. 242 с.

314. Гонтарева И.В., Нижегородцев Р.М. Системная эффективность предприятия: сущность, факторы, структура. Москва – Киров: ВЭСИ, 2012. 152 с.

315. Прангишвили И. В. Системный подход и общесистемные закономерности. Москва: СИНТЕГ, 2000. 528 с.

316. Пьянков О. В. Комплексная оценка сложной системы на основе теории конфликтов. *Вестник ВГУ серия: Системный анализ и информационные технологии*. 2014. №1. С. 34-39.

317. Парахина В. Н., Максименко Л. С., Панасенко С. В. Стратегический менеджмент. Москва: КноРус, 2006. 496 с.

318. Моргунова О. Н. Методы и алгоритмы исследования эффективности сложных иерархических систем: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01. Красноярск, 2006. 153 с.

319. Белый О.В. Фундаментальные проблемы развития транспортного комплекса. *Экономика качества*. 2013. №3(4) С. 14-19.

320. Федоськина Л.А. Методика «SERVQUAL» как инструмент повышения инновационной активности в организациях сферы услуг. *Креативная экономика*. 2008. №3(15). С. 73-83.

321. Kubey R., Csikszentmihalyi M. Television and the quality of life: How viewing shapes everyday experience. Routledge, 2013. 285 p.

322. Dolnicar S., Yanamandram V., Cliff K. The contribution of vacations to quality of life. *Annals of Tourism Research*. 2012. Т. 39. №1. P. 59-83.

323. Steg L., Gifford R. Sustainable transportation and quality of life. *Journal of transport geography*. 2005. Т. 13. №1. P. 59-69.

324. Metz D. H. Mobility of older people and their quality of life. *Transport policy*. 2000. Т. 7. №2. P. 149-152.

325. Redman L., Friman M., Gärling T., Hartig T. Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. *Transport Policy*. 2013. Т. 25. P. 119-127.

326. Абрамович Б. М., Марунич В. С., Вакарчук І. М., Смоловик О. М., Ворон А. І. Транспортне обслуговування населення як фактор сталого розвитку міста. *Автомобіліст України*. 2002. №3. С. 11-13.

327. Jabareen Y. R. Sustainable urban forms their typologies, models, and concepts. *Journal of planning education and research*. 2006. Т. 26. №1. P. 38-52.

328. May A. D., Page M., Hull A. Developing a set of decision-support tools for sustainable urban transport in the UK. *Transport Policy*. 2008. Т. 15. №6. P. 328-340.

329. Camagni R., Gibelli M. C., Rigamonti P. Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Ecological economics*. 2002. Т. 40. №2. P. 199-216.

330. Мельянцова Ю. П., Мельянцова Ю. П. Розвиток пасажирського транспорту великих міст з позиції сталого розвитку суспільства. *Проблеми економіки транспорту: Зб. наук. пр. – Д.: ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна*. 2011. №1. С. 96-101.

331. Гудкова В. П., Приймук О. Р. Методологія розробки збалансованої системи показників сталого розвитку підприємств міського пасажирського транспорту. *Проблеми і перспективи розвитку підприємництва*. 2016. №1. С. 95-104.

332. ДБН В.2.3-5-2001 Вулиці та дороги населених пунктів [Чинний від 2001-10-01]. Вид. офіц. Київ: Держбуд України, 2001. 52 с.

333. Auvinen H., Clausen U., Davydenko I., Diekmann D., Ehrler V., Lewis A. Calculating emissions along supply chains – towards the global methodological harmonization. *Research in Transportation Business & Management*. 2014. Т. 12. P. 41-46.

334. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология : учебное пособие [4-е издание стереотипное.]. Москва: Дрофа, 2006. 206 с.

335. Пичкалев А. В. Обобщенная функция желательности Харрингтона для сравнительного анализа технических средств. *Исследования наукограда*. 2012. №1. С. 25-28.

336. Гусева И.И. Сервисно-ресурсная модель организации информационных технологий в контексте обеспечения устойчивого развития.

Економічні проблеми сталого розвитку: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої пам'яті проф. Балацького О.Ф. м. Суми, 6-8 травня 2014 р. Суми, 2014. Т.1. С. 107-109.

337. Голубцов В., Федоренко М. Сервисно-ресурсная модель: от теории к практике. *Альманах itSMF России*. 2012. №4. С. 64-72.

338. Регирер С. А., Ченчик А. Е. Взаимодействие автобусов и пассажиров: устойчивость движения по расписанию. *Вестник Московского университета. Серия 1: Математика. Механика*. 2006. №4. С. 46-53.

339. Богумил В. Н., Ефименко Д. Б. Обеспечение автоматического контроля регулярности движения пассажирских транспортных средств в диспетчерской системе. *Автотранспортное предприятие*. 2012. №6. С. 19-22.

340. Долженко А. И. Нечеткие модели – эффективный инструментарий для анализа потребительского качества информационных систем. Ростов-на-Дону: РГЭУ «РИНХ», 2008. 220 с.

341. Данилов-Данильян В. И. Устойчивое развитие (теоретико-методологический анализ). *Экономика и математические методы*. 2003. Т. 39. №2. С. 123-135.

342. Арманд А.Д. Механизмы устойчивости геосистем. Москва: Наука, 1992. 208 с.

343. Курганский С.Г., Рожин П.С. Организация и внедрение приоритетного проезда наземного городского пассажирского транспорта на регулируемых перекрестках. *Транспорт Российской Федерации*. 2014. №4(53). С. 60-63.

344. Абакумов Г. В., Романова Е. Ю., Тюльков М. А. Эффективность применения приоритетной полосы для городского пассажирского транспорта. Всероссийская научно-практическая конференция: *Организация и безопасность дорожного движения*. Тюмень, 2016. С. 9-11.

345. Горбатых Е. В., Колесников А. Г. Анализ мероприятий по обеспечению приоритетных условий движения городского пассажирского транспорта общего пользования. Материалы международной научно-

практической конференции: *Современные технологии в строительстве, теплоснабжении и энергообеспечении*. Саратов, 2015. С. 83-85.

346. Гитис Л.Х. Статистическая классификация и кластерный анализ. Москва: Издательство МГГУ, 2003. 157 с.

347. Семченко Н. А., Головкин Д. А. Исследование уровня обслуживания транспортных потоков в центральной части городов. *Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов. Безопасность дорожного движения*: сборник научных трудов (По результатам Международной научно-практической конференции). Минск, 2016. С. 277-284.

Додаток А

Лістинги програм

```
Sub DeterminationÀrrival()
    n = Cells(3, 2).Value 'Кількість ділянок мережі
   Public Massiv_ma(n) As Integer
   Public Massiv_naint(n) As Integer
   Public Massiv_rft(n) As Integer
   Public Massiv_nafl(n) As Integer
   Public Massiv_narp(n) As Integer
    nr = Cells(10, 2).Value 'Кількість маршрутів
   Public Massiv_rint(nr) As Integer
   Public Massiv_mif(nr) As Integer
   Public Massiv_maf(nr) As Integer
   Public Massiv_rfv(nr) As Integer
   Public Massiv_rmv(nr) As Integer
   Public Massiv_rs(nr) As Integer
    Range("A1:G3600").Select
    Selection.Copy
    ActiveWindow.SmallScroll Down:=18
    Range("A1").Select
    ActiveSheet.Paste
    Application.CutCopyMode = False
    Selection.AutoFilter
     tm = Cells(1, 2).Value 'Тривалість періоду
  For i = 1 To n
      Massiv_nà(i) = Cells(4, i + 1).Value 'Масив номерів ділянок
      Massiv_naint(i) = Cells(5, i + 1).Value ' Масив інтенсивності руху по
ділянках мережі
      Massiv_rfb(i) = Cells(6, i + 1).Value ' Масив базового діапазону флуктуації
прибуття в ЗП
      Massiv_nafl(i) = Cells(7, i + 1).Value 'Масив функції компенсації флуктуації
прибуття на ділянці
      Massiv_napr(i) = Cells(8, i + 1).Value 'Масив наявності пріоритетного руху
МПТ на ділянці мережі
   Next i
   For j = 1 To nr
      For u = 1 To n
      If Massiv_napr(u) = True Then
         flg = Massiv_rfb(u)
         fls = Massiv_nafl(u)
         flk = flk + flg * (1 - fls)
      End If
         If Massiv_napr(u) = False Then
         flg = Massiv_rfb(u)
         flk = flk + flg
```

```
    End If
    Next u
Next j
For i = 1 To nr
    nrs = 1
    trs1 = Massiv_rs(i)
    For u = 1 To tm
    nrs = nrs + 1
    trs = trs1 + Massiv_rint(i) + flk
    If Massiv_napr(i) = True Then
        Massiv_mif(i) = (1 - fls)
        Massiv_maf(i) = (1 + fls)
    End If
        If Massiv_napr(i) = False Then
        Massiv_mif(i) = lg * (1 - fls)
        Massiv_maf(i) = lg * (1 + fls)
    End If
    trsf = trs + Int((Massiv_mif(i) - Massiv_maf(i)) * Rnd)
    Massiv_rs(u) = trsf
    Next u
    nrs = nrs + 1
    Massiv_nrs(j) = nrs
 Next i
    For i = 1 To nr
    For u = 1 To Massiv_nrs(i)
    rvf = rvb + Int((Massiv_rvm(i) - Massiv_rvs(i)) * raspv(i))
    Massiv_rvf(u) = rvf
    rvv = rvv + Int((Massiv_rvvm(i) - Massiv_rvvs(i)) * raspvv(i))
    Massiv_rvv(u) = rvv
    rvd = rvd + Int((Massiv_rvdm(i) - Massiv_rvds(i)) * raspdv(i))
    Massiv_rvd(u) = rvd
    Next u
Next i
 Range("C1:H3600").Select
  Selection.Copy
  ActiveWindow.SmallScroll Down:=18
  Range("B2").Select
  ActiveSheet.Paste
  Application.CutCopyMode = False
  Selection.AutoFilter
    For i = 1 To nr
    Sheets("Прибуття").Activate
    For j = 1 To Massiv_nrs(i)
    Cells(i, j).Value = Massiv_rs(j)
```

```
        Next j
        Sheets("Наповнення").Activate
        For j = 1 To Massiv_nrs(i)
        Cells(i, j).Value = Massiv_rvf(j)
        Next j
        Sheets("Вийшло").Activate
        For j = 1 To Massiv_nrs(i)
        Cells(i, j).Value = Massiv_rvv(j)
        Next j
        Sheets("Увійшло").Activate
        For j = 1 To Massiv_nrs(i)
        Cells(i, j).Value = Massiv_rvd(j)
        Next j
    Next i
End Sub

Sub DeterminationOpportunities()
     nr = Cells(10, 2).Value 'Кількість маршрутів
   Public Massiv_rtz(nr) As Integer
   Public Massiv_rvtz(nr) As Integer
   Public Massiv_rtr(nr) As Integer
   Public Massiv_rtpr(nr) As Integer
   Public Massiv_fpr(nr) As Integer
   Public Massiv_tsp(nr) As Integer
    For i = 1 To nr
        Massiv_rtz(i) = Cells(21, i + 1).Value 'Масив кількості ТЗ
        Massiv_rvtz(i) = Cells(22, i + 1).Value 'Масив місткості ТЗ
        Massiv_rtr(i) = Cells(23, i + 1).Value 'Масив часу руху на маршруті
        Massiv_rtpr(i) = Cells(24, i + 1).Value 'Масив часу простою на проміжних
зупинках
        Massiv_fpr(i) = Cells(25, i + 1).Value 'Масив пасажиропотоку на маршруті
        Massiv_tsp(i) = Cells(26, i + 1).Value 'Масив сервісного простою в ЗП
    Next i
    For i = 1 To nr
        For j = 1 To Massiv_nrs(i)
        Sheets("Вийшло ").Activate
        tvpsp = Cells(i, j).Value
        Sheets("Увійшло").Activate
        tdpsp = Cells(i, j).Value
        Sheets("DeterminationOpportunities").Activate
        tpsp = tvpsp * tvp + tdpsp * tdp + tman + Massiv_tsp(j)
        trrp = tpsp + Massiv_rtpr(i) + Massiv_rtr(i) + Massiv_tsp(i)
        pvr = tm * Massiv_rtz(i) * Massiv_rvtz(i) / trrp
        Sheets("Провізні можливості").Activate
```

```
        Cells(i, j).Value = Massiv_rs(j)
    Next j
    Next i
End Sub

Sub DFormationDesiredQuality()
    nr = Cells(10, 2).Value 'Кількість маршрутів
     tr = Cells(2, 2).Value 'Тривалість періоду
   Public Massiv_nrs(nr) As Integer
   Public Massiv_rtz(nr) As Integer
   Public Massiv_rvvtz(nr) As Integer
   Public Massiv_vmtr(tr) As Integer
   Public Massiv_twq(nr) As Integer
   Public Massiv_gfa(nr) As Integer
    Sheets("Прибуття").Activate
    For i = 1 To nr
        For j = 1 To Massiv_nrs(i)
        Massiv_rs(j) = Cells(i, j).Value
        Next j
   Next i
   Sheets("Пасажирообмін").Activate
   For i = 1 To nr
        For j = 1 To tr
        Massiv_rvvtz(j) = Cells(i, j).Value
        Next j
   Next i
     For i = 1 To tr
        For j = 1 To nr
        For u = 1 To Massiv_rvvtz(j)
        topl = Cells(j, u).Value
        tptz = Cells(20 + j, u).Value
        totz = tptz + Cells(20 + j, u).Value * tptz + topl
        topb = Cells(j, u).Value - totz
        gatz = Cells(i, u).Value - Cells(20 + i, u).Value
        If gatz(i) > 0 Then
            Massiv_tqw(i) = 0
            topbz = topb + Cells(j, u).Value - top1
        End If
        Massiv_tqw(i) = totz - topl
        Next u
        Next j
   Next i
   Sheets("Розподіл пасажиропотоку").Activate
   For i = 1 To nr
```

```
        For j = 1 To Massiv_gfa(j)
        gfl = Cells(i, j).Value
        gfk = Cells(i, j).Value - Massiv_tqw(j)
        gfv = gfl * Cells(20 + i, j).Value + gfk * Cells(40 + i, j)
        Cells(60 + j, u).Value = gfv
        Next j
    Next i
    For i = 1 To tr
        For j = 1 To Massiv_nrs(i)
        Sheets("Увійшло").Activate
        qdfs = Cells(i, j).Value
        Sheets("DeterminationOpportunities").Activate
        Cells(i, j).Value = qdfs(j)
     Next j
     Next i
End Sub


Sub CalculationDowntime
        Sheets("Процес").Activate
        r = Cells(2, 1).Value
        For i = 4 To 3603
        For j = 2 To 21
     Range("A1:N3600").Select
     ActiveWorkbook.Worksheets("Лист1").Sort.SortFields.Clear
     ActiveWorkbook.Worksheets("Лист1").Sort.SortFields.Add
Key:=Range("A1:N3600") _
        , SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
     With ActiveWorkbook.Worksheets("Лист1").Sort
        .SetRange Range("B25:O53")
        .Header = xlGuess
        .MatchCase = False
        .Orientation = xlTopToBottom
        .SortMethod = xlPinYin
     End With
        d1 = Cells(i, j).Value
        If d1 > 0 Then
        If Cells(i, 42).Value >= r Then 'Если занятость > 1
        Cells(1 + i, j).Value = d1 'Смещаем время прибытия на 1 вниз
        Cells(1 + i, j + 20).Value = Cells(i, j + 20).Value 'Смещаем время
обслуживания на 1 вниз
        Cells(i, j + 61).Value = 1 'Момент в очереди
        End If
        If Cells(i, 42).Value < r Then 'Если занятость = 0
```

```
            p1 = 0
            p1 = Cells(i, j + 20).Value 'Время общего простоя с учетом
маневрирования
            For y = 0 To p1 - 1
            Cells(i + y, 42).Value = Cells(i + y, 42).Value + 1 'Занятость во время
обслуживания
            Cells(i + y, j + 41).Value = 1 'Обслуживание
            Next y
        End If
        End If
        o1 = Cells(i, j + 61).Value - Cells(i - 1, j + 61).Value
        If Cells(i, j + 61).Value = 1 Then 'Если есть момент очереди
        If o1 > 0 Then 'Если есть переход между очередью и не очередью
        Cells(i, j + 81).Value = 1
        End If
        End If
        Next j
        Next i
End Sub
Sub DistributionRout
   nr = Cells(3, 2).Value 'Кількість маршрутів
   nsp = Cells(4, 2).Value 'Кількість ЗП
   Range("B4:V9").Select 'Сортування маршрутів
    ActiveWorkbook.Worksheets("Лист1").Sort.SortFields.Clear
    ActiveWorkbook.Worksheets("Лист1").Sort.SortFields.Add
Key:=Range("B4:V9"), _
        SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
    With ActiveWorkbook.Worksheets("Лист1").Sort
        .SetRange Range("B4:V9")
        .Header = xlGuess
        .MatchCase = False
        .Orientation = xlTopToBottom
        .SortMethod = xlPinYin
        .Apply
    End With
   Public Massiv_mn(nr) As Integer
   Public Massiv_tmn(nr) As Integer
   Public Massiv_tld(nr) As Integer
   Public Massiv_rsr(nr) As Integer
   Public Massiv_int(nr) As Integer
    For i = 1 To nr
    Massiv_mn(i) = Cells(6, i + 1).Value 'Масив номерів маршрутів
    Massiv_tmn(i) = Cells(7, i + 1).Value 'Масив часу маневрування ТЗ
    Massiv_tld(i) = Cells(8, i + 1).Value 'Масив часу простою в ЗП
```

```
   Massiv_rsr(i) = Cells(9, i + 1).Value 'Масив резервів ресурсу маршрутів
   Massiv_int(i) = Cells(10, i + 1).Value 'Масив інтенсивності прибуття ТЗ
   Next i
   ncikl = nr Mod nsp 'Кількість циклів розподілу маршрутів
   For a = 1 To ncikl
      For b = 1 To nsp
      c = a * ncikl + b
      If ñ < nr Then
      Cells(10, c).Value = Massiv_mn(c) 'Закріплення номеру маршрутів
      Cells(11, b).Value = Massiv_int(c) * (Massiv_tmn(c) + Massiv_tld(c))
'Загальна тривалість простою
      Cells(12, b).Value = Cells(12, b).Value + Cells(11, b).Value 'Сумарна
тривалість простою
      End If
      Next b
   Next a
   Range("B4:V9").Select 'Сортування залишку маршрутів
   ActiveWorkbook.Worksheets("Ëèñò1").Sort.SortFields.Clear
   ActiveWorkbook.Worksheets("Ëèñò1").Sort.SortFields.Add
Key:=Range("B4:V9"), _
      SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
   With ActiveWorkbook.Worksheets("Ëèñò1").Sort
      .SetRange Range("B4:V9")
      .Header = xlGuess
      .MatchCase = False
      .Orientation = xlTopToBottom
      .SortMethod = xlPinYin
      .Apply
   ncikl = nr Mod nsp 'Кількість циклів залишку маршрутів
   For r = 1 To ncikl
      For t = 1 To nsp
      cf = l * ncikl + t
      Cells(10, cf).Value = Massiv_mn(cf)
      Cells(11, t).Value = Massiv_int(cf) * (Massiv_tmn(cf) + Massiv_tld(cf))
      Cells(12, t).Value = Cells(12, b).Value + Cells(11, t).Value
      Next t
   Next r
   If ñf >= nr Then
      GoTo Perehod1
   End If
   End Sub

Sub CalculationSlotTime
   Range("e11:t100").Select
```

```
 Selection.ClearContents
 Range("v11:w22").Select
 Selection.ClearContents
a1 = Cells(4, 5).Value 'Інтервал руху
a2 = Cells(5, 5).Value 'Час знаходження в ЗП
a3 = Cells(6, 5).Value 'Момент прибуття першого рейсу
a4 = Cells(7, 5).Value 'Допустиме відхилення інтервалу
a5 = Cells(8, 5).Value 'Кількість рейсів
b3 = 0
Cells(a3 + 10, 5).Value = 1 'Для першого рейса
For i = 0 To (a2 - 1)
Cells(a3 + i + 10, 6).Value = 1
Cells(a3 + i + 10, 20).Value = 1 'Індекс зайнятості ЗП
Next i
Cells(11, 22).Value = a3
Cells(11, 23).Value = a3 + a2
b1 = a3 + 10
For i = 2 To a5 'Для кількості рейсів
c1 = 0
b2 = b1 + a1
'b3 = b2
For y = 0 To (a2 - 2) 'Продивляємося час знаходження ТЗ в ЗП
 If Cells(b2 + y, 3).Value = 1 Then
    For x = 0 To (a2 - 1)
    Cells(b2 + x, 6).Value = 1
    Cells(b2 + x, 20).Value = 1 'Індекс зайнятості ЗП
    Next x
 b1 = b2
 c1 = 1
 'GoTo Perehod
 End If
Next y
If c1 <> 1 Then
For Z = 1 To a4
b2 = b1 + a1 + Z
For y = 0 To (a2 - 2) 'Продивляємося час знаходження ТЗ в ЗП
If Cells(b2 + y, 3).Value = 1 Then
    For x = 0 To (a2 - 1)
    Cells(b2 + x, 6).Value = 1
    Cells(b2 + x, 20).Value = 1 'Індекс зайнятості ЗП
    Next x
 b1 = b2
 c1 = 1
 End If
```

```
   Next y
   Next Z
   End If
   If c1 <> 1 Then
   For Z = 0 To a4
   b2 = b1 + a1 - Z
   For y = 0 To (a2 - 1) 'Продивляємося час знаходження ТЗ в ЗП
   If Cells(b2 + y, 3).Value = 1 Then
       For x = 0 To (a2 - 1)
       Cells(b2 + x, 6).Value = 1
       Cells(b2 + x, 20).Value = 1 'Індекс зайнятості ЗП
       Next x
    b1 = b2
    c1 = 1
    End If
   Next y
   Next Z
    End If

    If c1 <> 1 Then
    For x = 0 To (a2 - 1)
     Cells(b2 + x, 6).Value = 1
     Cells(b2 + x, 20).Value = 1 'Індекс зайнятості ЗП
    Next x
    b1 = b2
    End If
   Cells(i + 10, 22).Value = b2 + a4
   Cells(i + 10, 23).Value = b2 + a2 + a4
    Next i
End Sub

Sub DeterminingQualityService()
    Range("B1:O3600").Select
    ActiveWorkbook.Worksheets("Лист1").Sort.SortFields.Clear
    ActiveWorkbook.Worksheets("Лист1").Sort.SortFields.Add
Key:=Range("B1:B3600") _
        , SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
    With ActiveWorkbook.Worksheets("Лист1").Sort
        .SetRange Range("B25:O53")
        .Header = xlGuess
        .MatchCase = False
        .Orientation = xlTopToBottom
        .SortMethod = xlPinYin
        .Apply
```

```
    End With
    nr = Cells(10, 2).Value 'Кількість маршрутів
    tr = Cells(2, 2).Value 'Тривалість періоду
   Public Massiv_nrs(nr) As Integer
   Public Massiv_mqtpr(nr) As Integer
   Public Massiv_tprw(nr) As Integer
   Public Massiv_prrs(nr) As Integer
   Public Massiv_flopk(nr) As Integer
   Public Massiv_wtk(nr) As Integer
   Public Massiv_pswt(nr) As Integer
    Sheets("Вихідні дані").Activate
    For i = 1 To nr
       Massiv_nrs(i) = Cells(1, i).Value  'Масив кількості рейсів
       Massiv_mqtpr(i) = Cells(2, i).Value 'Масив маркетингового часу очікування
ТЗ
       Massiv_tprw(i) = Cells(4, i).Value 'Масив часу простою в ЗП ТПВ
       nrs = Cells(10, 2).Value 'Кількість рейсів
     For j = 1 To nrs
     Sheets("Розподіл пасажиропотоку").Activate
     Massiv_prrs(i) = Cells(i, j).Value 'Масив кількості пасажирів, що
відправляються
     Next j
    Next i
   For i = 1 To nr
   Sheets("Маршрут").Activate
   indr = Cells(1, i).Value
   For j = 1 To tr
   indtr = Cells(i, j).Value
   For u = 1 To nrs
   Massiv_flopk(u) = Cells(i, indtr).Value
   Massiv_fl(u) = Cells(20 + i, indtr).Value
   Massiv_wtk(u) = Cells(40 + i, indtr).Value
   Massiv_pswt(u) = Cells(60 + i, indtr).Value
   Massiv_conf(u) = Cells(80 + i, indtr).Value
   If Massiv_flopk(u) > Massiv_fl(u) Then
    psap = True
    pssp = True
   End If
   If Massiv_flopk(u) < Massiv_fl(u) Then
    psap = False
    pssp = False
   End If
   If Massiv_wtk(u) > Massiv_pswt(u) Then
    pstp = True
```

```
   End If
   If Massiv_wtk(u) < Massiv_pswt(u) Then
    pstp = False
   End If
   If Massiv_tdk(u) > Massiv_tda(u) Then
    psrp = True
    psip = True
   End If
   If Massiv_tdk(u) < Massiv_tda(u) Then
    psrp = False
    psip = False
   End If
   If Massiv_conf(u) > Massiv_font(u) Then
    pssp = True
   End If
   If Massiv_conf(u) < Massiv_font(u) Then
    pssp = False
   End If
   If pssp = True Then
   psss = sumcomp
   sumcomp = pssp + psss
   End If
    ActiveWindow.SmallScroll Down:=-12
    Range("A1:AW3600").Select
    Selection.AutoFilter
    ActiveSheet.Range("$A$1:$AW$18").AutoFilter Field:=12, Criteria1:="<>"
    ActiveWindow.SmallScroll Down:=-18
   Next u
   Next j
   Next i
  For i = 1 To nr
  For j = 1 To nrs
       Sheets("Час").Activate
       Cells(i, j).Value = sumcomp
       Cells(20 + i, j).Value = sumcomp
       Cells(40 + i, j).Value = sumcomp
    Next j
    Next i
End Sub
```

Додаток Б

Результати обробки натурних спостережень ТПВ

Таблиця Б.1 – Результати обробки натурних спостережень за станом ЗП ТПВ

ТПВ	Номер ЗП	Тип ЗП	Кількість постів	Інтенсивність прибуття, авт/год.	Середня інтенсивність прибуття в 1 пост, авт/год.	Кількість маршрутів	Середній простій у черзі, хв	Кількість конфліктних ситуацій
«ст. м. пр. Гагаріна» м. Харків	1	Т	2	37	18,5	10	1,11	2
	2	П	1	6	6	1	0	0
	3	П	1	5	5	1	0	0
	4	П	1	8	8	1	0	0
	5	П	1	1	1	1	0	0
	6	Т	2	40	20	11	0,39	14
	7	Т	1	2	2	1	0	0
	8	К	1	26	26	5	0,27	3
«ст. м. Героїв Праці» м. Харків	1	Т	1	20	20	3	0	0
	2	Т	2	34	17	9	0,4	13
	3	Т	1	17	17	4	0,15	3
	4	П, К	1	21	21	5	1,93	9
	5	Т	1	21	21	3	0,82	4
	6	Т	2	12	6	2	0	0
	7	П	1	11	11	1	0,72	1
	8	П	1	12	12	1	1,83	2
	9	П	1	4	4	2	0	0
	10	К	1	23	23	4	2,72	5
	11	П, К	1	5	5	1	0	0
«ст. м. Академіка Барабашова» м. Харків	1	К	1	12	12	2	0,71	6
	2	К	2	90	45	14	4,92	15
	3	К	1	9	9	2	0	0
	4	П	1	14	14	4	1,45	6

Продовження таблиці Б.1

ТПВ	Номер ЗП	Тип ЗП	Кількість постів	Інтенсивність прибуття, авт/год.	Середня інтенсивність прибуття в 1 пост, авт/год.	Кількість маршрутів	Середній простій у черзі, хв	Кількість конфліктних ситуацій
«ст. м. Академіка Барабашова» м. Харків	5	П	1	9	9	2	0	0
	6	П	1	37	37	4	2,99	10
	7	П	1	12	12	1	1,36	2
	8	П	1	15	15	2	0,21	4
	9	П	1	4	4	1	0	0
	10	Т	1	10	10	2	0	0
	11	Т	1	10	10	2	0	0
«ст. м. Університет» м. Харків	1	Т	1	24	24	6	2,03	6
	2	Т	1	26	26	6	1,04	7
	3	Т, П	1	13	13	3	0,87	2
	4	Т	1	7	7	1	0	0
	5	Т	1	7	7	1	0	0
	6	П, К	1	2	2	1	0	0
	7	П	1	5	5	2	0	0
	8	П	1	8	8	2	0	0
	9	П	1	9	9	2	0	0
	10	Т	1	8	8	2	0	0
	11	К, Т	2	27	13,5	8	1,01	6
	12	Т	1	2	2	1	0	0
	13	Т	1	2	2	1	0	0
«пр. Ювілейний – пр. Тракторобудівників» м. Харків	1	Т	2	45	22,5	8	1,56	14
	2	Т	2	32	16	6	1,67	5
	3	Т	1	7	7	2	0	0

Продовження таблиці Б.1

ТПВ	Номер ЗП	Тип ЗП	Кількість постів	Інтенсивність прибуття, авт/год.	Середня інтенсивність прибуття в 1 пост, авт/год.	Кількість маршрутів	Середній простій у черзі, хв	Кількість конфліктних ситуацій
«пр. Ювілейний – пр. Тракторобудівників» м. Харків	4	Т	1	5	5	2	0	0
	5	Т	1	7	7	2	0	0
	6	Т	1	7	7	2	0	0
	7	Т	1	18	18	4	0,94	1
«вул. Гв. Широнинців – вул. Валентинівська» м. Харків	1	Т	2	34	17	8	1,2	11
	2	Т	2	43	21,5	10	0,38	10
	3	Т	2	29	14,5	4	0,05	3
	4	Т	2	33	16,5	4	0,98	2
«Ювілейна» м. Кривий Ріг	1	Т	1	8	8	4	1,29	0
	2	Т	2	125	62,5	17	4,9	66
	3	Т	1	8	8	4	0,84	0
	4	Т	2	138	69	19	4,89	69
«Соцмісто» м. Кривий Ріг	1	Т	1	34	34	9	3,28	12
	2	Т	2	58	29	12	2,46	7
	3	Т	1	10	10	1	0	0
	4	Т	2	27	13,5	3	1,89	2
	5	Т	2	110	55	16	4,31	51
	6	Т	1	11	11	5	1,8	4
	7	Т	1	11	11	5	1,33	6
«Центральний ринок» м. Кривий Ріг	1	Т	3	137	45,7	23	5,39	63
	2	Т	1	17	17	6	1,2	3
	3	Т	2	137	68,5	23	4,93	65
	4	Т	1	17	17	6	0,53	7

Продовження таблиці Б.1

ТПВ	Номер ЗП	Тип ЗП	Кількість постів	Інтенсивність прибуття, авт/год.	Середня інтенсивність прибуття в 1 пост, авт/год.	Кількість маршрутів	Середній простій у черзі, хв	Кількість конфліктних ситуацій
«Кривий Ріг – Вокзальний» м. Кривий Ріг	1	П	2	10	5	3	0	0
	2	П	2	54	36	7	0,88	48
	3	К	1	10	10	3	0	0
	4	К	1	54	72	7	1,12	7
«вул. Залізнична» м. Херсон	1	Т	2	109	54,5	19	4,39	56
	2	Т	1	53	53	9	5,04	17
	3	Т	1	51	51	10	5,16	16
«Автовокзал» м. Херсон	1	Т	2	75	37,5	14	2,72	13
	2	Т	2	75	37,5	14	3,46	11
	3	Т	1	7	7	2	0	0
	4	Т	1	7	7	2	0	0
«САТУ» м. Слов’янськ	1	Т	2	13	6,5	10	0	0
	2	Т	2	11	5,5	5	0	2
	3	Т	1	33	33	17	3,71	27

Додаток В

Характеристика ЗП ТПВ

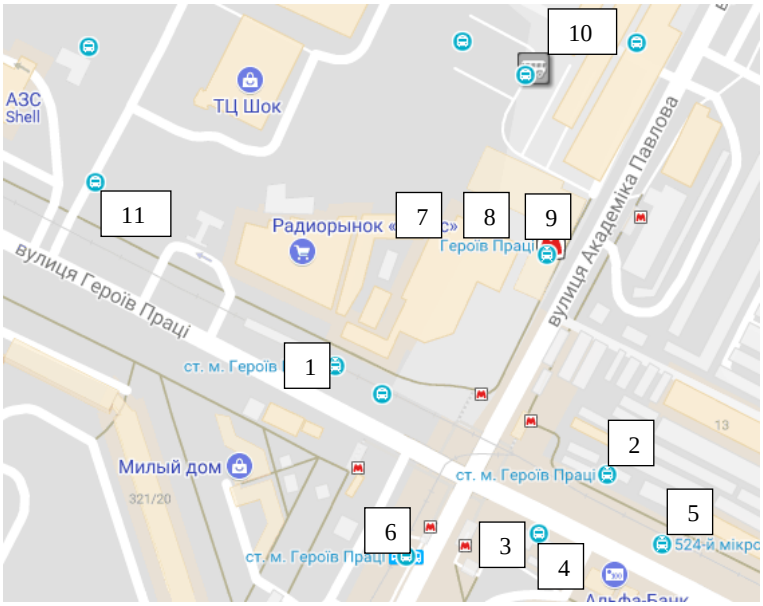


Рисунок В.1 – Схема ТПВ «ст. м. Героїв Праці» м. Харків

Рисунок В.2 – Схема розташування ЗП «ст. м. Героїв Праці» м. Харків (50.024616, 36.334937)

Рисунок В.3 – Зовнішній вид ЗП «ст. м. Героїв Праці» м. Харків (50.024616, 36.334937)

Таблиця В.1 – Час переходу до ЗП «ст. м. Героїв Праці»

Номер ЗП ТПВ	Час переходу, хв
2	3,7
3	5,1
4	5,1
5	4,6
6	2,6
7	4,8
8	4,8
9	4,8
10	6,3
11	4,1

Таблиця В.2 – Характеристика маршрутів, що проходять через ЗП «ст. м. Героїв Праці» (ранкова година «пік»)

Номер	Сполучення	Час рейсу, хв	Модель ТЗ	Маркетинговий час очікування, хв
А 17е	вул. Світла – Лікарня невідкладної допомоги	36	БАЗ-А079	11,2
А 55е	м/н Північна Салтівка – пр. Перемоги	63	БАЗ-А079	7,8
А 152е	вул. Барабашова – Аеропорт	65	БАЗ-А079	7,9
А 215е	602-й мікрорайон – ст. м. Держпром	60	БАЗ-А079	30,3
А 240е	ст. м. Барабашова – с. Жуковського	34	БАЗ-А079	5,3
А 247е	м/н Північна Салтівка – вул. Астрономічна	31	ЗАЗ-А07А	8,2
А 263е	602-й мікрорайон – Інститут протезування	69	БАЗ-А079	6,4
А 268е	ТРЦ Караван – вул. Владслава Зубенка	15	БАЗ-А079	7,4
А 271е	ст. м. Академіка Барабашова – ТЦ METRO	60	БАЗ-А079	6,1

Таблиця В.3 – Матриця розподілу пасажиропотоків між маршрутами в ЗП «ст. м. Героїв Праці» (ранкова година «пік»)

Варіант вибору маршруту	Питома вага вибору
А 17е, А 55е, А 215е, А 240е, А 247е, А 263е, А 271е	0,27
А 17е, А 55е, А 215е, А 263е, А 271е	0,12
А 17е, А 55е, А 263е, А 271е	0,11
А 55е, А 263е, А 271е	0,09
А 263е, А 271е	0,09
А 240е, А 247е	0,08
А 17е	0,04
А 55е	0,04
А 152е	0
А 215е	0,03
А 240е	0,01
А 247е	0,03
А 263е	0,06
А 268е	0
А 271е	0,03

Таблиця В.4 – Інтенсивність формування обсягу відправлення з ЗП «ст. м. Героїв Праці» (ранкова година «пік»)

Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.
7:00	0	7:15	2	7:30	0	7:45	0
7:01	1	7:16	0	7:31	10	7:46	3
7:02	0	7:17	17	7:32	0	7:47	2
7:03	13	7:18	2	7:33	1	7:48	12
7:04	0	7:19	0	7:34	1	7:49	0
7:05	3	7:20	3	7:35	3	7:50	3
7:06	1	7:21	0	7:36	3	7:51	2
7:07	10	7:22	2	7:37	14	7:52	0
7:08	0	7:23	10	7:38	2	7:53	3
7:09	3	7:24	1	7:39	3	7:54	11
7:10	0	7:25	2	7:40	0	7:55	2
7:11	11	7:26	0	7:41	2	7:56	2
7:12	0	7:27	3	7:42	2	7:57	3
7:13	2	7:28	11	7:43	8	7:58	0
7:14	0	7:29	1	7:44	1	7:59	2

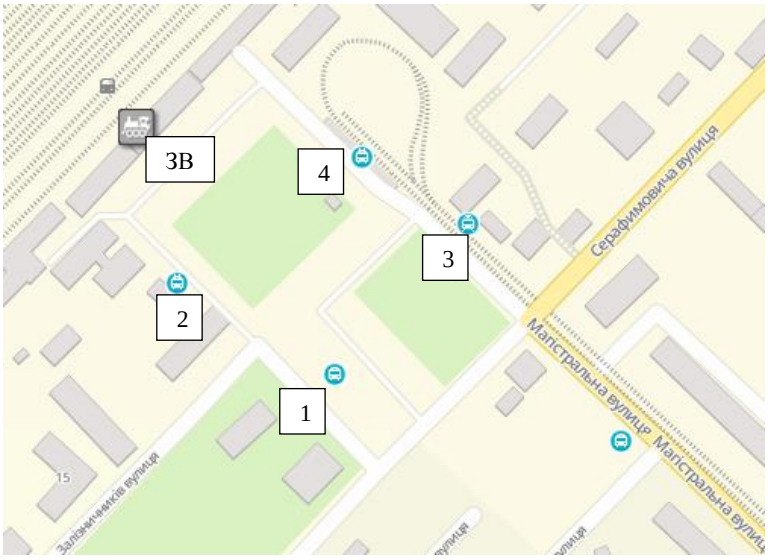


Рисунок В.4 – Схема ТПВ «Кривий Ріг – Вокзальний» м. Кривий Ріг

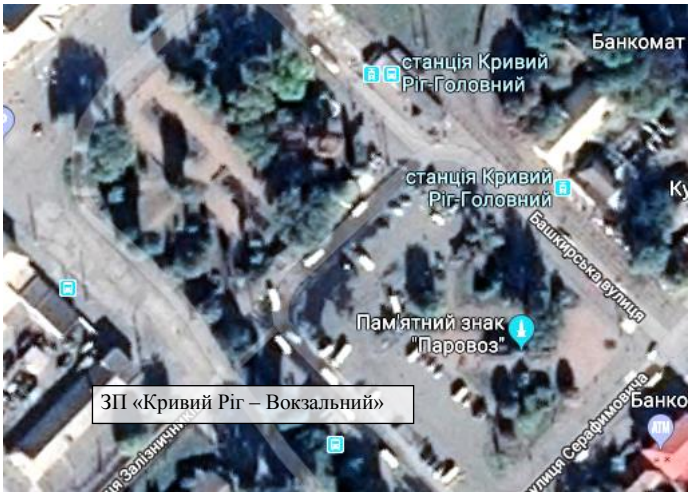


Рисунок В.5 – Схема розташування ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» м. Кривий Ріг (47.911136, 33.453075)

Рисунок В.6 – Зовнішній вид ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» м. Кривий Ріг (47.911136, 33.453075)

Таблиця В.5 – Час переходу до ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний»

Номер ЗП ТПВ	Час переходу, хв
2	1,2
3	1,8
4	2,3
ЗВ	3,4

Таблиця В.6 – Характеристика маршрутів, що проходять через ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» (ранкова година «пік»)

Номер	Сполучення	Час рейсу, хв	Модель ТЗ	Маркетинговий час очікування, хв
А 205	станція Кривий Ріг – Головний – школа №23	45	Mercedes Sprinter, Vario	2,9
А 209	станція Кривий Ріг – Головний – м/н Зарічний	50	Mercedes Sprinter, Vario	3,5
А 269	станція Кривий Ріг – Головний – станція Батуринська	15	БАЗ-2215	10
А 286	станція Кривий Ріг – Головний – пл. Визволення	27	Mercedes Vario	2,9
А 306	станція Кривий Ріг – Головний – м/н Східний-3	30	Iveco-Turbodaily	3,9
А 307	станція Кривий Ріг – Головний – Ювілейна	39	Mercedes Sprinter, Vario	4,4

Таблиця В.7 – Матриця розподілу пасажиропотоків між маршрутами в ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» (ранкова година «пік»)

Варіант вибору маршруту	Питома вага вибору
А 205, А 209, А 286, А 306, А 307	0,01
А 205, А 286	0,21
А 205	0,18
А 209	0,12
А 269	0,05
А 286	0,18
А 306	0,13
А 307	0,12

Таблиця В.8 – Інтенсивність формування обсягу відправлення з ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» (ранкова година «пік»)

Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.
7:00	0	7:15	0	7:30	4	7:45	2
7:01	0	7:16	0	7:31	0	7:46	0
7:02	4	7:17	1	7:32	0	7:47	0
7:03	0	7:18	2	7:33	4	7:48	4
7:04	0	7:19	0	7:34	0	7:49	2
7:05	4	7:20	0	7:35	0	7:50	19
7:06	2	7:21	20	7:36	4	7:51	17
7:07	0	7:22	14	7:37	4	7:52	14
7:08	4	7:23	15	7:38	0	7:53	9
7:09	0	7:24	12	7:39	0	7:54	4
7:10	4	7:25	5	7:40	0	7:55	0
7:11	0	7:26	0	7:41	1	7:56	0
7:12	4	7:27	0	7:42	0	7:57	0
7:13	3	7:28	3	7:43	0	7:58	1
7:14	1	7:29	0	7:44	0	7:59	0

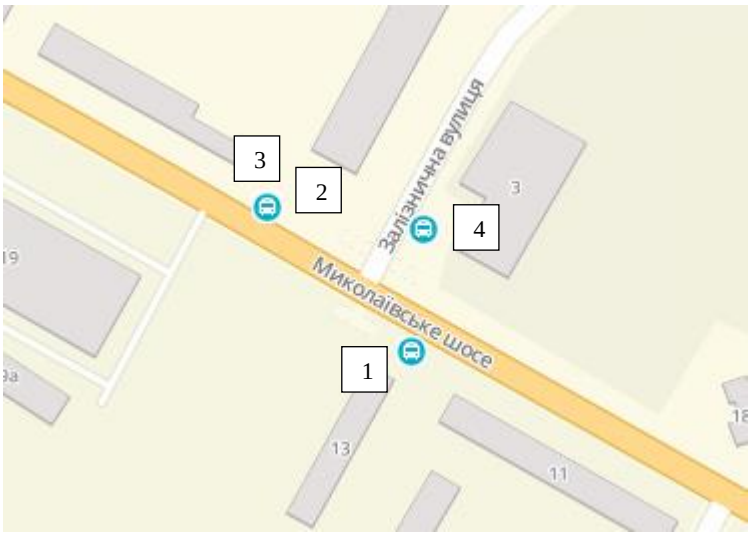


Рисунок В.7 – Схема ТПВ «вул. Залізнична» м. Херсон

Рисунок В.8 – Схема розташування «вул. Залізнична» м. Херсон (46.650216, 32.597849)

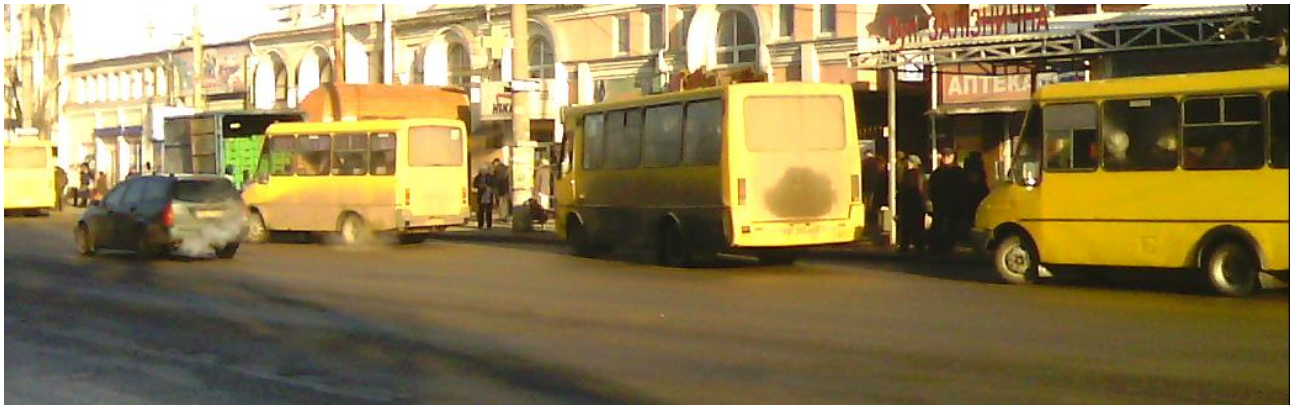


Рисунок В.9 – Зовнішній вид ЗП «вул. Залізнична» м. Херсон (46.650216, 32.597849)

Таблиця В.9 – Час переходу до ЗП «вул. Залізнична»

Номер ЗП ТПВ	Час переходу, хв
2	3,8
3	4
4	4

Таблиця В.10 – Характеристика маршрутів, що проходять через ЗП «вул. Залізнична» (ранкова година «пік»)

Номер	Сполучення	Час рейсу, хв	Модель ТЗ	Маркетинговий час очікування, хв
Тл 8	Нафтобаза – ТРЦ Фабрика	34	ЮМЗ Т2	5
Тл 9	м/н Шуменський – Річпорт	35	ЮМЗ Т2	7,5
Тл 11	Річпорт – селище Північне	26	ЗиУ-9	26,7
Тл 12	м/н Таврійський – ТРЦ Фабрика	43	ЗиУ-9	10,9
А2	с. Геологів – Річпорт	26	БАЗ-2215	20
А3	СПТУ №6 – м/н Острів	68	БАЗ-А079	10
А5	м/н Шуменський – с. Кіндійка	51	БАЗ-2215	2,9
А6	4-й Таврійський мікрорайон – готель Фрегат	25	БАЗ-2215	5,4
А9	Річпорт – 2-й Таврійський мікрорайон	27	БАЗ-А079	5,3
А10	с. Степанівка – Річпорт	35	БАЗ-А079	5,9
А14	Фабрика – вул. Іллюши Кулика – м/н 2-й Таврійський	34	БАЗ-А079	4,2
А20	вул. Генерала Алмазова – м/н Острів	41	БАЗ-2215	2,9
А26	вул. Генерала Алмазова – с. Текстильників	39	БАЗ-А079	10,4
А27	с. Степанівка – Поліклініка ХБК	38	БАЗ-А079	26,7
А28	Кладовище Геологів – Фабрика Красень	40	БАЗ-А079	23,4
А29	Нафтогавань – м/н Шуменський	48	БАЗ-2215	2,9
А47	2-й Таврійський мікрорайон – Забалка	30	БАЗ-А079	4,2
А48	ТЕЦ – м/н Шуменський	34	БАЗ-2215	7,5

Таблиця В.11 – Матриця розподілу пасажиропотоків між маршрутами в ЗП «вул. Залізнична» (ранкова година «пік»)

Варіант вибору маршруту	Питома вага вибору
Тл 8, Тл 12, А14, А26	0,14
А 5, А 27	0,03
А10, А20, А 29, А48	0,08
А 5, А 27, А47	0,06
Тл 12, А14	0,06
Тл 12, А6, А9	0,07
Тл 12, А9	0,06
А5, А2	0,03
А2, Тл 9,	0,03
Тл 11, Тл 12	0,04
Тл 8	0,07
Тл 9	0,04
Тл 11	0,01
Тл 12	0,03
А2	0,01
А3	0,01
А5	0,03
А6	0,01
А9	0,03
А10	0,02
А14	0,03
А20	0,02
А26	0,01
А27	0,01
А28	0,01
А29	0,02
А47	0,03
А48	0,01

Таблиця В.12 – Інтенсивність формування обсягу відправлення з ЗП «вул. Залізнична» (ранкова година «пік»)

Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.
7:00	0	7:15	0	7:30	7	7:45	0
7:01	1	7:16	10	7:31	0	7:46	1
7:02	0	7:17	1	7:32	11	7:47	12
7:03	5	7:18	2	7:33	0	7:48	0
7:04	0	7:19	0	7:34	8	7:49	10
7:05	0	7:20	3	7:35	0	7:50	2
7:06	0	7:21	0	7:36	1	7:51	7
7:07	6	7:22	0	7:37	5	7:52	0
7:08	1	7:23	8	7:38	0	7:53	0
7:09	9	7:24	0	7:39	0	7:54	9
7:10	0	7:25	0	7:40	0	7:55	0
7:11	0	7:26	5	7:41	6	7:56	3
7:12	10	7:27	0	7:42	0	7:57	0
7:13	0	7:28	0	7:43	6	7:58	0
7:14	2	7:29	2	7:44	0	7:59	2

Рисунок В.10 – Схема ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна» м. Харків

Рисунок В.11 – Схема розташування ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №1-5 м. Харків (49.981289, 36.242139) напрямок – від центра міста

Рисунок В.12 – Зовнішній вид ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №1-5 м. Харків (49.981289, 36.242139) напрямок – від центра міста

Таблиця В.13 – Час переходу до ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №1-5

Номер ЗП ТПВ	Час переходу, хв
6	5,1
7	4,2

Таблиця В.14 – Характеристика маршрутів, що проходять через ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №1-5

ЗП	Номер	Сполучення	Час рейсу, хв	Модель ТЗ	Маркетинговий час очікування, хв
1	А 119е	пр. Перемоги – Аеропорт	61	БАЗ-А079	7,5
1	А 147е	вул. Університетська – м/н Горизонт	63	БАЗ-А079	6
1	А 218е	майдан Конституції – вул. В. Василевської	40	БАЗ-А079	6
1	А 246е	Південний вокзал – Жихор	49	Рута-25	9
1	А 304е	майдан Сергіївський – станція Рогань	68	MAN A12	10
1	А 305е	пр. Перемоги – ТЦ Епіцентр	63	ЗАЗ-А07А	17,5
1	Тл 3	вул. Університетська – вул. 12 квітня	62	ЛАЗ-Е183	3
1	Тл 5	вул. Університетська – Аеропорт	37	Škoda 14Tr	6
1	Тл 6	вул. Університетська – станція Основа	36	ЗИУ-682	9
2	А 115е	ст. м. пр. Гагаріна – вул. Нестерова	25	Богдан-А092	3,5
3	А 79е	ст. м. пр. Гагаріна – станція Основа	25	БАЗ-А079	4,5
4	А 5е	ст. м. пр. Гагаріна – вул. Миру	44	БАЗ-А079	3,5
5	А 68е	ст. м. пр. Гагаріна – вул. Колекторна	39	БАЗ-А079	20

Таблиця В.15 – Матриця розподілу пасажиропотоків між маршрутами в ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №1-5 (вечірня година «пік»)

Варіант вибору маршруту	Питома вага вибору
А 119е, А 147е, А 218е, А 246е, А 304е, А 305е, Тл 3, Тл 5, Тл 6, А 115е, А 79е, А 5е, А 68е	0,05
А 147е, А 304е, А 5е, Тл 3	0,14
А 119е, Тл 5, А 115е	0,08
Тл 6, А 79е	0,05
А 68е, А 218е, А 246е	0,03
Тл 3, Тл 5, Тл 6	0,15
А 119е, А 147е, А 218е, А 246е, А 304е, А 305е, Тл 3, Тл 5, Тл 6	0,19
А 119е	0,01
А 147е	0,02
А 218е	0,02
А 246е	0,01
А 304е	0,01
А 305е	0,01
Тл 3	0,07
Тл 5	0,04
Тл 6	0,03
А 115е	0,03
А 79е	0,02
А 5е	0,03
А 68е	0,01

Таблиця В.16 – Інтенсивність формування обсягу відправлення з ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №1-5 (вечірня година «пік»)

Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.
1	7:00	0	7:15	0	7:30	0	7:45
2	7:01	82	7:16	0	7:31	82	7:46
3	7:02	0	7:17	92	7:32	3	7:47
4	7:03	81	7:18	0	7:33	0	7:48
5	7:04	0	7:19	0	7:34	78	7:49
6	7:05	84	7:20	92	7:35	5	7:50
7	7:06	0	7:21	5	7:36	0	7:51
8	7:07	86	7:22	0	7:37	92	7:52
9	7:08	4	7:23	73	7:38	0	7:53
10	7:09	85	7:24	3	7:39	6	7:54
11	7:10	0	7:25	0	7:40	85	7:55
12	7:11	0	7:26	89	7:41	0	7:56
13	7:12	85	7:27	0	7:42	0	7:57
14	7:13	5	7:28	92	7:43	87	7:58
15	7:14	73	7:29	0	7:44	0	7:59

Рисунок В.13 – Схема розташування ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №6 м. Харків (49.982096, 36.240981) напрямок – до центра міста

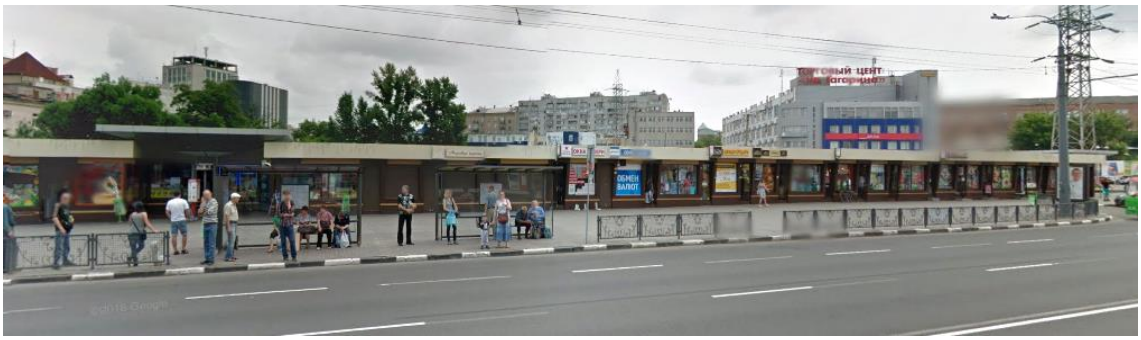


Рисунок В.14 – Зовнішній вид ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №6 м. Харків (49.982096, 36.240981) напрямок – до центра міста

Таблиця В.17 – Час переходу до ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №6

Номер ЗП ТПВ	Час переходу, хв
1	5,1
2	5,4
3	5,4
4	5,4
5	5,4
7	5,6
Метрополітен	3,5

Таблиця В.18 – Характеристика маршрутів, що проходять через ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №6

Номер	Сполучення	Час рейсу, хв	Модель ТЗ	Маркетинговий час очікування, хв
А5е	ст. м. Проспект Гагаріна – вул. Миру	44	БАЗ-А079	3,5
А68е	ст. м. Проспект Гагаріна – вул. Колекторна	39	БАЗ-А079	20
А79е	ст. м. Проспект Гагаріна – станція Основа	25	БАЗ-А079	4,5
А115е	ст. м. Проспект Гагаріна – вул. Нестерова	25	Богдан-А092	3,5
А123е	ст. м. Проспект Гагаріна – Комсомольське озеро	44	БАЗ-А079	12,5

Рисунок В.15 – Схема розташування ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №7 м. Харків (49.982138, 36.241097) напрямок – до центра міста

Рисунок В.16 – Зовнішній вид ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №7 м. Харків (49.982138, 36.241097) напрямок – до центра міста

Таблиця В.19 – Час переходу до ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №7

Номер ЗП ТПВ	Час переходу, хв
1	4,1
2	4,1
3	4,1
4	4,1
5	4,1
6	4,1
Метрополітен	3,2

Таблиця В.20 – Характеристика маршрутів, що проходять через ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №7

Номер	Сполучення	Час рейсу, хв	Модель ТЗ	Маркетинговий час очікування, хв
Тл 3	вул. Університетська – вул. Дванадцятого квітня	62	ЛАЗ-Е183	3
Тл 5	вул. Університетська – Аеропорт	37	Škoda 14Tr	6
Тл 6	вул. Університетська – станція Основа	36	ЗИУ-682	9
А 119е	пр. Перемоги – Аеропорт	61	БАЗ-А079	7,5
А 147е	вул. Університетська – м/н Горизонт	63	БАЗ-А079	6
А 218е	майдан Конституції – вул. Ванди Василевської	40	БАЗ-А079	6
А 246е	Південний вокзал – Жихор	49	Рута-25	9
А 304е	майдан Сергіївський – станція Рогань	68	MAN A12	10
А 305е	пр. Перемоги – ТЦ «Епіцентр»	63	ЗАЗ-А07А	17,5

Таблиця В.21 – Матриця розподілу пасажиропотоків між маршрутами в ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №7 (ранкова година «пік»)

Варіант вибору маршруту	Питома вага вибору
Тл 3, Тл 5, Тл 6, А 119е, А 147е, А 218е, А 246е, А 304е, А 305е	0,1
А 147е, А 218е, А 246е, А 304е, А 305е	0,32
Тл 3, Тл 5, Тл 6	0,29
Тл 3	0,11
Тл 5	0,05
Тл 6	0,04
А 119е	0,02
А 147е	0,02
А 218е	0,02
А 246е	0,01
А 304е	0,01
А 305е	0,01

Таблиця В.22 – Інтенсивність формування обсягу відправлення з ЗП «ст. м. пр. Гагаріна» №7 (ранкова година «пік»)

Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.	Час	Обсяг, пас.
1	7:00	3	7:15	3	7:30	0	7:45
2	7:01	0	7:16	0	7:31	5	7:46
3	7:02	4	7:17	0	7:32	0	7:47
4	7:03	0	7:18	0	7:33	0	7:48
5	7:04	0	7:19	4	7:34	1	7:49
6	7:05	2	7:20	5	7:35	5	7:50
7	7:06	4	7:21	0	7:36	0	7:51
8	7:07	0	7:22	4	7:37	0	7:52
9	7:08	0	7:23	0	7:38	0	7:53
10	7:09	0	7:24	2	7:39	4	7:54
11	7:10	6	7:25	0	7:40	0	7:55
12	7:11	4	7:26	3	7:41	3	7:56
13	7:12	0	7:27	0	7:42	0	7:57
14	7:13	0	7:28	6	7:43	6	7:58
15	7:14	3	7:29	0	7:44	2	7:59

Додаток Г

Результати обстеження базових ЗП

Таблиця Г.1 – Результати натурних спостережень у ЗП «ст. м. Героїв Праці» (2.10.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А 17е	7:00:18	73	0,96	7	13	22	18	2,5	4,7	119	48	0	167	ні	ні	1,1
А 240е	7:02:24	33	0,75	2	6	17	15	2,7	6,1	74	0	0	74	ні	ні	0,82
А 152е	7:03:43	121	0,36	7	0	25	20	2,9	5,5	65	0	0	65	ні	ні	0,36
А 215е	7:05:44	75	1,01	2	10	19	21	2,7	4,6	91	109	0	200	ні	ні	1,12
А 55е	7:07:34	39	0,71	5	4	18	16	2,5	5,4	68	0	0	68	ні	ні	0,75
А 247е	7:09:34	74	0,9	5	5	18	15	2,3	5,9	74	0	0	74	ні	ні	0,95
А 263е	7:11:00	171	0,77	10	11	19	16	2,9	5,9	129	0	0	129	ні	ні	1,01
А 268е	7:13:01	26	0,83	21	0	18	16	3	4,5	97	0	0	97	ні	ні	0,67
А 271е	7:13:19	32	0,91	4	6	18	15	2,6	5,7	78	0	0	78	ні	ні	0,8
А 240е	7:13:33	26	0,94	4	5	20	15	2,9	5,6	75	119	0	194	ні	ні	0,97
А 152е	7:21:32	133	0,39	8	0	18	15	2,7	5,1	55	0	0	55	ні	ні	0,39
А 17е	7:23:49	60	0,9	0	19	18	17	2,5	5,5	140	103	0	243	ні	ні	1,11
А 55е	7:23:49	76	0,59	1	5	21	17	2,3	6,5	73	47	0	120	ні	ні	0,64
А 240е	7:24:35	16	0,74	1	8	18	18	3	5,2	81	0	0	81	ні	ні	0,83
А 271е	7:26:03	23	0,88	2	8	20	14	2,7	6,1	88	0	15	103	ні	так	0,79
А 263е	7:26:33	98	0,81	2	10	18	15	2,8	6,7	106	95	0	201	ні	ні	1,05
А 247е	7:27:06	61	0,84	2	11	24	15	2,7	5,4	104	113	0	217	ні	ні	1,11
А 268е	7:28:09	45	0,82	20	0	20	16	2,9	4,6	94	0	75	169	ні	так	0,65
А 240е	7:35:27	23	0,84	5	6	23	16	2,9	5,3	85	0	0	85	ні	ні	0,99
А 271е	7:38:38	38	0,86	2	5	19	20	2,9	5,5	72	0	82	154	ні	так	1,16
А 152е	7:39:33	176	0,48	6	0	19	17	2,6	5,1	52	0	0	52	ні	ні	0,48
А 55е	7:40:41	40	0,8	2	2	20	20	2,4	6,1	57	90	0	147	ні	ні	0,88
А 263е	7:40:53	98	0,87	1	18	25	15	3	6	151	0	0	151	ні	ні	1,59
А 268е	7:43:36	39	0,78	20	0	20	15	3,2	5,1	99	0	0	99	ні	ні	0,78
А 247е	7:44:25	76	0,8	3	10	21	16	2,2	5,7	101	100	0	201	ні	ні	1,2
А 240е	7:46:26	19	0,89	3	3	23	14	2,8	5,3	61	0	152	213	ні	так	1,01
А 17е	7:47:07	35	1,02	1	19	18	18	2,4	4,8	130	0	0	130	ні	ні	1,78
А 271е	7:51:12	31	0,82	4	4	18	16	2,6	6	34	0	0	34	ні	ні	0,88
А 263е	7:55:13	86	0,91	7	10	19	17	3,2	4,9	107	0	108	215	ні	так	1,31
А 55е	7:56:57	37	0,78	0	6	17	17	2,7	5,1	65	0	0	65	ні	ні	0,93
А 240е	7:57:21	19	0,98	0	5	18	21	2,6	5,9	69	0	0	69	ні	ні	1,1
А 152е	7:58:17	202	0,51	8	0	18	17	2,7	5,3	57	0	0	57	ні	ні	0,51
А 268е	7:58:57	37	0,82	19	0	23	18	2,8	5,5	94	0	0	94	ні	ні	0,72

Таблиця Г.2 – Результати натурних спостережень у ЗП «ст. м. Героїв Праці» (3.10.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А 247е	7:01:45	93	0,86	3	6	18	17	2,3	5,7	76	0	0	76	ні	ні	0,98
А 17е	7:02:15	45	0,96	9	9	19	18	2,5	4,7	102	83	0	185	ні	ні	1,08
А 152е	7:04:34	147	0,43	7	0	26	15	2,7	5	60	0	0	60	ні	ні	0,43
А 215е	7:05:22	48	0,95	8	0	18	20	2,7	5,2	60	0	0	60	ні	ні	0,93
А 240е	7:06:56	40	0,83	2	7	19	15	2,7	5,6	79	70	0	149	ні	ні	0,91
А 55е	7:08:13	62	0,8	1	4	19	22	2,4	5,2	64	0	0	64	ні	ні	0,84
А 263е	7:10:33	139	0,68	6	10	18	20	3	5,7	113	0	0	113	ні	ні	0,74
А 268е	7:12:45	40	0,82	21	0	25	18	2,9	4,7	104	0	0	104	ні	ні	0,84
А 271е	7:13:54	24	0,85	2	5	19	17	2,8	6,1	72	91	0	163	ні	ні	1,04
А 240е	7:18:12	17	0,87	4	8	18	18	2,6	5,5	90	0	0	90	ні	ні	0,96
А 247е	7:19:44	54	0,78	3	11	18	17	2,2	5,8	105	0	0	105	ні	ні	0,9
А 152е	7:22:49	254	0,41	6	0	19	15	2,7	5,8	50	0	0	50	ні	ні	0,25
А 55е	7:24:51	42	0,86	0	4	23	20	2,3	5,4	65	0	0	65	ні	ні	0,9
А 17е	7:25:18	44	0,95	3	12	19	14	2,5	5,7	109	0	0	109	ні	ні	1,08
А 263е	7:25:34	79	0,74	0	18	23	14	2,8	5,6	138	82	24	244	ні	так	1,08
А 271е	7:26:27	49	0,84	3	2	19	17	2,8	5,5	55	102	42	199	ні	так	0,89
А 268е	7:28:12	29	0,81	21	0	25	15	2,9	5,4	101	0	88	189	ні	так	0,81
А 240е	7:29:05	27	0,9	3	5	19	20	2,6	5,9	76	72	35	183	ні	так	1,02
А 247е	7:36:53	43	0,8	5	7	23	17	2,3	5,2	88	111	0	199	ні	ні	0,87
А 271е	7:39:28	34	0,8	3	4	21	15	2,6	6,3	69	0	0	69	ні	ні	0,94
А 263е	7:39:35	82	0,72	2	16	21	17	2,9	5,5	132	0	39	171	ні	так	1,36
А 240е	7:40:08	24	0,94	0	6	23	16	2,6	5,3	71	86	6	163	ні	так	1,15
А 55е	7:41:03	57	0,95	0	5	21	20	2,7	5,2	67	95	85	247	ні	так	1,31
А 152е	7:42:51	134	0,46	7	0	19	16	2,7	4,9	54	0	2	56	ні	так	0,46
А 268е	7:43:19	23	0,81	17	0	19	17	2,9	4,8	85	0	30	115	ні	так	0,85
А 17е	7:48:20	61	0,93	6	12	21	19	2,5	4,7	111	31	0	142	ні	ні	1,37
А 240е	7:51:08	21	0,85	0	9	19	16	2,6	5,3	83	105	0	188	ні	ні	1,04
А 271е	7:52:12	38	0,8	3	3	21	16	2,6	5,6	62	49	0	111	ні	ні	0,88
А 247е	7:53:54	68	0,75	6	5	19	15	2,3	5,9	77	69	11	157	ні	так	0,95
А 263е	7:54:48	79	0,74	3	14	21	17	3,2	5,2	120	0	0	120	ні	ні	1,1
А 55е	7:58:06	58	0,77	1	4	20	16	2,9	5,2	60	34	0	94	ні	ні	0,87
А 268е	7:58:24	38	0,81	20	0	18	18	3,2	4,8	100	0	0	100	ні	ні	0,79
А 247е	7:01:45	93	0,86	3	6	18	17	2,3	5,7	76	0	0	76	ні	ні	0,98

Таблиця Г.3 – Результати натурних спостережень у ЗП «ст. м. Героїв Праці» (4.10.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А 17е	7:01:05	45	0,94	4	14	19	18	2,5	4,7	113	67	0	180	ні	ні	1,13
А 152е	7:02:24	147	0,43	7	0	26	15	2,7	5	60	0	0	60	ні	ні	0,43
А 55е	7:03:13	62	0,65	0	5	19	22	2,4	5,2	67	40	13	120	ні	так	0,85
А 215е	7:05:22	70	0,97	2	6	18	20	2,7	5,2	75	0	0	75	ні	ні	1
А 240е	7:07:46	40	0,83	4	5	19	15	2,7	5,6	73	0	0	73	ні	ні	0,88
А 247е	7:09:35	92	0,82	0	9	18	17	2,3	5,7	86	41	0	127	ні	ні	1,01
А 263е	7:10:33	139	0,63	8	8	18	20	3	5,7	108	91	0	199	ні	ні	0,72
А 268е	7:11:35	36	0,84	10	11	25	18	2,9	4,7	124	42	9	175	ні	так	0,96
А 271е	7:13:34	19	0,85	7	0	19	17	2,8	6,1	56	0	20	76	ні	так	0,99
А 240е	7:19:02	17	0,87	5	7	18	18	2,6	5,5	88	0	0	88	ні	ні	0,95
А 55е	7:19:51	47	0,86	2	2	23	20	2,3	5,4	58	119	0	177	ні	ні	0,88
А 152е	7:20:39	254	0,31	6	0	19	15	2,7	5,8	50	0	0	50	ні	ні	0,25
А 17е	7:24:08	44	0,95	0	15	19	14	2,5	5,7	119	0	0	119	ні	ні	1,11
А 263е	7:25:34	73	0,74	7	11	23	14	2,8	5,6	118	90	0	208	ні	ні	1
А 271е	7:26:07	49	0,81	1	4	19	17	2,8	5,5	61	55	2	118	ні	так	0,88
А 268е	7:27:02	31	0,77	21	0	25	15	2,9	5,4	101	0	65	166	ні	так	0,81
А 247е	7:27:34	59	0,78	7	7	18	17	2,2	5,8	91	0	33	124	ні	так	0,95
А 240е	7:29:55	27	0,9	1	7	19	20	2,6	5,9	83	97	0	180	ні	ні	1,07
А 55е	7:36:03	87	0,99	1	4	21	20	2,7	5,2	65	0	0	65	ні	ні	1,21
А 271е	7:39:08	32	0,84	0	7	21	15	2,6	6,3	80	0	0	80	ні	ні	1,01
А 263е	7:39:35	94	0,72	9	9	21	17	2,9	5,5	114	0	0	114	ні	ні	1,08
А 152е	7:40:41	134	0,46	7	0	19	16	2,7	4,9	54	0	0	54	ні	ні	0,46
А 240е	7:40:58	24	0,91	0	6	23	16	2,6	5,3	71	43	33	147	ні	так	1,15
А 268е	7:42:09	23	0,85	17	0	19	17	2,9	4,8	85	0	0	85	ні	ні	0,85
А 247е	7:44:43	43	0,7	1	11	23	17	2,3	5,2	100	0	0	100	ні	ні	1,14
А 17е	7:47:10	61	0,89	8	10	21	19	2,5	4,7	107	118	0	225	ні	ні	1,29
А 271е	7:51:52	30	0,81	0	6	21	16	2,6	5,6	71	31	0	102	ні	ні	1
А 240е	7:51:58	21	0,75	5	4	19	16	2,6	5,3	69	51	0	120	ні	ні	0,84
А 55е	7:53:06	55	0,77	3	2	20	16	2,9	5,2	55	0	30	85	ні	так	0,85
А 263е	7:54:48	79	0,75	5	12	21	17	3,2	5,2	116	0	0	116	ні	ні	1,05
А 268е	7:57:14	34	0,82	20	0	18	18	3,2	4,8	100	0	0	100	ні	ні	0,79
А 152е	7:58:43	120	0,47	8	0	20	15	2,6	5,5	56	0	0	56	ні	ні	0,47
А 17е	7:01:05	45	0,94	4	14	19	18	2,5	4,7	113	67	0	180	ні	ні	1,13

Таблиця Г.4 – Результати натурних спостережень у ЗП «ст. м. Героїв Праці» (5.10.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А 55е	7:00:23	62	0,65	0	5	19	22	2,4	5,2	67	0	0	67	ні	ні	0,85
А 17е	7:01:45	45	0,98	2	16	19	18	2,5	4,7	117	70	0	187	ні	ні	1,15
А 215е	7:03:22	52	0,95	2	6	18	20	2,7	5,2	75	54	0	129	ні	ні	1
А 152е	7:05:14	147	0,43	7	0	26	15	2,7	5	60	0	0	60	ні	ні	0,43
А 247е	7:07:45	101	0,82	4	5	18	17	2,3	5,7	73	0	0	73	ні	ні	0,96
А 240е	7:08:06	40	0,83	5	4	19	15	2,7	5,6	70	0	0	70	ні	ні	0,87
А 263е	7:10:03	109	0,69	5	11	18	20	3	5,7	116	34	0	150	ні	ні	0,75
А 268е	7:11:15	34	0,84	21	0	25	18	2,9	4,7	104	0	0	104	ні	ні	0,84
А 271е	7:14:04	21	0,88	4	3	19	17	2,8	6,1	66	0	0	66	ні	ні	1,02
А 55е	7:17:01	45	0,86	2	2	23	20	2,3	5,4	58	0	0	58	ні	ні	0,88
А 240е	7:19:22	17	0,87	0	12	18	18	2,6	5,5	102	0	0	102	ні	ні	1
А 152е	7:23:29	254	0,42	6	0	19	15	2,7	5,8	50	0	0	50	ні	ні	0,25
А 17е	7:24:48	44	0,95	1	14	19	14	2,5	5,7	115	0	0	115	ні	ні	1,1
А 263е	7:25:04	79	0,78	6	12	23	14	2,8	5,6	121	0	0	121	ні	ні	1,01
А 247е	7:25:44	51	0,78	2	12	18	17	2,2	5,8	109	78	61	248	ні	так	0,91
А 271е	7:26:37	49	0,84	3	2	19	17	2,8	5,5	55	91	8	154	ні	так	0,89
А 268е	7:26:42	25	0,87	21	0	25	15	2,9	5,4	101	0	3	104	ні	так	0,81
А 240е	7:30:15	27	0,9	0	8	19	20	2,6	5,9	86	0	0	86	ні	ні	1,1
А 55е	7:33:13	87	1,01	3	2	21	20	2,7	5,2	60	37	0	97	ні	ні	1,16
А 263е	7:39:05	84	0,73	4	14	21	17	2,9	5,5	127	0	0	127	ні	ні	1,06
А 271е	7:39:38	38	0,84	4	3	21	15	2,6	6,3	65	0	0	65	ні	ні	0,96
А 240е	7:41:18	24	0,93	0	6	23	16	2,6	5,3	71	0	0	71	ні	ні	1,15
А 268е	7:41:49	31	0,85	17	0	19	17	2,9	4,8	85	0	0	85	ні	ні	0,85
А 247е	7:42:53	43	0,7	6	6	23	17	2,3	5,2	85	80	0	165	ні	ні	0,94
А 152е	7:43:31	134	0,46	7	0	19	16	2,7	4,9	54	0	0	54	ні	ні	0,46
А 17е	7:47:50	61	0,94	5	13	21	19	2,5	4,7	114	69	0	183	ні	ні	1,41
А 55е	7:50:16	70	0,77	1	4	20	16	2,9	5,2	60	95	0	155	ні	ні	0,93
А 240е	7:52:18	21	0,79	5	4	19	16	2,6	5,3	69	56	0	125	ні	ні	0,84
А 271е	7:52:22	40	0,76	3	3	21	16	2,6	5,6	62	0	31	93	ні	так	0,88
А 263е	7:54:18	74	0,75	0	17	21	17	3,2	5,2	126	0	0	126	ні	ні	1,18
А 268е	7:56:54	38	0,79	20	0	18	18	3,2	4,8	100	0	0	100	ні	ні	0,79
А 247е	7:59:54	60	0,75	1	10	19	15	2,3	5,9	95	0	0	95	ні	ні	0,99
А 55е	7:00:23	62	0,65	0	5	19	22	2,4	5,2	67	0	0	67	ні	ні	0,85

Таблиця Г.5 – Результати натурних спостережень у ЗП «ст. м. Героїв Праці» (6.10.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А 17е	7:00:05	45	0,98	8	10	19	18	2,5	4,7	104	0	0	104	ні	ні	1,09
А 55е	7:01:13	62	0,8	0	5	19	22	2,4	5,2	67	102	0	169	ні	ні	0,85
А 152е	7:02:14	147	0,43	7	0	26	15	2,7	5	60	0	0	60	ні	ні	0,43
А 215е	7:03:22	63	0,93	1	7	18	20	2,7	5,2	77	108	0	185	ні	ні	1,01
А 247е	7:05:25	98	0,86	0	9	18	17	2,3	5,7	86	0	0	86	ні	ні	1,01
А 263е	7:07:13	114	0,8	7	9	18	20	3	5,7	110	0	0	110	ні	ні	0,73
А 240е	7:08:06	40	0,83	0	9	19	15	2,7	5,6	84	0	0	84	ні	ні	0,93
А 268е	7:10:15	45	0,82	21	0	25	18	2,9	4,7	104	0	0	104	ні	ні	0,84
А 271е	7:12:04	21	0,81	4	3	19	17	2,8	6,1	66	0	0	66	ні	ні	1,02
А 55е	7:17:51	48	0,86	1	3	23	20	2,3	5,4	62	36	0	98	ні	ні	0,89
А 240е	7:19:22	17	0,87	1	11	18	18	2,6	5,5	99	37	0	136	ні	ні	0,99
А 152е	7:20:29	254	0,39	6	0	19	15	2,7	5,8	50	0	0	50	ні	ні	0,25
А 263е	7:22:14	79	0,83	6	12	23	14	2,8	5,6	121	75	0	196	ні	ні	1,01
А 17е	7:22:58	44	0,93	7	8	19	14	2,5	5,7	96	0	0	96	ні	ні	1,04
А 247е	7:23:24	54	0,78	4	10	18	17	2,2	5,8	102	0	72	174	ні	так	0,89
А 271е	7:24:37	49	0,85	1	4	19	17	2,8	5,5	61	39	55	155	ні	так	0,94
А 268е	7:25:42	27	0,81	21	0	25	15	2,9	5,4	101	0	38	139	ні	так	0,81
А 240е	7:30:15	27	0,9	1	7	19	20	2,6	5,9	83	45	0	128	ні	ні	1,07
А 55е	7:34:03	56	0,97	3	2	21	20	2,7	5,2	60	0	0	60	ні	ні	1,16
А 263е	7:36:15	85	0,75	8	10	21	17	2,9	5,5	116	74	0	190	ні	ні	0,96
А 271е	7:37:38	38	0,84	3	4	21	15	2,6	6,3	69	74	0	143	ні	ні	1
А 152е	7:40:31	134	0,46	7	0	19	16	2,7	4,9	54	0	0	54	ні	ні	0,46
А 247е	7:40:33	43	0,8	0	12	23	17	2,3	5,2	102	0	0	102	ні	ні	1,18
А 268е	7:40:49	31	0,85	17	0	19	17	2,9	4,8	85	0	38	123	ні	так	0,85
А 240е	7:41:18	24	0,81	0	6	23	16	2,6	5,3	71	0	9	80	ні	так	1,15
А 17е	7:46:00	61	0,91	2	16	21	19	2,5	4,7	120	89	0	209	ні	ні	1,53
А 271е	7:50:22	33	0,79	0	6	21	16	2,6	5,6	34	92	0	126	ні	ні	1
А 55е	7:51:06	53	0,77	0	5	20	16	2,9	5,2	62	0	0	62	ні	ні	0,97
А 263е	7:51:28	79	0,74	2	15	21	17	3,2	5,2	122	93	42	257	ні	так	1,36
А 240е	7:52:18	21	0,78	3	6	19	16	2,6	5,3	75	0	12	87	ні	так	0,83
А 268е	7:55:54	33	0,79	20	0	18	18	3,2	4,8	100	0	0	100	ні	ні	0,79
А 247е	7:57:34	60	0,75	5	6	19	15	2,3	5,9	81	66	0	147	ні	ні	0,9
А 152е	7:58:33	120	0,47	8	0	20	15	2,6	5,5	56	0	0	56	ні	ні	0,47

Таблиця Г.6 – Результати натурних спостережень у ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» (11.09.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А 307	7:00:07	20	0	0	6	13	10	0	5,8	58	101	0	159	ні	ні	0,07
А 286	7:02:04	30	0	0	10	16	11	0	5,5	82	0	0	82	ні	ні	0,11
А 205	7:02:12	31	0	0	7	12	10	0	5,6	61	0	0	61	так	ні	0,08
А 269	7:02:32	25	0	0	8	12	12	0	5,8	70	0	43	113	ні	так	0,09
А 209	7:03:35	28	0	0	6	13	11	0	5,9	59	0	0	59	ні	ні	0,07
А 305	7:05:12	36	0	0	8	14	10	0	5,5	68	0	0	68	ні	ні	0,09
А 286	7:08:24	38	0	0	7	12	12	0	6	66	131	0	197	ні	ні	0,08
А 205	7:08:33	17	0	0	11	13	10	0	5,9	88	93	0	181	ні	ні	0,12
А 307	7:09:07	23	0	0	6	14	11	0	6	61	38	0	99	так	ні	0,07
А 209	7:11:03	21	0	0	3	15	11	0	5,9	44	143	0	187	так	ні	0,03
А 305	7:13:28	34	0	0	6	12	10	0	5,8	57	143	0	200	ні	ні	0,07
А 205	7:14:40	32	0	0	6	13	10	0	5,8	58	54	0	112	ні	ні	0,07
А 286	7:14:52	29	0	0	7	13	12	0	5,7	65	74	0	139	так	ні	0,08
А 307	7:18:10	20	0	0	7	13	12	0	5,6	64	40	0	104	ні	ні	0,08
А 209	7:18:24	19	0	0	4	16	15	0	6,8	58	107	0	165	ні	ні	0,04
А 205	7:21:02	31	0	0	6	14	12	0	5,7	60	94	0	154	ні	ні	0,15
А 286	7:21:11	27	0	0	4	12	11	0	5,6	45	0	0	45	ні	ні	0,1
А 305	7:21:42	23	0	0	7	12	12	0	5,7	64	128	0	192	так	ні	0,17
А 269	7:22:57	21	0	0	9	12	13	0	5,4	74	86	0	160	так	ні	0,22
А 209	7:25:43	21	0	0	1	12	11	0	5,9	29	0	0	29	ні	ні	0,02
А 307	7:27:10	29	0	0	8	12	11	0	5,7	69	100	0	169	ні	ні	0,32
А 205	7:27:23	28	0	0	9	12	15	0	5,9	80	89	0	169	ні	ні	0,36
А 286	7:27:28	25	0	0	6	14	13	0	6,2	64	93	0	157	так	ні	0,24
А 305	7:29:45	33	0	0	7	12	11	0	6	65	47	22	134	ні	так	0,28
А 209	7:33:04	29	0	0	5	14	10	0	5,4	51	85	0	136	ні	ні	0,2
А 205	7:33:41	39	0	0	6	13	11	0	6	60	58	0	118	ні	ні	0,24
А 286	7:33:43	31	0	0	8	12	10	0	5,6	67	150	0	217	так	ні	0,32
А 307	7:36:19	21	0	0	5	12	10	0	6	52	110	0	162	ні	ні	0,2
А 305	7:37:58	23	0	0	12	15	12	0	6,4	104	135	0	239	ні	ні	0,48
А 286	7:40:04	29	0	0	9	13	10	0	6,1	78	143	0	221	ні	ні	0,22
А 205	7:40:10	38	0	0	12	16	15	0	5,6	98	0	0	98	так	ні	0,29
А 209	7:40:33	17	0	0	5	12	12	0	5,4	51	35	86	172	ні	так	0,12
А 269	7:43:18	18	0	0	7	14	12	0	5,9	67	55	0	122	так	ні	0,17
А 307	7:45:20	31	0	0	8	12	12	0	5,4	67	0	0	67	ні	ні	0,2
А 305	7:46:01	33	0	0	7	12	10	0	6,1	65	0	0	65	ні	ні	0,17
А 286	7:46:23	19	0	0	10	13	11	0	5,4	78	140	0	218	так	ні	0,24
А 205	7:46:38	25	0	0	8	16	11	0	6,1	76	129	0	205	так	ні	0,2
А 209	7:47:50	25	0	0	4	13	10	0	5,9	47	31	0	78	так	ні	0,1
А 286	7:52:32	27	0	0	10	13	13	0	5,6	82	0	0	82	ні	ні	0,24
А 205	7:52:53	34	0	0	7	12	12	0	5,6	63	132	0	195	ні	ні	0,17
А 305	7:54:14	27	0	0	6	17	11	0	5,4	60	144	0	204	ні	ні	0,15
А 307	7:54:31	32	0	0	4	14	12	0	6,1	50	100	0	150	так	ні	0,1
А 209	7:55:15	37	0	0	6	12	11	0	5,6	57	77	108	242	ні	так	0,15
А 286	7:58:49	23	0	0	10	15	12	0	5,5	82	143	0	225	ні	ні	0,24
А 205	7:59:17	19	0	0	8	14	12	0	5,4	69	0	0	69	так	ні	0,2

Таблиця Г.7 – Результати натурних спостережень у ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» (12.09.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А 286	7:00:07	24	0	0	6	13	12	0	5,5	58	103	0	161	ні	ні	0,07
А 205	7:01:01	28	0	0	7	13	15	0	5,7	68	0	0	68	ні	ні	0,08
А 307	7:01:52	23	0	0	7	18	10	0	5,6	67	119	0	186	так	ні	0,08
А 209	7:02:38	40	0	0	6	13	10	0	5,9	58	63	0	121	так	ні	0,07
А 269	7:03:56	23	0	0	6	12	13	0	6	61	0	0	61	так	ні	0,07
А 305	7:05:07	37	0	0	5	12	11	0	5,9	53	30	0	83	ні	ні	0,05
А 286	7:06:21	23	0	0	3	13	9	0	6,5	42	93	0	135	ні	ні	0,03
А 205	7:07:19	16	0	0	6	16	13	0	5,9	64	120	0	184	ні	ні	0,07
А 209	7:10:18	17	0	0	9	12	12	0	5,8	76	0	0	76	ні	ні	0,1
А 307	7:10:55	40	0	0	6	13	10	0	6,4	61	0	0	61	ні	ні	0,07
А 286	7:12:34	32	0	0	6	14	13	0	5,5	60	105	0	165	ні	ні	0,07
А 305	7:13:24	19	0	0	10	12	11	0	6	83	0	0	83	ні	ні	0,11
А 205	7:13:25	39	0	0	7	14	13	0	5,7	67	75	0	142	так	ні	0,08
А 209	7:17:35	27	0	0	5	12	13	0	6,2	56	71	0	127	ні	ні	0,05
А 286	7:18:56	29	0	0	4	14	11	0	6,3	50	102	0	152	ні	ні	0,04
А 205	7:19:54	38	0	0	7	13	10	0	5,7	63	88	0	151	ні	ні	0,17
А 307	7:20:15	21	0	0	7	13	11	0	5,5	63	107	0	170	так	ні	0,17
А 305	7:21:23	16	0	0	8	15	11	0	5,4	69	0	64	133	ні	так	0,2
А 269	7:24:19	24	0	0	6	14	10	0	6,4	62	79	0	141	ні	ні	0,15
А 209	7:25:02	24	0	0	3	16	11	0	5,6	44	58	0	102	ні	ні	0,07
А 286	7:25:15	39	0	0	9	14	11	0	5,9	78	0	0	78	так	ні	0,36
А 205	7:26:22	17	0	0	8	12	11	0	6	71	43	20	134	ні	так	0,32
А 307	7:29:16	19	0	0	8	13	10	0	6,1	72	115	0	187	ні	ні	0,32
А 305	7:29:19	22	0	0	7	13	10	0	6,1	66	91	0	157	ні	ні	0,28
А 286	7:31:44	35	0	0	10	12	10	0	6,5	87	77	0	164	так	ні	0,4
А 209	7:32:26	21	0	0	6	13	11	0	5,6	58	0	0	58	ні	ні	0,24
А 205	7:32:29	39	0	0	10	12	13	0	6,2	87	119	0	206	так	ні	0,4
А 305	7:37:21	37	0	0	8	12	11	0	5,4	66	105	0	171	ні	ні	0,32
А 286	7:38:09	23	0	0	8	12	14	0	5,5	70	49	0	119	ні	ні	0,32
А 307	7:38:15	35	0	0	5	14	11	0	5,7	54	30	0	84	так	ні	0,12
А 205	7:38:58	19	0	0	8	12	13	0	5,9	72	0	72	144	ні	так	0,2
А 209	7:39:47	37	0	0	5	12	11	0	5,7	52	0	0	52	так	ні	0,12
А 286	7:44:22	23	0	0	9	12	10	0	6,7	82	0	0	82	ні	ні	0,22
А 269	7:44:43	25	0	0	7	12	10	0	5,5	61	41	0	102	ні	ні	0,17
А 205	7:45:07	34	0	0	11	12	11	0	5,7	86	0	0	86	так	ні	0,27
А 305	7:45:38	20	0	0	5	14	13	0	5,4	54	66	49	169	ні	так	0,12
А 209	7:47:24	39	0	0	2	13	11	0	5,5	35	0	0	35	ні	ні	0,05
А 307	7:47:30	19	0	0	4	16	14	0	5,8	53	59	0	112	так	ні	0,1
А 286	7:50:35	20	0	0	8	12	10	0	5,7	68	47	0	115	ні	ні	0,2
А 205	7:51:31	25	0	0	10	13	11	0	5,6	80	75	0	155	ні	ні	0,24
А 305	7:53:38	20	0	0	8	16	11	0	5,7	73	96	0	169	ні	ні	0,2
А 209	7:55:03	33	0	0	7	13	11	0	5,6	63	83	0	146	ні	ні	0,17
А 307	7:56:29	36	0	0	7	14	12	0	5,8	67	117	0	184	ні	ні	0,17
А 286	7:56:45	20	0	0	9	12	11	0	6,8	84	71	0	155	так	ні	0,22
А 205	7:57:46	28	0	0	9	13	11	0	5,5	74	38	0	112	так	ні	0,22

Таблиця Г.8 – Результати натурних спостережень у ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» (13.09.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А 286	7:00:07	24	0	0	6	13	12	0	5,5	58	0	0	58	ні	ні	0,07
А 205	7:01:01	28	0	0	7	13	15	0	5,7	68	113	0	181	ні	ні	0,08
А 307	7:01:52	23	0	0	7	18	10	0	5,6	67	0	0	67	ні	ні	0,08
А 209	7:02:38	40	0	0	6	13	10	0	5,9	58	0	0	58	так	ні	0,07
А 269	7:03:56	23	0	0	6	12	13	0	6	61	91	0	152	ні	ні	0,07
А 305	7:05:07	37	0	0	5	12	11	0	5,9	53	50	0	103	ні	ні	0,05
А 286	7:06:21	23	0	0	3	13	9	0	6,5	42	93	0	135	так	ні	0,03
А 205	7:07:19	16	0	0	6	16	13	0	5,9	64	87	0	151	ні	ні	0,07
А 209	7:10:18	17	0	0	9	12	12	0	5,8	76	110	0	186	ні	ні	0,1
А 307	7:10:55	40	0	0	6	13	10	0	6,4	61	0	0	61	ні	ні	0,07
А 286	7:12:34	32	0	0	6	14	13	0	5,5	60	111	0	171	ні	ні	0,07
А 305	7:13:24	19	0	0	10	12	11	0	6	83	0	0	83	так	ні	0,11
А 205	7:13:25	39	0	0	7	14	13	0	5,7	67	0	0	67	так	ні	0,08
А 209	7:17:35	27	0	0	5	12	13	0	6,2	56	0	0	56	ні	ні	0,05
А 286	7:18:56	29	0	0	4	14	11	0	6,3	50	42	0	92	ні	ні	0,04
А 205	7:19:54	38	0	0	7	13	10	0	5,7	63	41	0	104	ні	ні	0,17
А 307	7:20:15	21	0	0	7	13	11	0	5,5	63	31	0	94	так	ні	0,17
А 305	7:21:23	16	0	0	8	15	11	0	5,4	69	116	0	185	так	ні	0,2
А 269	7:24:19	24	0	0	6	14	10	0	6,4	62	60	0	122	ні	ні	0,15
А 209	7:25:02	24	0	0	3	16	11	0	5,6	44	60	0	104	ні	ні	0,07
А 286	7:25:15	39	0	0	9	14	11	0	5,9	78	0	0	78	так	ні	0,36
А 205	7:26:22	17	0	0	8	12	11	0	6	71	66	0	137	так	ні	0,32
А 307	7:29:16	19	0	0	8	13	10	0	6,1	72	0	0	72	ні	ні	0,32
А 305	7:29:19	22	0	0	7	13	10	0	6,1	66	35	0	101	ні	ні	0,28
А 286	7:31:44	35	0	0	10	12	10	0	6,5	87	94	0	181	ні	ні	0,4
А 209	7:32:26	21	0	0	6	13	11	0	5,6	58	76	0	134	ні	ні	0,24
А 205	7:32:29	39	0	0	10	12	13	0	6,2	87	0	0	87	так	ні	0,4
А 305	7:37:21	37	0	0	8	12	11	0	5,4	66	110	0	176	ні	ні	0,32
А 286	7:38:09	23	0	0	8	12	14	0	5,5	70	0	0	70	ні	ні	0,32
А 307	7:38:15	35	0	0	5	14	11	0	5,7	54	106	0	160	так	ні	0,12
А 205	7:38:58	19	0	0	8	12	13	0	5,9	72	0	81	153	ні	так	0,2
А 209	7:39:47	37	0	0	5	12	11	0	5,7	52	0	0	52	так	ні	0,12
А 286	7:44:22	23	0	0	9	12	10	0	6,7	82	42	0	124	ні	ні	0,22
А 269	7:44:43	25	0	0	7	12	10	0	5,5	61	0	0	61	ні	ні	0,17
А 205	7:45:07	34	0	0	11	12	11	0	5,7	86	38	0	124	так	ні	0,27
А 305	7:45:38	20	0	0	5	14	13	0	5,4	54	0	50	104	ні	так	0,12
А 209	7:47:24	39	0	0	2	13	11	0	5,5	35	49	0	84	ні	ні	0,05
А 307	7:47:30	19	0	0	4	16	14	0	5,8	53	0	0	53	ні	ні	0,1
А 286	7:50:35	20	0	0	8	12	10	0	5,7	68	69	0	137	ні	ні	0,2
А 205	7:51:31	25	0	0	10	13	11	0	5,6	80	42	0	122	ні	ні	0,24
А 305	7:53:38	20	0	0	8	16	11	0	5,7	73	0	0	73	ні	ні	0,2
А 209	7:55:03	33	0	0	7	13	11	0	5,6	63	90	0	153	ні	ні	0,17
А 307	7:56:29	36	0	0	7	14	12	0	5,8	67	113	0	180	ні	ні	0,17
А 286	7:56:45	20	0	0	9	12	11	0	6,8	84	61	0	145	так	ні	0,22
А 205	7:57:46	28	0	0	9	13	11	0	5,5	74	59	0	133	так	ні	0,22

Таблиця Г.9 – Результати натурних спостережень у ЗП «вул. Залізнична» (15.05.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
Тл 8	7:00:24	97	0,93	13	13	28	24	2	3,5	124	0	0	124	ні	ні	1,07
А2	7:03:35	49	0,62	4	3	16	19	3,2	5,9	66	91	0	157	ні	ні	0,45
А3	7:04:52	146	0,62	2	7	17	18	3,1	4,5	73	94	0	167	ні	ні	0,9
А5	7:04:55	56	0,76	2	14	17	20	3	6,5	134	0	0	134	так	ні	0,91
А6	7:05:39	54	0,8	5	4	16	20	3,1	5,8	75	73	92	240	ні	так	0,84
А9	7:06:07	54	0,72	2	7	16	21	3,3	4,8	77	0	64	141	ні	так	0,6
А10	7:06:39	20	0,65	3	3	15	19	3,2	4,6	57	94	0	151	так	ні	0,68
А14	7:07:09	65	0,76	2	1	17	20	3,4	4,9	49	48	123	220	ні	так	0,77
А20	7:07:22	22	0,71	4	5	15	18	3,4	5,7	75	48	110	233	ні	так	0,76
А26	7:08:20	24	0,78	1	10	19	20	3,4	6	102	62	52	216	ні	так	0,89
А27	7:08:26	24	0,82	0	3	15	21	3,6	5,1	51	66	46	163	ні	так	0,65
А28	7:09:07	43	0,62	3	11	16	19	3,5	4,6	96	0	0	96	так	ні	1,06
А29	7:09:36	23	0,8	6	7	16	19	3,5	5,4	94	35	101	230	ні	так	0,88
А47	7:10:18	55	0,68	5	7	17	18	3,3	5	87	45	59	191	ні	так	0,76
А48	7:10:39	20	0,61	1	6	18	20	3,3	5,3	73	68	38	179	ні	так	0,68
А5	7:12:31	65	0,9	5	9	15	20	3,1	6	105	69	60	234	ні	так	1,12
Тл 12	7:13:12	81	0,72	7	7	22	25	1,6	3,8	85	0	19	104	ні	так	0,74
Тл 8	7:13:41	122	0,79	2	17	21	25	1,7	4	117	0	0	117	так	ні	1,21
Тл 9	7:14:32	100	0,85	8	9	23	23	1,5	3,6	90	69	68	227	ні	так	0,84
А20	7:14:44	13	0,41	1	6	17	19	3,4	5,8	74	56	56	186	ні	так	0,56
А29	7:16:59	19	0,69	5	4	16	20	3,3	5,7	75	52	0	127	так	ні	0,85
А6	7:17:28	48	0,78	4	7	18	18	3,5	5,7	90	0	53	143	ні	так	0,76
А9	7:17:31	58	0,75	4	7	16	18	3	4,7	79	62	50	191	ні	так	0,84
А14	7:18:14	82	0,68	1	0	17	21	3,6	5	42	0	0	42	так	ні	0,78
А5	7:20:16	53	0,76	5	13	16	20	3,5	6,3	135	31	0	166	ні	ні	1,09
А10	7:20:19	27	0,62	1	6	16	18	3	4,8	66	68	0	134	так	ні	0,86
А47	7:21:13	51	0,66	0	0	15	26	3,3	4,5	41	47	0	88	так	ні	0,55
Тл 11	7:21:17	65	0,72	3	4	23	23	1,7	3,8	66	62	86	214	ні	так	0,72
А20	7:21:57	14	0,72	3	14	16	19	3,3	5,7	125	0	46	171	ні	так	1,28
А29	7:24:18	13	0,54	7	7	16	21	3,3	5,5	99	42	0	141	так	ні	0,71
Тл 8	7:27:23	96	0,76	2	18	24	25	1,6	3,7	119	82	0	201	ні	ні	1,17
А48	7:27:39	30	0,84	0	8	15	19	3,4	4,7	72	99	0	171	ні	ні	1,04
А5	7:27:49	60	0,72	4	10	15	20	3,2	5,6	104	43	0	147	так	ні	0,89
А3	7:28:58	135	0,7	2	5	15	18	3	4,8	63	91	94	248	ні	так	0,82
А9	7:28:59	35	0,69	1	10	18	18	3	4,9	88	45	93	226	ні	так	0,93
А6	7:29:06	38	0,72	1	8	15	19	3,5	6,6	90	0	86	176	ні	так	0,7
А20	7:29:11	28	0,76	4	7	16	20	3,6	6,1	93	0	81	174	ні	так	0,93
А14	7:29:36	77	0,56	2	5	16	20	3,4	4,9	67	54	56	177	ні	так	0,68
А26	7:31:09	27	0,56	1	4	19	21	3,3	5,7	66	0	98	164	ні	так	0,66
А29	7:31:31	15	0,83	0	3	15	19	3,3	6	52	71	76	199	ні	так	0,9
А47	7:32:04	25	0,86	0	3	16	19	3,5	4,5	49	99	43	191	ні	так	0,93

Продовження таблиці Г.9

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
Тл 9	7:32:52	55	0,84	13	16	24	23	1,6	3,9	130	0	120	250	ні	так	1,21
А10	7:34:06	17	0,99	3	7	16	18	3,1	4,4	74	79	0	153	так	ні	1,16
А5	7:35:29	46	0,93	9	10	17	20	3	6,3	127	0	0	127	так	ні	1,17
А20	7:36:39	26	0,75	5	14	17	19	3,4	5,6	131	0	25	156	ні	так	1,09
А29	7:38:44	28	0,52	2	6	17	20	3,3	6,3	81	0	0	81	ні	ні	0,67
Тл 12	7:39:33	69	0,74	1	15	22	26	1,5	3,4	101	85	0	186	ні	ні	1,11
А9	7:40:04	46	0,84	3	7	15	20	3,2	4,7	78	0	0	78	так	ні	1,01
А6	7:40:32	33	0,72	6	8	17	21	3,1	5,8	103	51	0	154	так	ні	0,42
Тл 8	7:40:39	88	0,72	0	13	22	24	1,6	3,6	93	47	122	262	ні	так	0,79
А14	7:40:53	66	0,45	2	7	17	21	3,5	4,4	76	76	108	260	ні	так	0,62
А47	7:42:29	50	0,38	5	5	16	20	3,4	5	78	0	0	78	так	ні	0,5
А5	7:42:55	30	0,85	4	14	17	19	3	5,9	131	86	128	345	ні	так	1,19
А20	7:44:05	23	0,54	2	12	17	18	3,8	5,6	110	42	0	152	так	ні	1,42
А48	7:44:49	29	0,64	5	11	16	20	3,3	4,4	101	0	110	211	ні	так	0,94
А29	7:46:12	18	0,71	3	7	15	18	3,8	5,8	85	0	0	85	так	ні	0,99
А48	7:47:27	17	0,64	0	7	16	18	3,3	5,1	70	68	55	193	ні	так	0,78
А10	7:47:43	17	0,75	1	6	17	20	3,1	4,6	68	50	0	118	так	ні	1,23
А2	7:47:44	36	0,72	2	2	18	19	3,3	5,9	55	42	119	216	ні	так	0,86
А5	7:50:05	57	0,53	4	4	18	18	3	5,6	70	0	0	70	так	ні	0,69
Тл 9	7:50:27	105	0,87	3	12	24	23	1,5	3,8	97	80	50	227	ні	так	1,35
А9	7:51:20	51	0,95	4	10	15	21	3,1	4,7	95	31	0	126	так	ні	1,35
А20	7:51:28	26	0,73	10	11	17	20	3,3	5,9	135	66	0	201	так	ні	1,17
А6	7:51:57	57	0,72	0	13	18	21	3	5,9	116	0	139	255	ні	так	1,09
А14	7:51:59	74	0,5	4	11	15	19	3,6	4,8	101	38	137	276	ні	так	0,84
А3	7:52:53	90	0,62	4	4	15	20	3,3	4,7	67	0	83	150	ні	так	0,64
А47	7:53:19	51	0,62	3	5	18	22	3,4	4,9	75	57	57	189	ні	так	0,78
А29	7:53:30	21	0,71	3	8	16	18	3,3	5,8	90	0	0	90	так	ні	1,03
Тл 8	7:53:47	80	0,77	3	14	25	26	1,7	4,2	115	77	163	355	ні	так	1,33
А26	7:54:06	19	0,68	6	7	16	20	3,5	5,5	96	68	144	308	ні	так	0,88
А28	7:56:30	38	0,51	1	7	15	18	3,4	5,1	72	0	166	238	ні	так	0,69
А5	7:57:42	33	0,74	3	8	17	19	3,2	5,7	91	0	0	91	так	ні	1,06
А20	7:58:54	29	0,55	0	8	17	18	3,4	5,6	80	0	22	102	ні	так	0,87

Таблиця Г.10 – Результати натурних спостережень у ЗП «вул. Залізнична» (16.05.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
Тл 8	7:00:27	71	0,81	2	16	23	25	1,6	3,5	107	0	0	107	ні	ні	0,98
Тл 12	7:01:46	75	0,75	0	9	22	26	1,5	4	84	63	0	147	ні	ні	0,69
Тл 9	7:02:41	91	0,84	3	15	23	28	1,6	3,7	111	58	0	169	ні	ні	0,98
А2	7:02:58	73	0,65	0	7	16	18	3,1	5,9	75	42	0	117	так	ні	0,68
А3	7:03:57	142	0,62	2	4	15	19	3,1	4,9	60	0	60	120	ні	так	0,89
А5	7:04:36	57	0,76	0	12	15	21	3,2	6,2	110	0	0	110	так	ні	0,49
А6	7:06:12	54	0,84	4	8	20	20	3,1	5,6	97	0	0	97	ні	ні	0,93
А9	7:07:27	29	0,88	0	10	16	19	3,2	5,3	88	55	0	143	ні	ні	0,99
Тл 11	7:08:02	75	0,74	3	5	30	23	1,6	3,6	76	0	0	76	ні	ні	0,79
А10	7:08:13	19	0,81	2	1	16	18	3,1	4,9	45	57	0	102	так	ні	0,82
А14	7:09:50	54	0,68	2	19	18	22	3,4	4,6	134	96	0	230	так	ні	0,57
А20	7:10:27	15	0,66	6	6	17	19	3,5	5,5	90	95	0	185	ні	ні	0,73
А26	7:10:37	29	0,86	2	1	17	18	3,5	6	48	70	0	118	так	ні	0,93
А27	7:11:28	35	0,86	4	3	15	20	3,4	4,9	63	0	126	189	ні	так	0,89
А28	7:11:55	40	0,64	0	5	17	18	3,4	4,7	59	79	99	237	ні	так	0,69
А5	7:12:13	32	0,86	2	12	19	18	3	6,1	116	81	81	278	ні	так	1,15
А29	7:12:13	20	0,72	7	7	15	22	3,5	5,9	103	37	81	221	ні	так	1,22
А47	7:12:45	44	0,73	7	8	19	18	3,4	5	101	59	0	160	так	ні	1,13
А48	7:13:23	23	0,58	6	9	19	19	3,5	5,4	108	0	153	261	ні	так	0,6
Тл 8	7:13:24	75	0,71	1	9	23	22	1,6	4,5	87	0	152	239	ні	так	0,93
А20	7:17:42	19	0,52	8	9	15	18	3,3	5,5	109	0	0	109	ні	ні	1,25
А6	7:17:56	31	0,78	6	6	20	18	3,1	6,3	94	71	0	165	ні	ні	1,02
А9	7:18:26	66	0,68	0	8	15	20	3,2	4,7	73	87	0	160	так	ні	0,89
А5	7:19:25	61	0,76	4	10	17	19	3,1	6	108	89	78	275	ні	так	0,95
А29	7:19:33	18	0,55	1	9	15	19	3,5	5,7	89	0	0	89	так	ні	0,91
А14	7:20:34	46	0,65	1	0	16	18	3,3	6,2	37	53	34	124	ні	так	0,89
Тл 9	7:20:52	54	0,86	7	8	27	26	1,5	3,9	95	57	16	168	ні	так	1,27
А10	7:21:52	15	0,58	1	4	16	18	3,1	5,3	58	0	110	168	ні	так	0,74
А47	7:23:29	46	0,8	3	7	19	21	3,4	4,7	83	0	0	83	так	ні	1,08
А20	7:25:01	24	0,64	2	17	18	19	3,4	5,6	139	0	0	139	ні	ні	1,06
Тл 8	7:26:19	104	0,66	7	11	25	26	1,6	3,5	101	0	0	101	ні	ні	0,72
А29	7:26:51	29	0,65	8	7	15	20	3,2	6,3	105	61	0	166	так	ні	0,82
А5	7:27:06	32	0,72	4	9	17	19	3,4	5,7	101	0	56	157	ні	так	0,84
Тл 12	7:28:01	77	0,82	4	6	25	23	1,9	4,4	82	57	0	139	ні	ні	0,9
А3	7:28:06	75	0,59	3	8	15	19	3	5	83	0	99	182	ні	так	0,79
А6	7:29:17	28	0,87	1	7	15	19	3,1	5,7	77	36	28	141	ні	так	1,04
А9	7:30:02	43	0,68	5	5	17	18	3	5,5	78	0	68	146	ні	так	0,71
А48	7:30:26	22	0,81	0	14	16	20	3,4	5	106	89	0	195	так	ні	1,45
А14	7:31:20	66	0,68	2	16	16	20	3,4	4,6	116	47	70	233	ні	так	0,98
А20	7:32:25	27	0,57	5	5	17	18	3,3	5,9	81	56	0	137	так	ні	0,69
А26	7:33:36	16	0,75	2	12	16	19	3,3	5,8	111	0	68	179	ні	так	1,04

Продовження таблиці Г.10

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А47	7:34:15	35	0,62	10	11	18	23	3,3	4,6	125	0	0	125	так	ні	0,85
А5	7:34:18	38	0,98	5	12	16	18	3	6,6	128	0	124	252	ні	так	1,37
А29	7:34:20	25	0,72	1	9	20	20	3,4	5,6	94	69	122	285	ні	так	1,2
А10	7:35:27	16	0,58	1	3	15	19	3,1	4,6	51	0	0	51	так	ні	0,43
Тл 9	7:38:26	108	0,84	4	14	25	26	1,9	3,7	110	85	0	195	так	ні	1,79
Тл 8	7:39:43	95	0,7	6	5	25	24	1,5	4,3	80	36	0	116	ні	ні	0,77
А20	7:39:52	17	0,68	3	7	15	19	3,5	5,5	83	0	0	83	так	ні	0,85
А6	7:40:35	45	0,74	2	9	15	20	3,4	5,7	93	74	66	233	ні	так	0,96
А9	7:41:15	54	0,78	3	6	17	19	3	4,8	74	37	26	137	ні	так	0,57
А5	7:41:36	62	0,82	2	12	16	18	3	5,7	108	73	0	181	так	ні	1,11
А29	7:41:45	13	0,72	5	10	15	18	3,6	5,4	105	0	165	270	ні	так	0,62
А14	7:42:26	66	0,68	5	8	15	20	3,5	4,5	89	90	124	303	ні	так	1,16
А47	7:44:50	49	0,77	5	7	18	18	3,5	4,7	86	45	0	131	так	ні	1,05
А20	7:47:09	27	0,64	1	22	16	23	3,4	5,9	172	56	0	228	ні	ні	1,52
А2	7:47:27	29	0,62	0	10	15	20	3	5,8	93	95	0	188	так	ні	1,08
А48	7:47:27	16	0,5	2	5	16	18	3,3	5,1	66	91	190	347	ні	так	0,7
А29	7:48:58	26	0,84	1	3	17	22	3,3	5,7	59	78	0	137	так	ні	0,96
А10	7:49:03	16	0,68	2	3	15	20	3,2	4,6	55	31	134	220	ні	так	0,8
А5	7:49:18	69	0,88	4	7	17	22	3	5,4	89	64	119	272	ні	так	1,16
А3	7:51:01	64	0,44	3	6	18	19	3,1	4,4	73	73	0	146	так	ні	0,68
А6	7:52:10	67	0,66	1	9	15	21	3,3	6,5	98	57	79	234	ні	так	1,02
А9	7:52:39	54	0,79	6	5	16	19	3,3	4,7	78	49	50	177	ні	так	0,99
Тл 8	7:52:56	126	0,73	7	17	25	24	1,8	3,9	128	96	33	257	ні	так	1,41
А14	7:53:52	68	0,71	2	4	15	20	3,4	5	62	0	134	196	ні	так	0,87
Тл 12	7:54:20	80	0,75	0	12	22	23	1,8	3,5	87	61	106	254	ні	так	0,75
А20	7:54:36	26	0,79	2	8	15	23	3,5	5,7	91	0	90	181	ні	так	1,11
А47	7:55:39	58	0,66	1	9	18	19	3,3	5,2	87	0	0	87	так	ні	0,92
А26	7:56:22	28	0,6	6	16	16	18	3,5	6,4	157	0	77	234	ні	так	1,24
А29	7:56:23	25	0,81	0	10	15	21	3,6	6,1	97	56	76	229	ні	так	1,21
А5	7:57:07	55	0,85	6	10	15	18	3,2	6,3	115	87	32	234	ні	так	1,25
Тл 9	7:57:14	122	0,86	8	10	24	23	2,1	3,7	101	69	0	170	так	ні	1,16
А28	7:59:16	30	0,72	1	5	17	19	3,3	5	64	99	62	225	ні	так	1,17

Таблиця Г.11 – Результати натурних спостережень у ЗП «вул. Залізнична» (17.05.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
Тл 8	7:01:07	78	0,76	4	14	23	25	1,6	3,5	103	0	0	103	ні	ні	0,96
А3	7:03:47	149	0,85	1	5	15	19	3,1	4,9	62	0	0	62	ні	ні	0,9
А2	7:04:38	60	0,55	0	7	16	18	3,1	5,9	75	0	0	75	ні	ні	0,68
А5	7:05:26	57	0,76	3	9	15	21	3,2	6,2	101	63	0	164	ні	ні	0,46
А6	7:05:52	54	0,84	6	6	20	20	3,1	5,6	92	78	0	170	так	ні	0,91
Тл 9	7:06:21	96	0,86	4	14	23	28	1,6	3,7	109	0	0	109	так	ні	0,97
А9	7:06:47	29	0,82	4	6	16	19	3,2	5,3	80	30	85	195	ні	так	0,95
А10	7:06:53	19	0,81	1	2	16	18	3,1	4,9	47	44	79	170	ні	так	0,83
А14	7:07:40	59	0,64	4	17	18	22	3,4	4,6	132	0	32	164	ні	так	0,55
А20	7:08:17	15	0,66	6	6	17	19	3,5	5,5	90	0	107	197	ні	так	0,73
А26	7:08:27	29	0,92	2	1	17	18	3,5	6	48	0	97	145	ні	так	0,93
А27	7:09:18	28	0,86	4	3	15	20	3,4	4,9	63	0	46	109	ні	так	0,89
А28	7:09:45	37	0,64	3	2	17	18	3,4	4,7	55	82	0	137	так	ні	0,66
А29	7:10:03	20	0,74	2	12	15	22	3,5	5,9	115	0	0	115	так	ні	1,18
А47	7:10:35	44	0,73	6	9	19	18	3,4	5	102	0	85	187	ні	так	1,03
А48	7:11:13	23	0,68	7	8	19	19	3,5	5,4	106	0	47	153	ні	так	0,58
А5	7:13:03	32	0,86	0	14	19	18	3	6,1	122	61	0	183	так	ні	1,2
Тл 8	7:14:04	75	0,72	0	10	23	22	1,6	4,5	90	0	0	90	ні	ні	0,95
А20	7:15:32	19	0,89	9	8	15	18	3,3	5,5	107	81	0	188	так	ні	1,09
Тл 11	7:16:12	70	0,75	2	6	30	23	1,6	3,6	78	36	0	114	ні	ні	0,89
Тл 12	7:16:26	75	0,72	0	9	22	26	1,5	4	84	0	0	84	так	ні	0,95
А29	7:17:23	18	0,55	5	5	15	19	3,5	5,7	80	0	45	125	ні	так	0,75
А6	7:17:36	33	0,78	4	8	20	18	3,1	6,3	101	0	32	133	ні	так	1,1
А9	7:17:46	66	0,57	0	8	15	20	3,2	4,7	73	30	22	125	ні	так	0,89
А14	7:18:24	59	0,79	1	0	16	18	3,3	6,2	37	39	87	163	ні	так	0,89
А5	7:20:15	61	0,68	5	9	17	19	3,1	6	106	82	0	188	ні	ні	0,91
А10	7:20:32	15	0,58	2	3	16	18	3,1	5,3	56	0	0	56	так	ні	0,7
А47	7:21:19	46	0,65	5	5	19	21	3,4	4,7	81	43	0	124	так	ні	1
А20	7:22:51	24	0,64	0	19	18	19	3,4	5,6	143	70	0	213	так	ні	1,4
Тл 9	7:24:32	58	0,9	6	9	27	26	1,5	3,9	97	0	0	97	ні	ні	1,17
А29	7:24:41	28	0,65	1	14	15	20	3,2	6,3	126	45	0	171	так	ні	0,99
Тл 8	7:26:59	100	0,76	8	10	25	26	1,6	3,5	99	47	0	146	ні	ні	0,69
А3	7:27:56	75	0,59	4	7	15	19	3	5	81	0	0	81	ні	ні	0,76
А5	7:27:56	32	0,75	2	11	17	19	3,4	5,7	106	62	0	168	так	ні	0,89
А48	7:28:16	21	0,58	1	13	16	20	3,4	5	104	0	71	175	ні	так	1,43
А6	7:28:57	28	0,87	2	6	15	19	3,1	5,7	74	79	30	183	ні	так	1,02
А14	7:29:10	66	0,68	5	13	16	20	3,4	4,6	113	0	17	130	ні	так	0,91
А9	7:29:22	43	0,68	5	5	17	18	3	5,5	78	0	0	78	так	ні	0,71
А20	7:30:15	27	0,57	1	9	17	18	3,3	5,9	91	0	67	158	ні	так	0,79
А26	7:31:26	18	0,75	6	8	16	19	3,3	5,8	101	0	0	101	так	ні	0,95
А47	7:32:05	35	0,66	11	10	18	23	3,3	4,6	123	50	0	173	так	ні	0,82

Продовження таблиці Г.11

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А29	7:32:10	25	0,72	0	10	20	20	3,4	5,6	96	91	59	246	ні	так	1,22
А10	7:34:07	16	0,46	1	3	15	19	3,1	4,6	51	52	0	103	так	ні	0,43
А5	7:35:08	38	0,98	1	16	16	18	3	6,6	143	55	0	198	так	ні	1,47
А20	7:37:42	17	0,68	3	7	15	19	3,5	5,5	83	34	0	117	ні	ні	0,85
А29	7:39:35	13	0,38	4	11	15	18	3,6	5,4	107	0	0	107	ні	ні	0,65
А6	7:40:15	45	0,74	3	8	15	20	3,4	5,7	91	92	0	183	ні	ні	0,94
А14	7:40:16	86	0,65	1	12	15	20	3,5	4,5	93	75	0	168	так	ні	1,25
Тл 8	7:40:23	93	0,72	1	10	25	24	1,5	4,3	94	69	163	326	ні	так	0,89
А9	7:40:35	54	0,76	2	7	17	19	3	4,8	76	95	151	322	ні	так	0,59
Тл 9	7:42:06	109	0,88	2	16	25	26	1,9	3,7	114	0	0	114	так	ні	1,84
А5	7:42:26	62	0,77	6	8	16	18	3	5,7	98	50	205	353	ні	так	1,02
А47	7:42:40	49	0,77	1	11	18	18	3,5	4,7	91	93	191	375	ні	так	1,04
Тл 12	7:42:41	73	0,78	1	9	25	23	1,9	4,4	90	0	190	280	ні	так	1,11
А20	7:44:59	27	0,64	7	16	16	23	3,4	5,9	157	45	0	202	так	ні	1,28
А48	7:45:17	16	0,64	0	7	16	18	3,3	5,1	70	0	186	256	ні	так	0,78
А29	7:46:48	25	0,72	1	3	17	22	3,3	5,7	59	0	95	154	ні	так	0,96
А48	7:47:27	16	0,5	2	5	16	18	3,3	5,1	66	0	56	122	ні	так	0,7
А10	7:47:43	16	0,68	3	2	15	20	3,2	4,6	54	0	40	94	ні	так	0,76
А2	7:49:07	29	0,68	0	10	15	20	3	5,8	93	40	24	157	ні	так	1,08
А5	7:50:08	69	0,88	6	5	17	22	3	5,4	84	0	0	84	ні	ні	1,08
А3	7:50:51	64	0,7	3	6	18	19	3,1	4,4	73	0	0	73	так	ні	0,68
А14	7:51:42	68	0,71	3	3	15	20	3,4	5	60	34	0	94	так	ні	0,83
А6	7:51:50	69	0,66	4	6	15	21	3,3	6,5	88	0	0	88	так	ні	0,9
А9	7:51:59	54	0,79	6	5	16	19	3,3	4,7	78	68	79	225	ні	так	0,99
А20	7:52:26	26	0,79	0	10	15	23	3,5	5,7	95	0	0	95	так	ні	1,19
А47	7:53:29	58	0,56	4	6	18	19	3,3	5,2	81	51	0	132	так	ні	0,8
Тл 8	7:53:36	126	0,76	4	20	25	24	1,8	3,9	134	0	127	261	ні	так	1,53
А26	7:54:12	28	0,68	9	13	16	18	3,5	6,4	149	100	0	249	так	ні	1,12
А29	7:54:13	24	0,72	3	7	15	21	3,6	6,1	90	65	226	381	ні	так	1,09
А28	7:57:06	34	0,72	2	4	17	19	3,3	5	63	77	0	140	так	ні	1,13
А5	7:57:57	55	0,85	8	8	15	18	3,2	6,3	109	94	91	294	ні	так	1,17
А20	7:59:52	17	0,58	1	19	17	19	3,3	5,8	150	94	0	244	так	ні	1,34

Таблиця Г.12 – Результати натурних спостережень у ЗП №1 «ст. м. пр. Гагаріна» (12.09.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
Тл 3	17:00:06	49	0,09	0	63	27	33	1,7	4,2	325	81	0	406	ні	ні	0,67
А 119е	17:00:57	77	0,88	0	6	19	18	2,9	4,5	64	102	0	166	ні	ні	1,03
А 246е	17:01:46	58	0,32	0	6	18	20	2,8	5	68	0	0	68	так	ні	0,47
А 147е	17:02:11	42	0,3	0	14	19	22	2,9	4,7	107	0	94	201	ні	так	0,64
А 218е	17:03:52	46	0,41	0	7	26	15	2,9	4,6	73	81	0	154	так	ні	0,58
Тл 5	17:04:32	46	0,24	3	92	40	30	1,6	3,6	406	93	116	615	ні	так	1,09
А 304е	17:05:58	84	0,27	1	14	19	15	2,9	4,9	106	105	0	211	так	ні	0,61
Тл 3	17:08:35	27	0,22	0	72	37	24	1,5	4,1	356	95	0	451	так	ні	0,89
А 305е	17:09:17	121	0,83	1	11	18	17	2,9	4,9	92	0	0	92	ні	ні	1,1
Тл 6	17:10:47	24	0,24	1	89	29	29	1,7	4,3	442	107	0	549	так	ні	1,06
Тл 3	17:16:42	53	0,14	1	70	34	28	1,6	4	344	102	0	446	ні	ні	0,79
А 119е	17:17:14	75	0,81	0	2	19	14	2,9	5,5	44	100	0	144	так	ні	0,86
А 147е	17:18:13	25	0,34	1	11	23	20	2,8	4,9	100	0	105	205	ні	так	0,61
Тл 5	17:18:58	26	0,22	2	94	40	24	1,6	4,3	471	108	60	639	ні	так	1,09
А 218е	17:19:38	79	0,32	0	6	19	15	2,9	5,4	66	103	20	189	ні	так	0,47
А 246е	17:22:44	60	0,36	0	6	21	16	3,2	5,4	69	90	86	245	ні	так	0,51
Тл 3	17:25:15	28	0,16	3	65	33	28	1,9	3,7	307	101	0	408	так	ні	0,76
А 304е	17:28:12	35	0,3	0	18	18	18	2,8	4,8	122	84	0	206	так	ні	0,74
Тл 6	17:30:51	57	0,17	0	79	29	29	1,7	3,7	350	0	0	350	так	ні	0,9
Тл 5	17:33:04	24	0,24	0	74	29	28	1,6	3,7	331	0	0	331	ні	ні	0,93
Тл 3	17:33:23	33	0,27	2	78	30	25	1,5	4,6	417	0	0	417	так	ні	0,99
А 119е	17:33:29	104	0,61	0	6	21	19	2,9	4,5	67	101	0	168	ні	ні	0,76
А 147е	17:33:58	59	0,46	0	14	21	20	3,2	4,7	107	97	279	483	ні	так	0,8
А 218е	17:35:57	42	0,42	0	7	19	16	2,9	4,5	67	95	160	322	ні	так	0,59
Тл 3	17:41:36	53	0,21	0	69	31	24	1,5	3,7	310	96	0	406	ні	ні	0,85
А 246е	17:43:44	63	0,24	0	7	18	15	3,1	4,5	65	0	0	65	ні	ні	0,41
А 305е	17:46:18	61	0,7	1	16	18	17	2,8	5	118	108	0	226	ні	ні	1,09
Тл 5	17:47:08	39	0,21	2	89	28	31	1,9	3,7	392	98	0	490	так	ні	1,03
А 304е	17:49:37	58	0,31	1	13	19	20	2,8	5,2	109	89	0	198	так	ні	0,63
Тл 3	17:50:09	59	0,22	3	54	34	34	1,5	3,4	256	0	0	256	так	ні	0,72
А 119е	17:50:13	93	0,77	0	1	21	17	2,8	5,3	43	86	254	383	ні	так	0,79
А 147е	17:50:17	57	0,29	0	14	20	16	3,4	4,7	102	83	250	435	ні	так	0,63
Тл 6	17:51:28	37	0,17	3	88	34	25	1,5	4,5	460	103	179	742	ні	так	0,98
А 218е	17:51:39	37	0,43	0	8	20	15	2,8	5,1	76	0	168	244	ні	так	0,63
Тл 3	17:58:48	47	0,21	4	73	27	25	1,7	4,3	373	0	0	373	ні	ні	0,89

Таблиця Г.13 – Результати натурних спостережень у ЗП №2 «ст. м. пр. Гагаріна» (12.09.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А 115е	17:01:17	77	0	0	41	15	13	0	4,5	213	164	0	377	ні	ні	1
А 115е	17:10:04	75	0	0	33	15	10	0	5,5	207	168	0	375	ні	ні	0,8
А 115е	17:18:49	104	0	0	41	16	14	0	4,5	215	136	0	351	ні	ні	1
А 115е	17:28:03	93	0	0	34	16	12	0	5,3	208	155	0	363	ні	ні	0,83
А 115е	17:37:06	126	0	0	47	16	12	0	4,9	258	142	0	400	ні	ні	1,15
А 115е	17:46:42	113	0	0	49	14	11	0	5,5	295	144	0	439	ні	ні	1,2
А 115е	17:56:05	73	0	0	44	14	15	0	4,5	227	176	0	403	ні	ні	1,07

Таблиця Г.14 – Результати натурних спостережень у ЗП №3 «ст. м. пр. Гагаріна» (12.09.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А 79е	17:01:17	77	0	0	38	15	13	0	4,5	199	154	0	353	ні	ні	0,93
А 79е	17:12:34	75	0	0	30	15	10	0	5,5	190	123	0	313	ні	ні	0,73
А 79е	17:23:49	104	0	0	38	16	14	0	4,5	201	145	0	346	ні	ні	0,93
А 79е	17:35:33	93	0	0	31	16	12	0	5,3	192	123	0	315	ні	ні	0,76
А 79е	17:47:06	126	0	0	44	16	12	0	4,9	244	122	0	366	ні	ні	1,07
А 79е	17:59:12	113	0	0	46	14	11	0	5,5	278	170	0	448	ні	ні	1,12

Таблиця Г.15 – Результати натурних спостережень у ЗП №4 «ст. м. пр. Гагаріна» (12.09.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А 5е	17:04:37	77	0	0	41	15	13	0	4,5	213	171	0	384	ні	ні	1
А 5е	17:13:34	75	0	0	33	15	10	0	5,5	207	144	0	351	ні	ні	0,8
А 5е	17:22:29	104	0	0	41	16	14	0	4,5	215	120	0	335	ні	ні	1
А 5е	17:31:53	93	0	0	34	16	12	0	5,3	208	154	0	362	ні	ні	0,83
А 5е	17:41:06	126	0	0	47	16	12	0	4,9	258	174	0	432	ні	ні	1,15
А 5е	17:50:52	113	0	0	49	14	11	0	5,5	295	164	0	459	ні	ні	1,2

Таблиця Г.16 – Результати натурних спостережень у ЗП №5 «ст. м. пр. Гагаріна» (12.09.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А 68е	17:23:53	77	0	0	47	15	13	0	4,5	240	216	0	456	ні	ні	1,15

Таблиця Г.17 – Результати натурних спостережень у ЗП №6 «ст. м. пр. Гагаріна» (13.09.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А 115е	7:00:27	77	1,13	46	0	16	15	2,9	4,5	164	0	0	164	ні	ні	0
А 79е	7:03:21	42	1,05	43	0	16	19	2,9	4,7	160	0	0	160	ні	ні	0
А 5е	7:05:32	46	1,09	45	0	23	12	2,9	4,6	166	0	0	166	ні	ні	0
А 123е	7:07:08	84	1,02	42	0	16	12	2,9	4,9	150	0	0	150	ні	ні	0
А 115е	7:09:14	75	1,06	43	0	16	11	2,9	5,5	152	0	0	152	ні	ні	0
А 5е	7:13:58	79	1	41	0	16	12	2,9	5,4	147	0	0	147	ні	ні	0
А 79е	7:14:03	25	1,09	45	0	20	17	2,8	4,9	163	0	0	163	ні	ні	0
А 68е	7:16:26	58	1,02	42	0	15	17	2,8	5	150	0	0	150	ні	ні	0
А 115е	7:17:59	104	0,86	35	0	18	16	2,9	4,5	136	0	0	136	ні	ні	0
А 5е	7:22:57	42	1,1	45	0	16	13	2,9	4,5	160	0	0	160	ні	ні	0
А 79е	7:24:28	59	1,21	50	0	18	17	3,2	4,7	195	0	0	195	ні	ні	0
А 123е	7:26:52	35	1,05	43	0	15	15	2,8	4,8	150	0	0	150	ні	ні	0
А 115е	7:27:13	93	1,02	42	0	18	14	2,8	5,3	150	0	0	150	так	ні	0
А 5е	7:31:19	37	1,11	46	0	17	12	2,8	5,1	158	0	0	158	ні	ні	0
А 79е	7:35:27	57	1,04	43	0	17	13	3,4	4,7	176	0	0	176	ні	ні	0
А 115е	7:36:16	126	1,07	44	0	18	13	3,1	4,9	167	0	0	167	ні	ні	0
А 5е	7:39:36	70	1,15	47	0	18	13	3,3	4,7	186	0	0	186	ні	ні	0
А 123е	7:45:47	58	1,06	43	0	16	17	2,8	5,2	153	0	0	153	ні	ні	0
А 115е	7:45:52	113	1	41	0	15	12	2,8	5,5	142	0	0	142	ні	ні	0
А 79е	7:46:24	25	1,08	44	0	15	14	3	5	161	0	0	161	так	ні	0
А 5е	7:48:26	37	1,03	42	0	20	18	2,9	4,8	160	0	0	160	ні	ні	0
А 68е	7:54:04	60	1,06	43	0	18	13	3,2	5,4	169	0	0	169	ні	ні	0
А 115е	7:55:15	73	0,83	34	0	15	18	3,1	4,5	138	0	0	138	ні	ні	0
А 5е	7:56:43	72	1,06	43	0	18	15	2,9	4,8	158	0	0	158	так	ні	0
А 79е	7:56:49	59	1,05	43	0	15	16	3,1	5,2	164	0	46	210	ні	так	0

Таблиця Г.18 – Результати натурних спостережень у ЗП №7 «ст. м. пр. Гагаріна» (14.09.17 р.)

Номер маршруту	Час прибуття	Флуктуація прибуття, с	Рівень заповнення ТЗ	Вийшло, пас	Увійшло, пас	Час маневрування при заїзді, с	Час маневрування при виїзді, с	Час висадки пасажира, с	Час посадки пасажира, с	Час технологічного простою, с	Час сервісного простою, с	Час простою у черзі, с	Загальний час простою, с	Обслуговування поза зоною ЗП	Наявність конфліктної ситуації	Рівень наповнення ТЗ при виїзді
А 246е	7:00:46	58	1,02	25	1	18	20	2,8	5	113	0	0	113	ні	ні	0,43
Тл 3	7:01:36	49	0,99	73	4	27	33	1,2	4,2	164	0	0	164	ні	ні	0,35
А 119е	7:02:17	77	1,08	6	6	19	18	2,9	4,5	81	0	0	81	так	ні	1,08
А 147е	7:03:01	42	1,05	28	0	19	22	2,9	4,7	122	0	0	122	так	ні	0,37
Тл 5	7:03:42	46	1,24	105	1	40	30	1,3	3,6	210	0	0	210	так	ні	0,28
А 218е	7:04:42	46	1,09	33	0	26	15	2,9	4,6	137	0	0	137	так	ні	0,29
А 304е	7:05:58	84	1,02	37	4	19	15	2,9	4,9	161	0	0	161	так	ні	0,22
Тл 6	7:07:27	24	1,14	100	3	29	29	1,5	4,3	221	0	0	221	ні	ні	0,24
А 305е	7:09:47	121	1,04	9	5	18	17	2,9	4,9	86	0	0	86	ні	ні	0,94
Тл 3	7:10:05	27	1,12	82	0	37	24	1,3	4,1	168	0	0	168	так	ні	0,36
Тл 5	7:18:08	26	1,22	106	4	40	24	1,3	4,3	219	0	0	219	ні	ні	0,28
Тл 3	7:18:12	53	1,04	81	0	34	28	1,2	4	159	0	0	159	ні	ні	0,29
А 119е	7:18:34	75	1,01	2	7	19	14	2,9	5,5	77	0	0	77	так	ні	1,13
А 147е	7:19:03	25	1,09	25	0	23	20	2,8	4,9	113	0	110	223	ні	так	0,48
А 218е	7:20:28	79	1	32	0	19	15	2,9	5,4	127	0	0	127	так	ні	0,22
А 246е	7:21:44	60	1,06	26	1	21	16	3,2	5,4	126	0	53	179	ні	так	0,45
Тл 3	7:26:45	28	1,06	78	4	33	28	1,3	3,7	177	0	0	177	ні	ні	0,37
Тл 6	7:27:31	57	1,07	89	0	29	29	1,5	3,7	192	0	0	192	ні	ні	0,25
А 304е	7:28:12	35	1,05	45	5	18	18	2,8	4,8	186	0	0	186	так	ні	0,07
Тл 5	7:32:14	24	1,24	84	0	29	28	1,3	3,7	166	0	0	166	ні	ні	0,46
А 147е	7:34:48	59	1,21	28	0	21	20	3,2	4,7	131	0	0	131	ні	ні	0,53
А 119е	7:34:49	104	0,81	6	7	21	19	2,9	4,5	89	0	0	89	так	ні	0,83
Тл 3	7:34:53	33	1,17	90	2	30	25	1,2	4,6	172	0	87	259	ні	так	0,36
А 218е	7:36:47	42	1,1	33	0	19	16	2,9	4,5	131	0	0	131	так	ні	0,3
А 246е	7:42:44	63	0,94	28	0	18	15	3,1	4,5	120	0	0	120	ні	ні	0,26
Тл 3	7:43:06	53	1,11	79	1	31	24	1,4	3,7	169	0	0	169	ні	ні	0,39
Тл 5	7:46:18	39	1,21	101	2	28	31	1,3	3,7	198	0	0	198	ні	ні	0,29
А 305е	7:46:48	61	0,97	21	0	18	17	2,8	5	94	0	0	94	ні	ні	0,46
Тл 6	7:48:08	37	1,07	101	0	34	25	1,4	4,5	200	0	0	200	так	ні	0,13
А 304е	7:49:37	58	1,06	35	0	19	20	2,8	5,2	137	0	0	137	ні	ні	0,21
А 147е	7:51:07	57	1,04	28	0	20	16	3,4	4,7	131	0	0	131	так	ні	0,36
А 119е	7:51:33	93	0,97	1	8	21	17	2,8	5,3	83	0	0	83	так	ні	1,14
Тл 3	7:51:39	59	1,12	67	6	34	34	1,2	3,4	169	0	79	248	ні	так	0,56
А 218е	7:52:29	37	1,11	34	1	20	15	2,8	5,1	135	0	0	135	так	ні	0,31

Додаток Д

Статистичні характеристики розподілу випадкових величин

Таблиця Д.1 – Результати статистичної обробки розподілу випадкових величин для маршрутів ЗП «ст. м. Героїв Праці» м. Харків (50.024616, 36.334937)

Показник	Маршрут	Відповідність нормальному закону розподілу	Медіана	Амплітуда варіації		Дисперсія	Середнє квадратичне відхилення	Кількість ступенів свободи	Розрахункове значення критерію Пірсона	Табличне значення критерію Пірсона
				min	max					
Флуктуація прибуття ТЗ, с	A17e	Не встановлена	45	35	73	82,707	9,094	1	26,885	3,841
	A55e	Не встановлена	58	36	87	225,094	15,003	3	9,752	7,815
	A152e	Не встановлена	147	120	254	2670,3	51,675	3	37,753	7,815
	A215e	Нормальний	68	48	87	110,56	10,515	2	5,084	5,991
	A240e	Не встановлена	24	16	40	60,265	7,763	4	31,828	9,488
	A247e	Нормальний	59	43	102	380,82	19,515	2	3,987	5,991
	A263e	Не встановлена	90	73	171	584,478	24,176	3	19,317	7,815
	A268e	Нормальний	34	23	45	39,898	6,316	2	2,034	5,991
	A271e	Нормальний	35	19	49	81,638	9,035	3	1,813	7,815
Рівень наповнення ТЗ	A17e	Нормальний	0,945	0,89	1,02	0,001	0,028	1	2,228	3,841
	A55e	Нормальний	0,8	0,59	1,11	0,014	0,118	2	5,377	5,991
	A152e	Нормальний	0,43	0,31	0,51	0,002	0,041	3	7,557	7,815
	A215e	Нормальний	0,95	0,87	1,05	0,002	0,047	2	5,447	5,991
	A240e	Нормальний	0,87	0,74	0,98	0,003	0,052	4	5,956	9,488
	A247e	Нормальний	0,78	0,7	0,9	0,002	0,049	2	5,835	5,991
	A263e	Нормальний	0,74	0,63	0,91	0,003	0,053	2	5,477	5,991
	A268e	Нормальний	0,82	0,77	0,87	0	0,022	2	2,514	5,991
	A271e	Нормальний	0,84	0,76	0,99	0,002	0,039	3	6,228	7,815

Таблиця Д.2 – Результати статистичної обробки розподілу випадкових величин для маршрутів ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний» м. Кривий Ріг (47.911136, 33.453075)

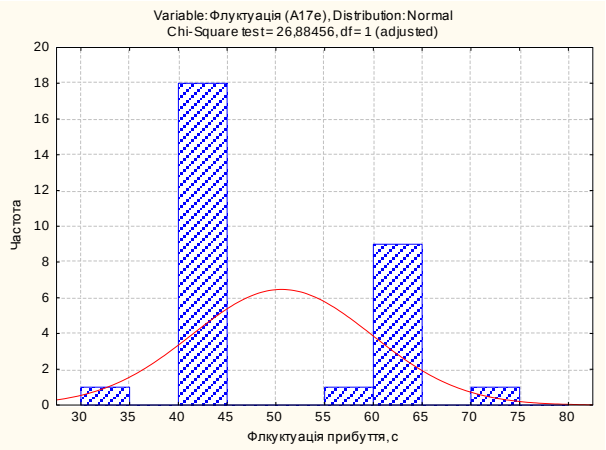
Показник	Маршрут	Відповідність нормальному закону розподілу	Медіана	Амплітуда варіації		Дисперсія	Середнє квадратичне відхилення	Кількість ступенів свободи	Розрахункове значення критерію Пірсона	Табличне значення критерію Пірсона
				min	max					
Флуктуація прибуття ТЗ, с	А205	Нормальний	28	16	39	68,41	8,271	4	5,52307	9,488
	А209	Не встановлена	27	17	40	65,049	8,065	3	14,55245	7,815
	А269	Не встановлена	24	18	25	3,316	1,821	3	34,81157	7,815
	А286	Не встановлена	24	19	39	36,12	6,01	4	15,38255	9,488
	А305	Не встановлена	22	16	37	62,536	7,908	3	32,93747	7,815
	А307	Не встановлена	23	19	40	62,021	7,875	2	14,52585	5,991

Таблиця Д.3 – Результати статистичної обробки розподілу випадкових величин для маршрутів ЗП «вул. Залізнична» м. Херсон (46.650216, 32.597849)

Показник	Маршрут	Відповідність нормальному закону розподілу	Медіана	Амплітуда варіації		Дисперсія	Середнє квадратичне відхилення	Кількість ступенів свободи	Розрахункове значення критерію Пірсона	Табличне значення критерію Пірсона
				min	max					
Флуктуація прибуття ТЗ, с	А10	Не встановлена	16	12	27	8,286	2,878	1	6,544	3,841
	А 14	Не встановлена	66	46	86	104,134	10,205	2	12,33	5,991
	А 2	Не встановлена	48,5	29	73	176,89	13,3	2	14,526	5,991
	А 20	Не встановлена	24	13	29	24,335	4,933	3	13,283	7,815
	А 26	Не встановлена	27	16	32	30,96	5,564	4	51,882	9,488
	А 27	Не встановлена	30	24	35	16,16	4,02	2	98,847	5,991
	А 28	Не встановлена	35,5	25	43	30,89	5,558	3	10,482	7,815
	А 29	Не встановлена	23,5	13	29	25,41	5,041	3	9,633	7,815
	А 3	Не встановлена	75	64	149	1275,556	35,715	3	21,475	7,815
	А 47	Нормальний	46	25	58	67,84	8,237	1	0,728	3,841
	А 48	Не встановлена	21,5	16	30	21,361	4,622	2	16,248	5,991
	А 5	Не встановлена	55,5	30	69	176,94	13,302	2	13,983	5,991
	А 6	Не встановлена	45	28	69	176,342	13,279	4	20,486	9,488
	А 9	Не встановлена	54	29	66	136,586	11,687	3	24,476	7,815
	Тл 11	Не встановлена	70	60	82	58,64	7,658	3	105,846	7,815
	Тл 12	Не встановлена	75	69	81	13,289	3,645	2	27,284	5,991
	Тл 8	Нормальний	93	71	126	313,2	17,697	1	3,698	3,841
	Тл 9	Не встановлена	96,5	54	128	607,527	24,648	2	48,841	5,991

Продовження таблиці Д.3

Показник	Маршрут	Відповідність нормальному закону розподілу	Медіана	Амплітуда варіації		Дисперсія	Середнє квадратичне відхилення	Кількість ступенів свободи	Розрахункове значення критерію Пірсона	Табличне значення критерію Пірсона
				min	max					
Рівень наповнення ТЗ	А10	Нормальний	0,68	0,36	0,99	0,019	0,138	2	4,224	5,991
	А 14	Нормальний	0,68	0,45	0,89	0,008	0,089	3	6,927	7,815
	А 2	Нормальний	0,635	0,55	0,72	0,002	0,045	3	7,747	7,815
	А 20	Нормальний	0,64	0,41	0,89	0,011	0,106	3	4,416	7,815
	А 26	Нормальний	0,75	0,56	0,92	0,01	0,098	3	7,212	7,815
	А 27	Не встановлена	0,86	0,82	0,9	0,001	0,025	2	21,735	5,991
	А 28	Не встановлена	0,64	0,51	0,77	0,005	0,073	2	42,782	5,991
	А 29	Нормальний	0,72	0,38	1,05	0,014	0,12	2	5,283	5,991
	А 3	Нормальний	0,62	0,44	0,85	0,007	0,084	3	6,144	7,815
	А 47	Нормальний	0,66	0,38	0,93	0,012	0,111	3	4,845	7,815
	А 48	Нормальний	0,605	0,38	0,84	0,012	0,108	3	6,384	7,815
	А 5	Нормальний	0,82	0,53	1,08	0,011	0,106	1	2,351	3,841
	А 6	Нормальний	0,78	0,66	0,87	0,005	0,069	2	1,277	5,991
	А 9	Нормальний	0,76	0,57	0,95	0,009	0,095	3	7,642	7,815
	Тл 11	Не встановлена	0,74	0,72	0,78	0,003	0,02	3	37,433	7,815
	Тл 12	Не встановлена	0,75	0,72	0,82	0,001	0,028	3	42,483	7,815
	Тл 8	Нормальний	0,73	0,58	0,93	0,005	0,071	3	5,947	7,815
	Тл 9	Нормальний	0,86	0,82	0,9	0,001	0,019	3	4,843	7,815



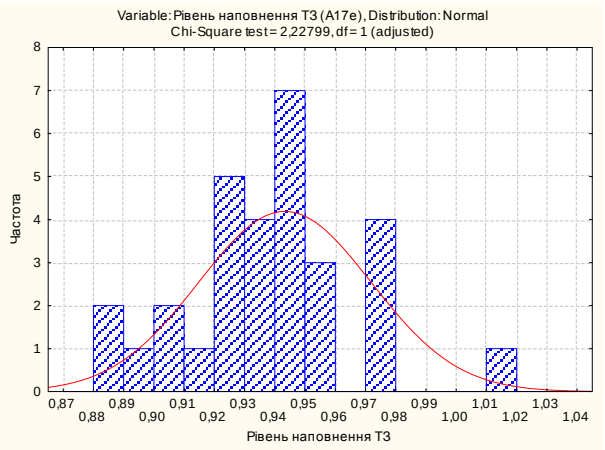
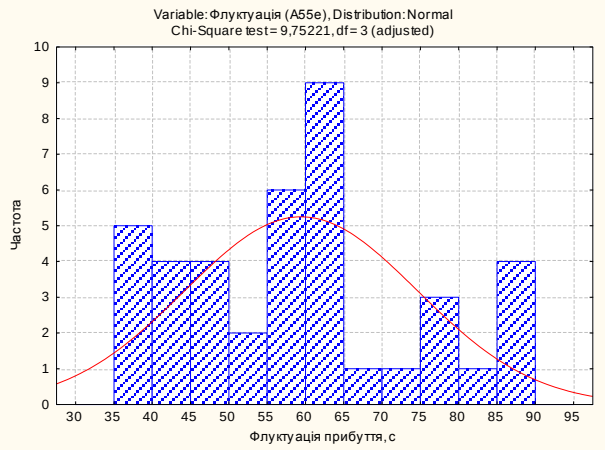


Рисунок Д.1 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А17е



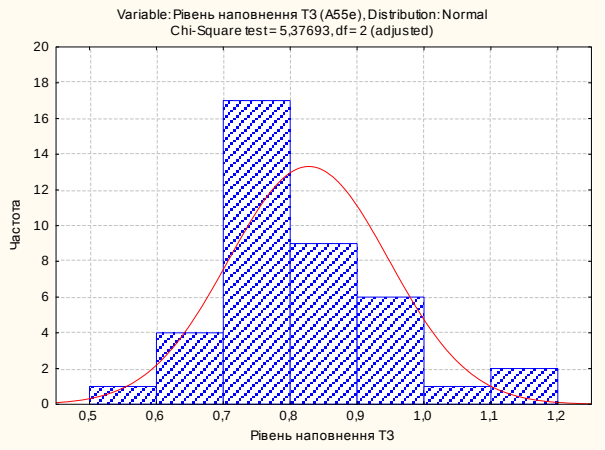
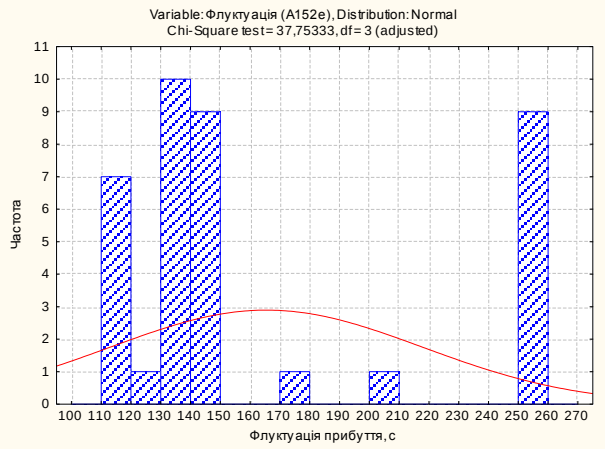


Рисунок Д.2 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А55е



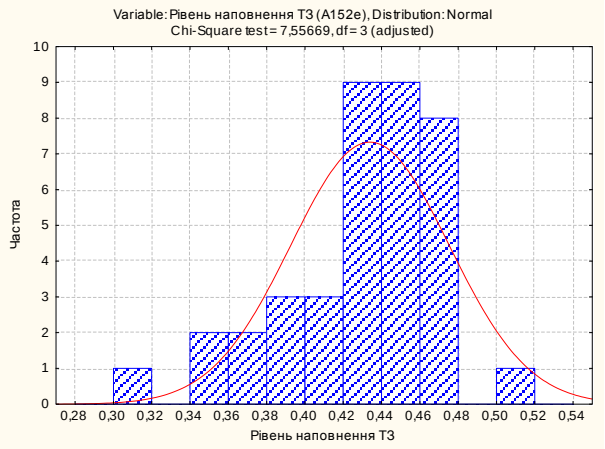


Рисунок Д.3 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А152е

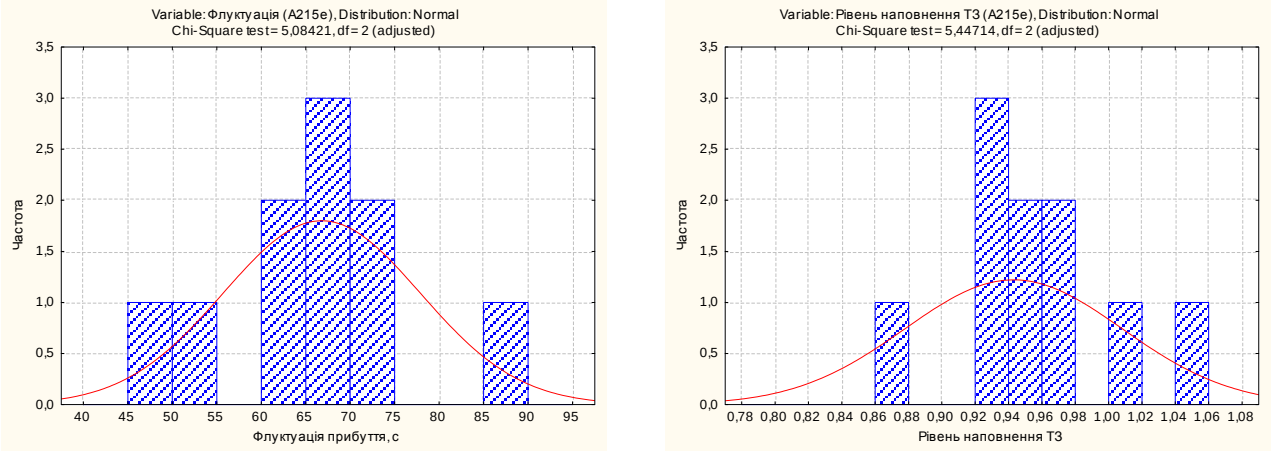


Рисунок Д.4 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А215е

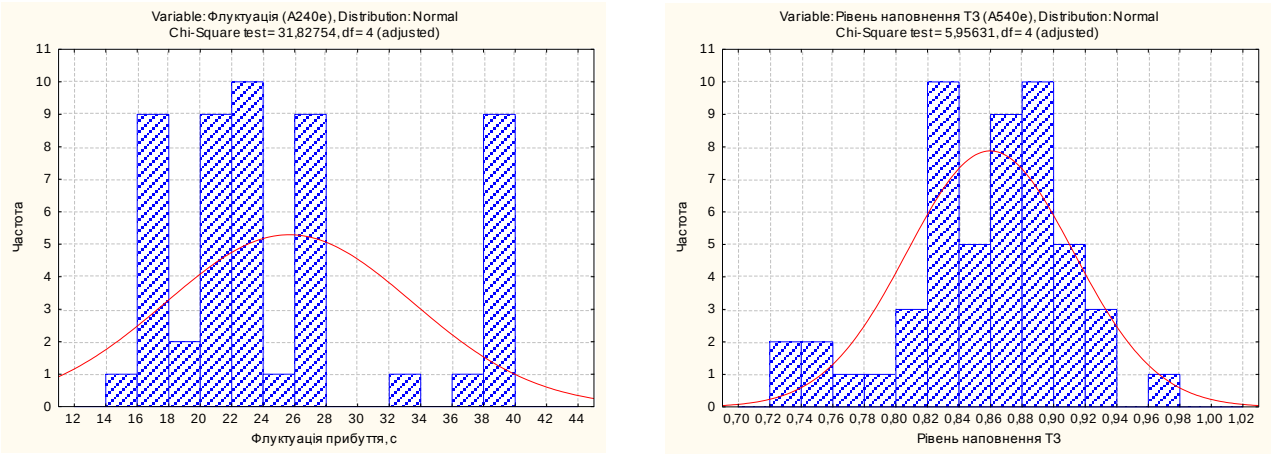


Рисунок Д.5 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А240е

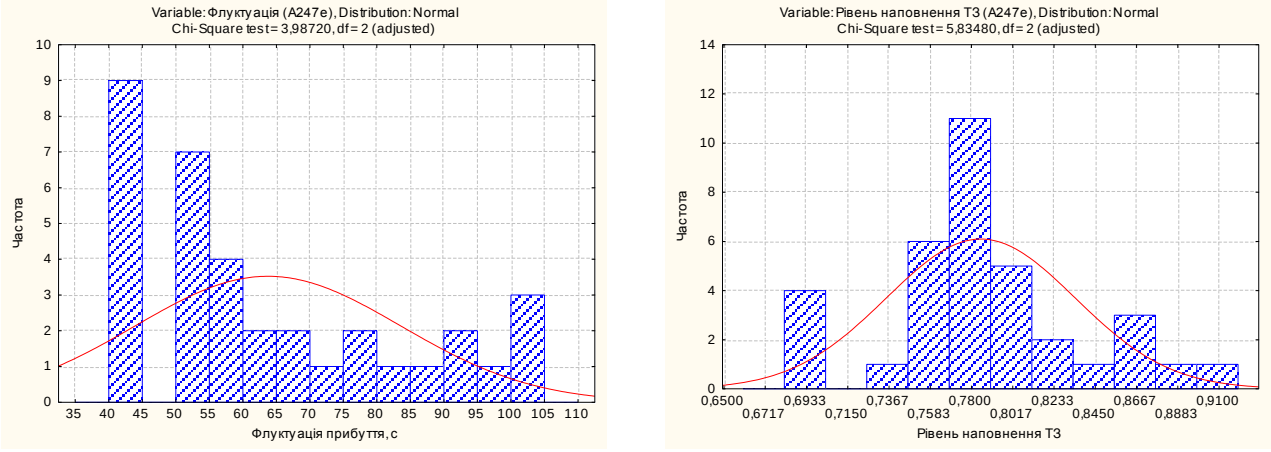


Рисунок Д.6 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А247е

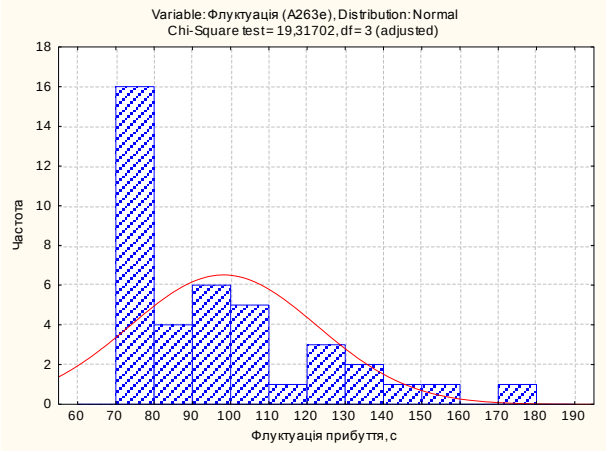


Рисунок Д.7 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А263е

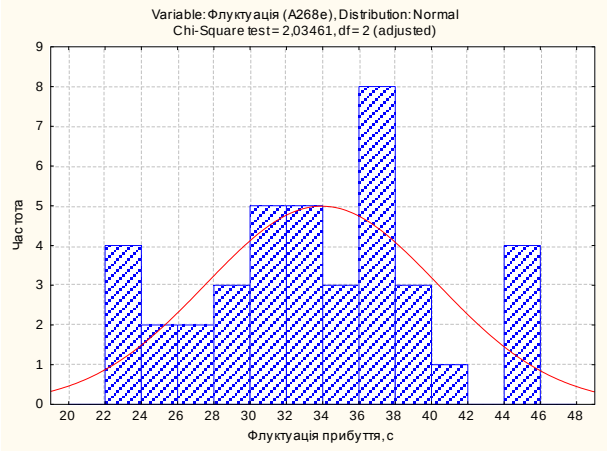


Рисунок Д.8 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А268е

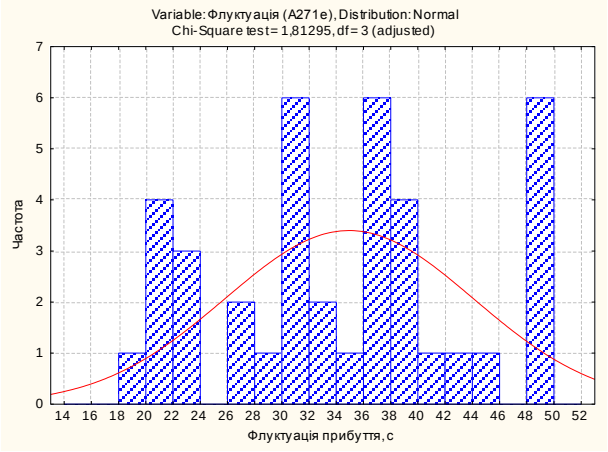


Рисунок Д.9 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А271е

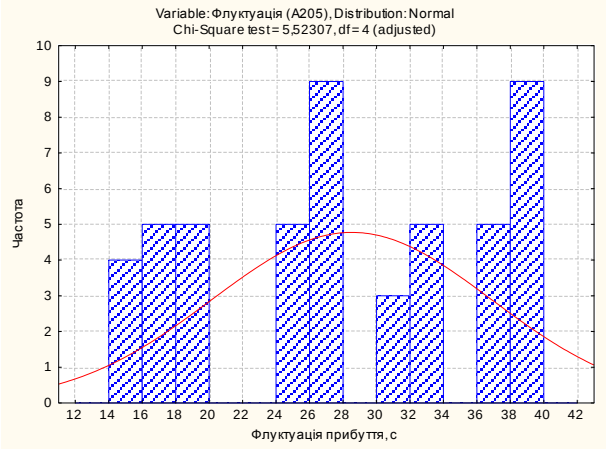


Рисунок Д.10 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А205

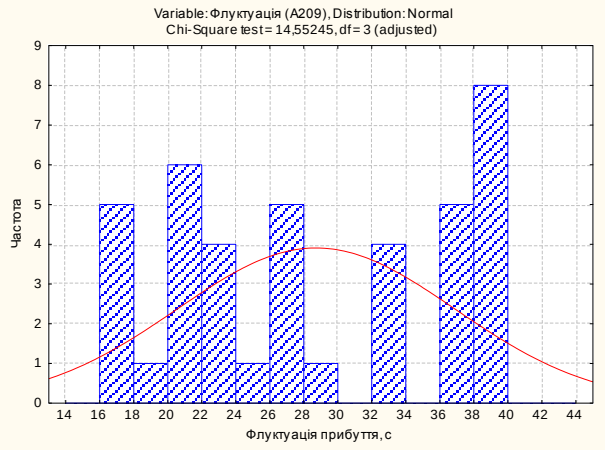


Рисунок Д.11 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А209

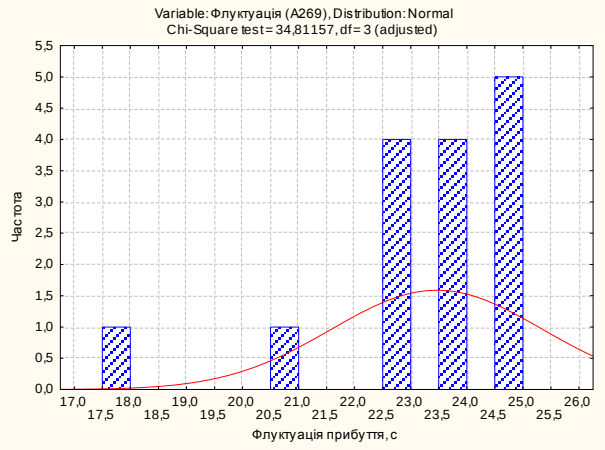


Рисунок Д.12 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А269

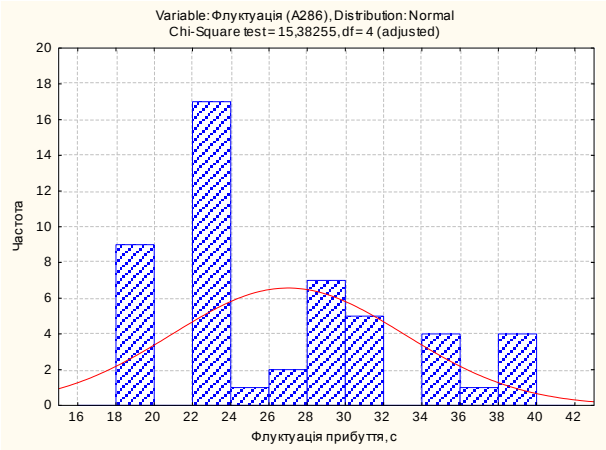


Рисунок Д.13 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А286

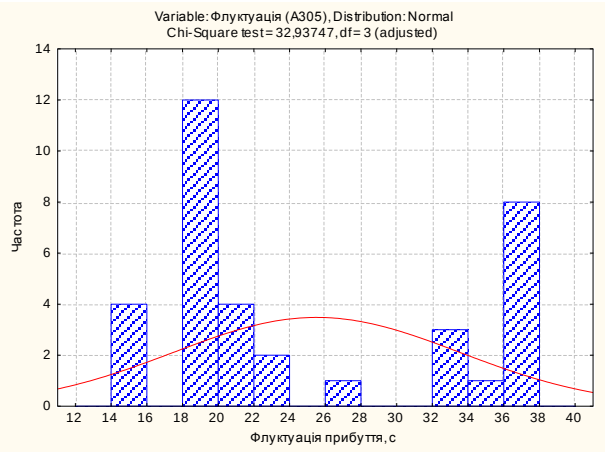


Рисунок Д.14 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А305

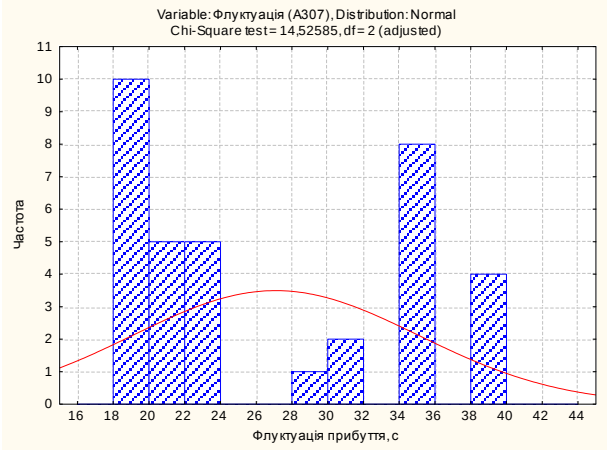


Рисунок Д.15 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А307

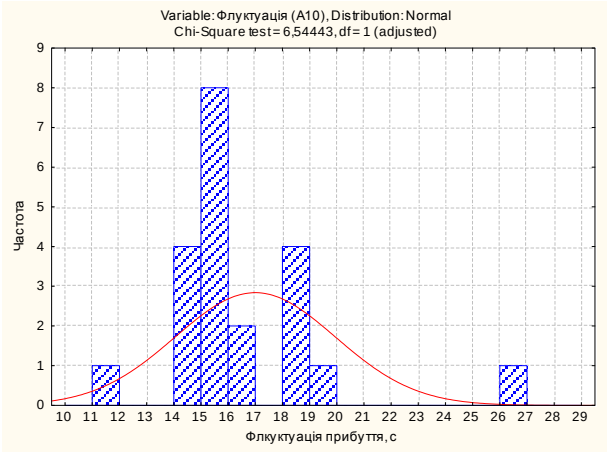


Рисунок Д.16 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А10

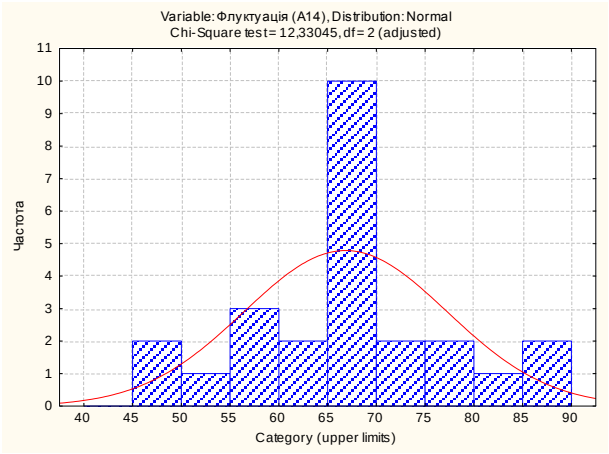


Рисунок Д.17 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А14

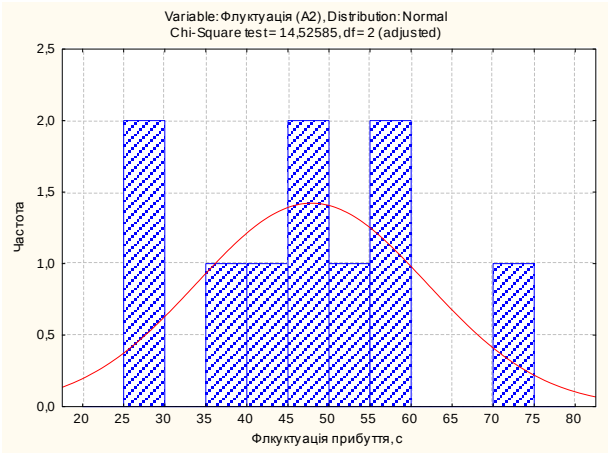
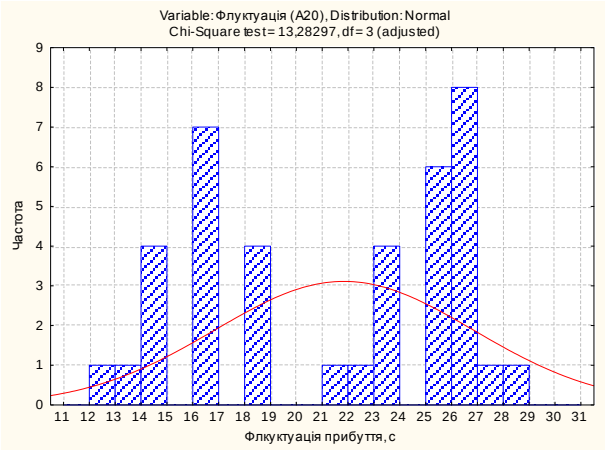


Рисунок Д.18 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А2



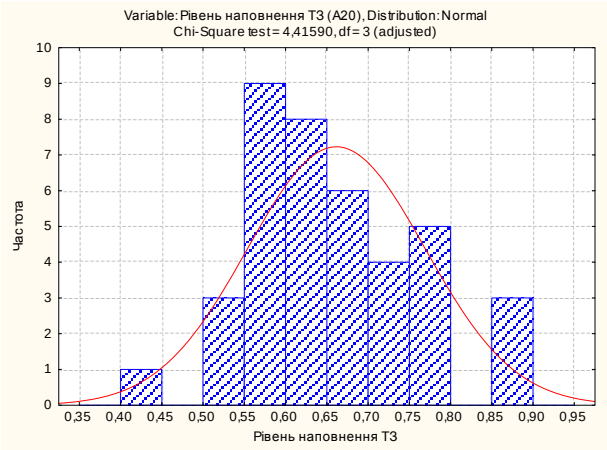
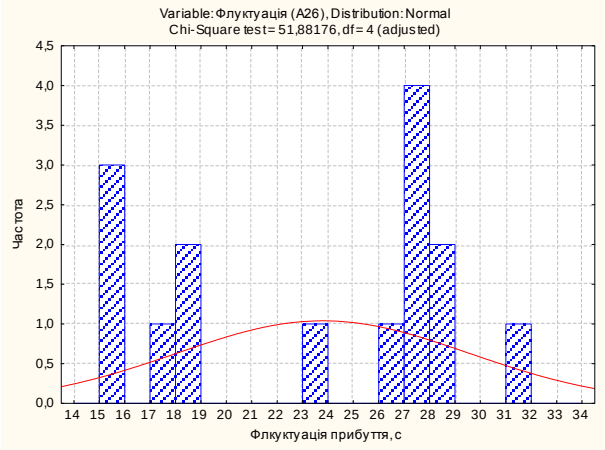


Рисунок Д.19 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А20



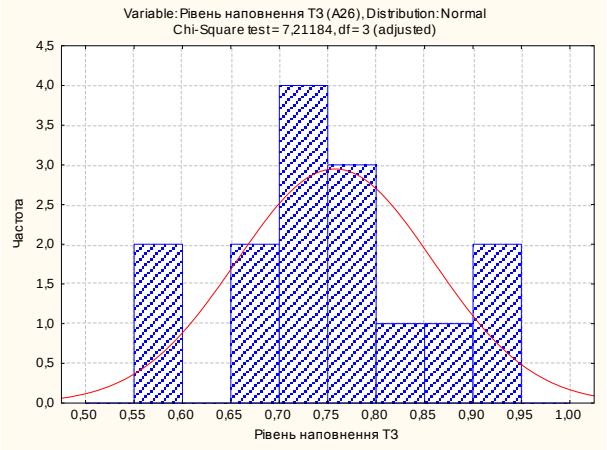
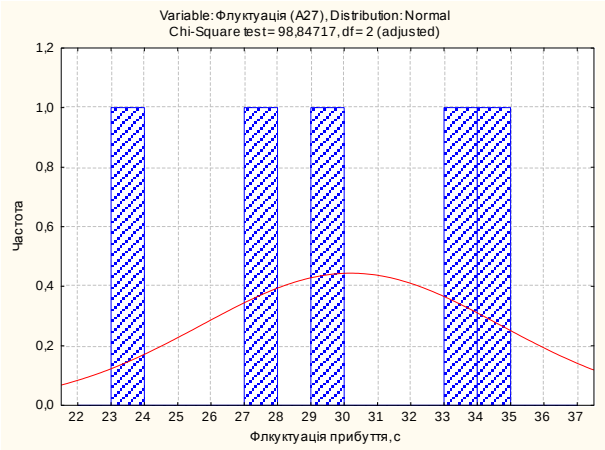


Рисунок Д.20 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А26



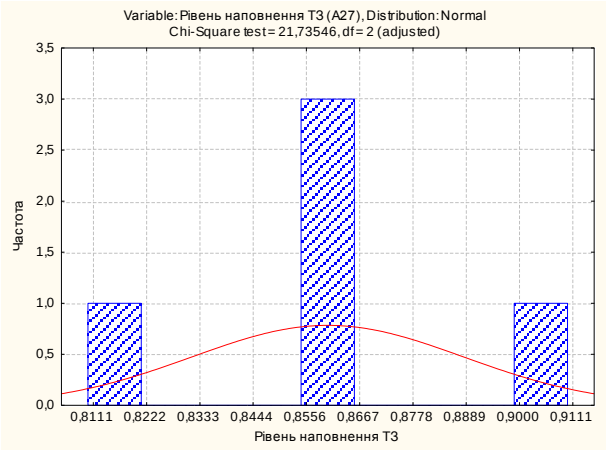


Рисунок Д.21 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А27

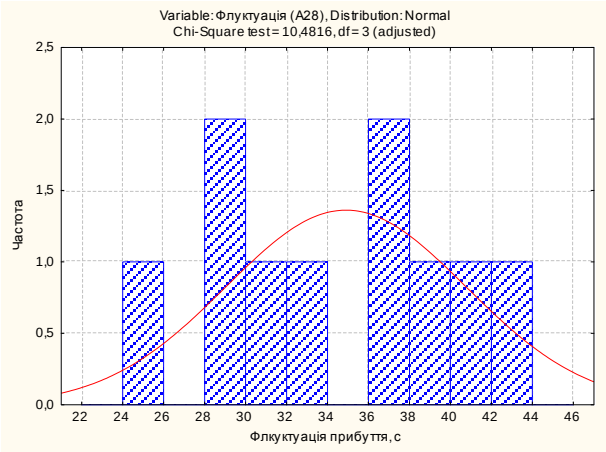


Рисунок Д.22 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А28

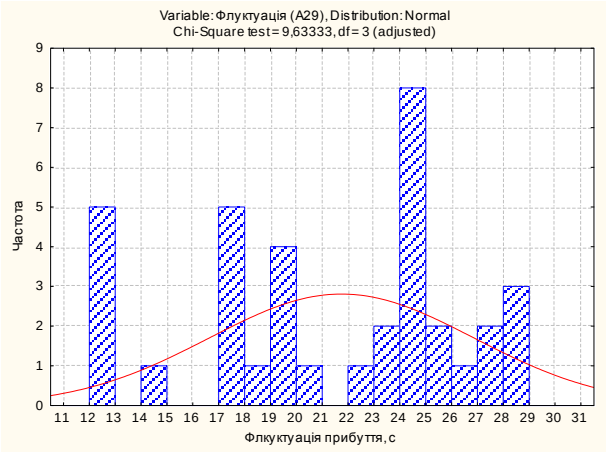


Рисунок Д.23 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А29

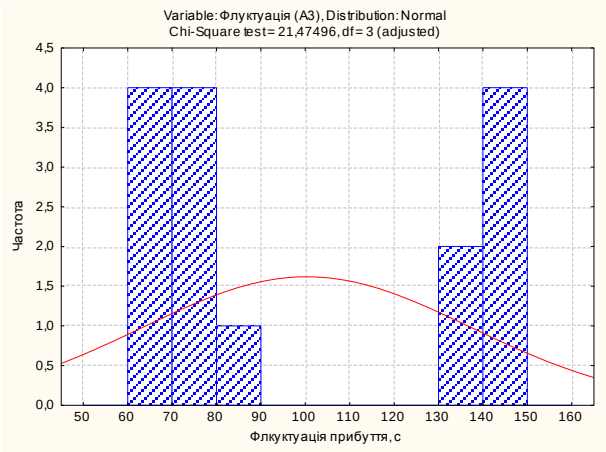
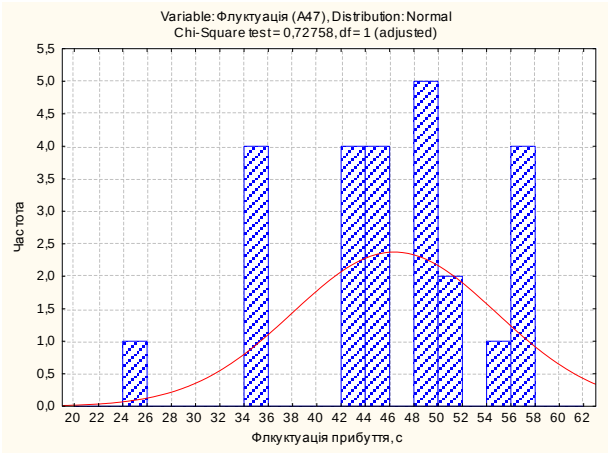


Рисунок Д.24 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А3



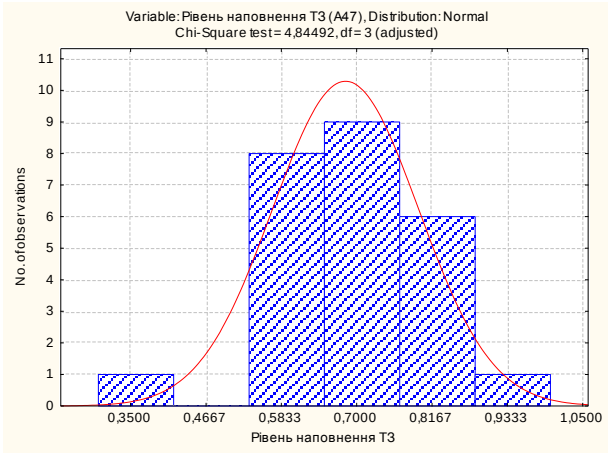
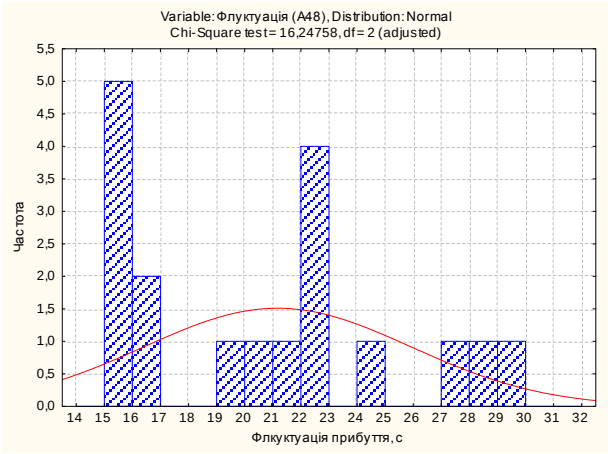


Рисунок Д.25 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А47



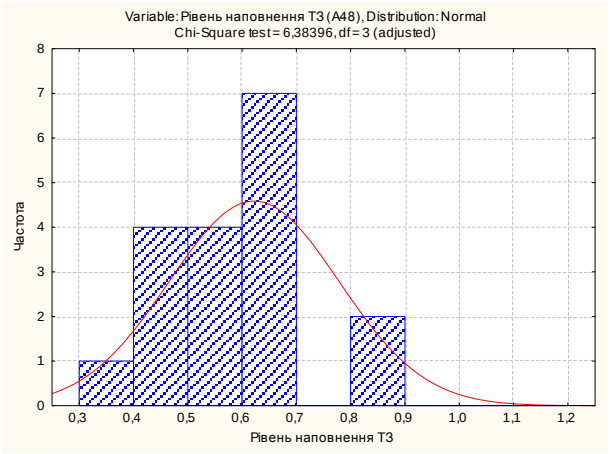
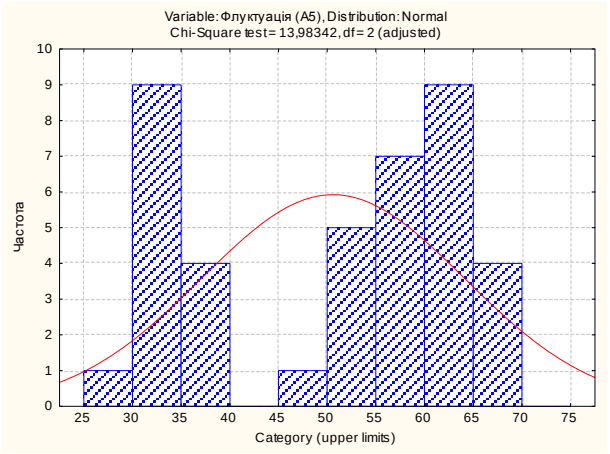


Рисунок Д.26 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А48



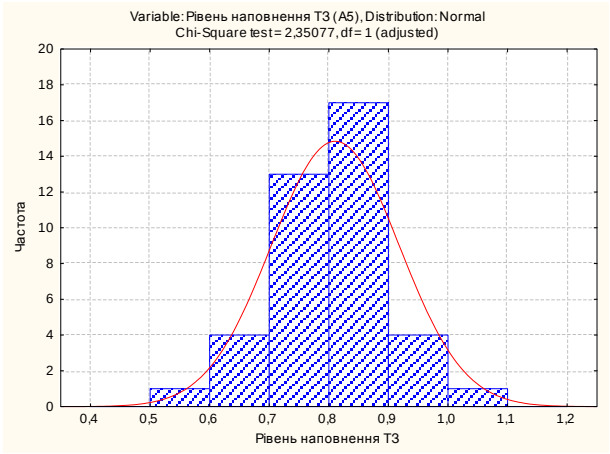
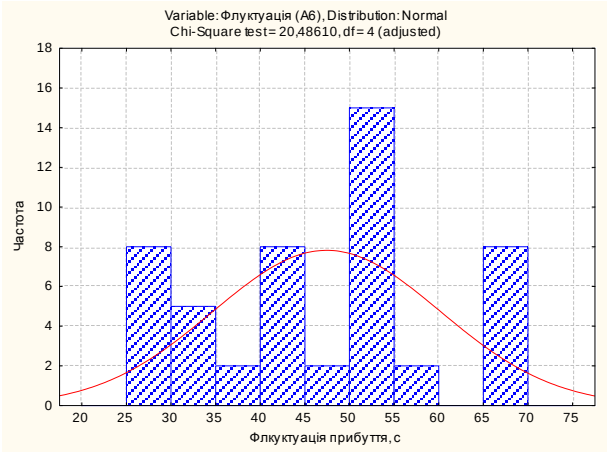


Рисунок Д.27 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А5



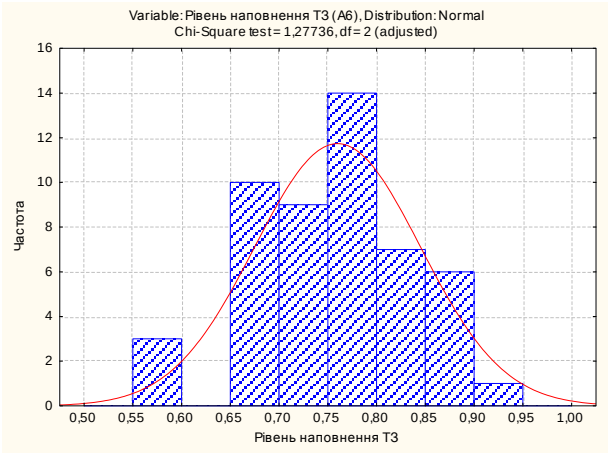
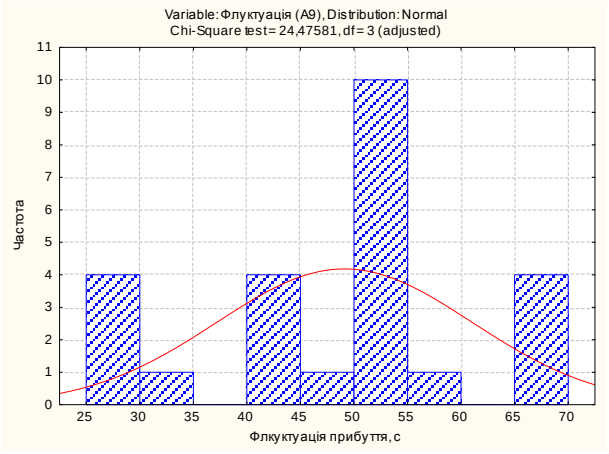


Рисунок Д.28 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А6



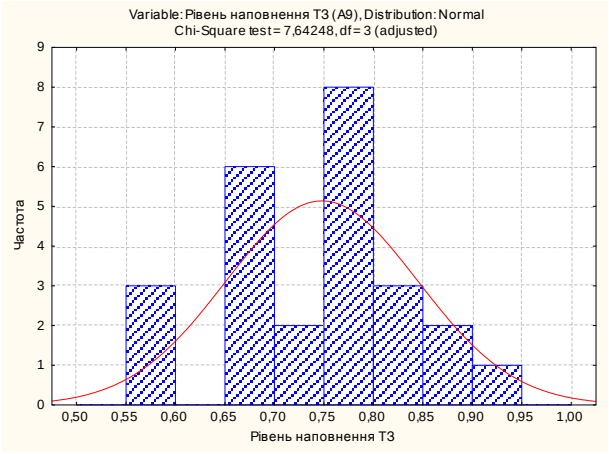
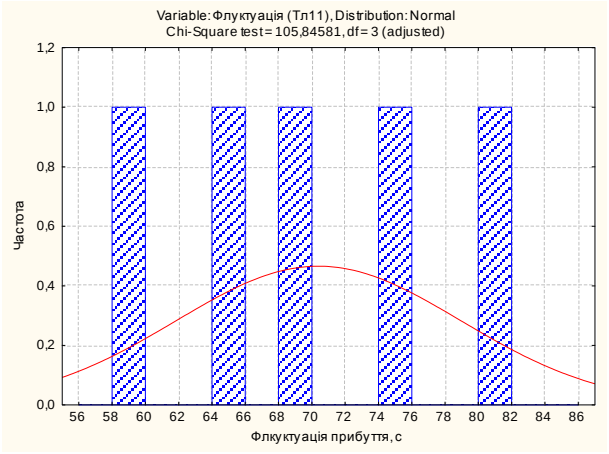


Рисунок Д.29 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту А9



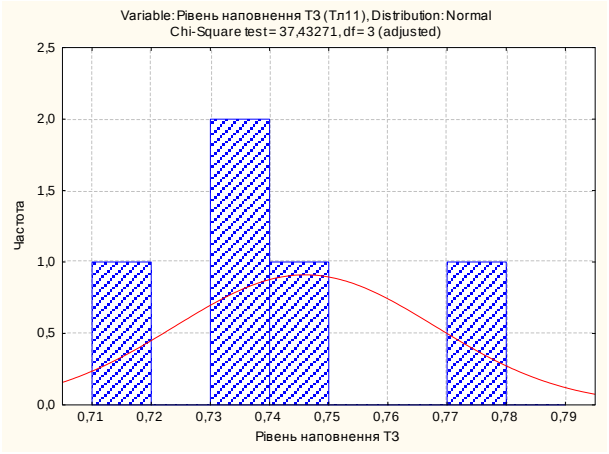
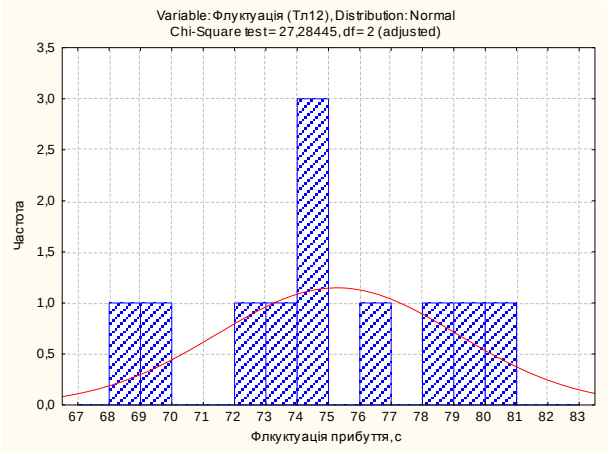


Рисунок Д.30 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту Тл11



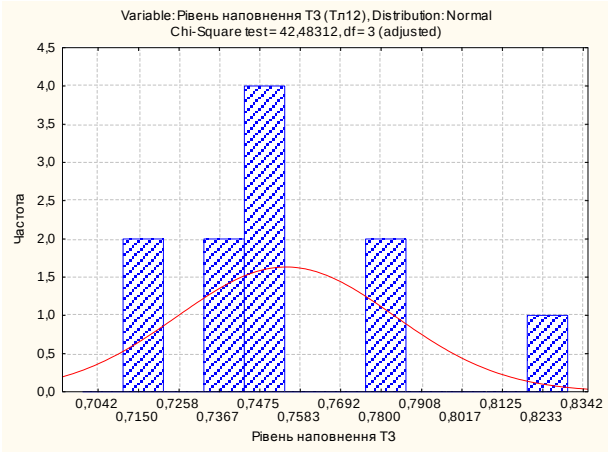
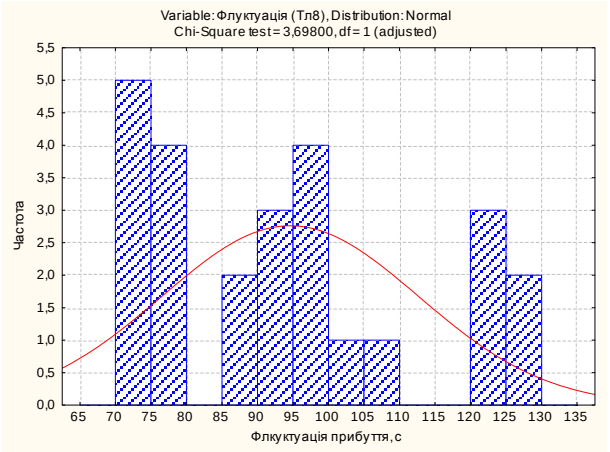


Рисунок Д.31 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту Тл12



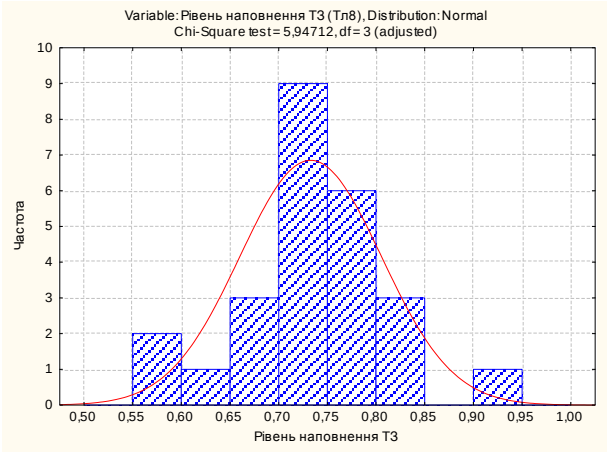
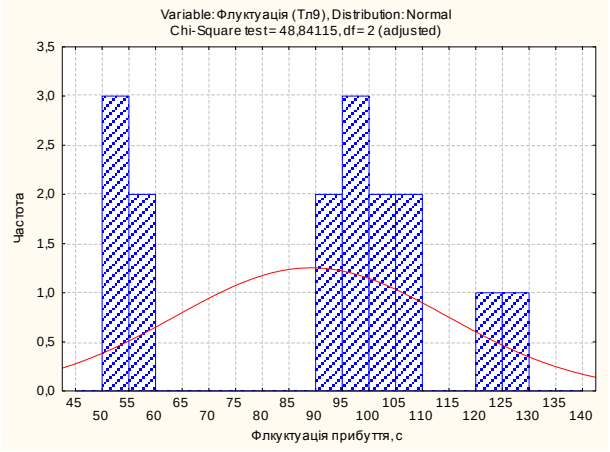


Рисунок Д.32 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту Тл8



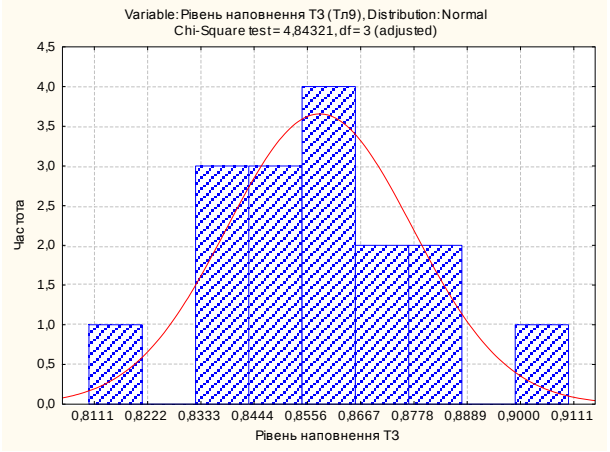


Рисунок Д.33 – Гістограми розподілу випадкових величин для маршруту Тл9

Додаток Е

Результати моделювання

Таблиця Е.1 – Результати моделювання ЗП «ст. м. Героїв Праці»

№ серії	Тривалість простою, хв	Тривалість сервісного простою, хв	Рівень резерву ЗП	Загальна тривалість черги, хв	Середня тривалість простою в черзі, хв	Кількість конфліктів	Інтенсивність прибуття, авт/год	Питома вага конфліктів	Час перемщення пасажира, хв	Питома вага блокування смуги руху	Рівень завантаженя рухом ВДМ	Завантаженя маршрута потоком
1	1,3	0	0,624	1,18	0,59	2	32	0,063	8,48	0,02	0,636	1,05
2	1,3	0	0,616	3,92	0,98	4	32	0,125	9,53	0,065	0,644	1,05
3	1,4	0,1	0,595	1,78	0,59	3	32	0,094	8,27	0,03	0,638	1,047
4	1,3	0	0,572	4,74	0,79	6	32	0,188	8,95	0,079	0,646	1,05
5	1,5	0,2	0,564	2,87	0,96	3	32	0,094	9,09	0,048	0,641	1,043
6	1,5	0,2	0,55	4,95	0,83	6	32	0,188	9,24	0,083	0,647	1,043
7	1,3	0	0,532	7,96	1,33	6	32	0,188	8,87	0,133	0,655	1,05
8	2	0,7	0,494	5,27	0,75	7	32	0,219	7,98	0,088	0,648	1,026
9	1,8	0,5	0,473	1,78	0,59	3	32	0,094	8,51	0,03	0,638	1,033
10	1,8	0,5	0,467	7,15	1,02	7	32	0,219	7,86	0,119	0,653	1,033
11	1,8	0,5	0,456	8	1,33	6	32	0,188	7,89	0,133	0,655	1,033
12	2,3	1	0,439	3,3	0,47	7	32	0,219	7,98	0,055	0,642	1,016
13	1,5	0,2	0,432	9,33	1,17	8	32	0,25	9,46	0,156	0,659	1,043
14	1,6	0,3	0,418	9,31	2,33	4	32	0,125	8,72	0,155	0,659	1,04
15	2	0,7	0,403	5,53	0,92	6	32	0,188	7,68	0,092	0,648	1,026
16	2	0,7	0,387	7,13	1,19	6	32	0,188	7,58	0,119	0,653	1,026
17	1,8	0,5	0,383	3,56	0,89	4	32	0,125	7,67	0,059	0,643	1,033
18	2,2	0,9	0,346	8,32	0,83	10	32	0,313	7,63	0,139	0,656	1,02
19	2,2	0,9	0,334	6,82	1,14	6	32	0,188	7,51	0,114	0,652	1,02
20	1,9	0,6	0,328	6,11	0,76	8	32	0,25	7,61	0,102	0,65	1,029
21	2,3	1	0,318	9,02	1,29	7	32	0,219	7,28	0,15	0,658	1,016
22	2,3	1	0,317	5,13	0,86	6	32	0,188	7,89	0,086	0,647	1,016
23	2,3	1	0,309	11,82	1,31	9	32	0,281	7,59	0,197	0,666	1,016
24	2,4	1,1	0,293	4,19	1,05	4	32	0,125	7,28	0,07	0,645	1,013
25	2,5	1,2	0,291	13,49	1,69	8	32	0,25	8,24	0,225	0,671	1,01
26	2	0,7	0,288	13,42	1,49	9	32	0,281	7,62	0,224	0,671	1,026
27	2,4	1,1	0,287	10,72	1,53	7	32	0,219	7,92	0,179	0,663	1,013
28	2,4	1,1	0,287	4	0,8	5	32	0,156	7,93	0,067	0,644	1,013
29	2,4	1,1	0,285	13,43	1,34	10	32	0,313	7,21	0,224	0,671	1,013
30	2,8	1,5	0,285	11,39	1,27	9	32	0,281	8,5	0,19	0,665	1
31	2,3	1	0,278	9,16	0,92	10	32	0,313	7,59	0,153	0,658	1,016
32	2	0,7	0,263	9,32	1,04	9	32	0,281	7,57	0,155	0,659	1,026
33	2,9	1,6	0,224	10,97	1,37	8	32	0,25	8,23	0,183	0,664	0,996
34	2,6	1,3	0,216	15,58	1,56	10	32	0,313	7,41	0,26	0,677	1,006
35	2,9	1,6	0,186	18,25	1,66	11	32	0,344	7,98	0,304	0,685	0,996
36	2,6	1,3	0,118	16,53	0,92	18	32	0,563	8,12	0,276	0,68	1,006
37	2,9	1,6	0,115	14,58	1,12	13	32	0,406	8,91	0,243	0,674	0,996
38	3	1,7	0,093	19,47	1,22	16	32	0,5	8,57	0,325	0,689	0,993
39	2,8	1,5	0,061	28,56	2,04	14	32	0,438	8,48	0,476	0,719	1
40	3,1	1,8	0,057	33,55	1,86	18	32	0,563	8,66	0,559	0,736	0,99
41	3,2	1,9	0,031	30,43	1,69	18	32	0,563	9,46	0,507	0,725	0,987
42	3,2	1,9	0,03	42,35	2,02	21	32	0,656	10,16	0,706	0,769	0,987
43	2,8	1,5	0,022	31,98	1,39	23	32	0,719	8,2	0,533	0,731	1
44	2,9	1,6	0,014	37,89	1,72	22	32	0,688	9,79	0,632	0,752	0,996
45	3,5	2,2	0,011	38,17	1,82	21	32	0,656	10,42	0,636	0,753	0,979

Таблиця Е.2 – Результати моделювання ЗП «Кривий Ріг – Вокзальний»

№ серії	Тривалість простою, хв	Тривалість сервісного простою, хв	Рівень резерву ЗП	Загальна тривалість черги, хв	Середня тривалість простою в черзі, хв	Кількість конфліктів	Інтенсивність прибуття, авт/год	Питома вага конфліктів	Час переміщення пасажира, хв	Питома вага блокування смуги руху	Рівень завантаження рухом ВДМ	Завантаження маршрута потоком
1	1,58	2,93	0,474	0	0	0	38	0	7,88	0	0	1,033
2	2,06	1,84	0,495	0	0	0	38	0	6,58	0	0	1,057
3	1,61	1,38	0,58	4,81	0,13	0	38	0	5,31	0,08	0	1,067
4	2,81	3,44	0,182	7,05	0,19	2	38	0,053	8,39	0,118	0	1,022
5	2,06	3,34	0,384	2,82	0,07	3	38	0,079	8,55	0,047	0	1,024
6	2,86	3,9	0,233	0	0	2	38	0,053	7,21	0	0	1,012
7	2,12	4,23	0,189	0	0	4	38	0,105	8,52	0	0	1,005
8	2,08	3,02	0,314	0	0	0	38	0	7,1	0	0	1,031
9	1,81	2,55	0,325	0,44	0,01	1	38	0,026	7,48	0,007	0	1,041
10	1,71	1,8	0,404	0,15	0	0	38	0	6,85	0,003	0	1,058
11	1,44	1,18	0,513	0	0	0	38	0	5,61	0	0	1,071
12	1,96	2,2	0,396	0	0	2	38	0,053	7,16	0	0	1,048
13	2,83	4,83	0,166	4,54	0,12	1	38	0,026	8,41	0,076	0	0,993
14	1,74	2,11	0,492	0	0	0	38	0	6,35	0	0	1,051
15	3,14	4,13	0,056	9,79	0,26	6	38	0,158	9,27	0,163	0	1,008
16	2,33	3,27	0,205	4,37	0,12	0	38	0	8,44	0,073	0	1,025
17	2,85	5,47	0,045	15,82	0,42	12	38	0,316	9,97	0,264	0	0,981
18	2,35	4,19	0,277	2,61	0,07	3	38	0,079	8,38	0,044	0	1,007
19	1,23	0,46	0,575	0	0	0	38	0	6,38	0	0	1,089
20	1,9	3,43	0,392	0	0	3	38	0,079	7,26	0	0	1,022
21	2,9	4,16	0,225	0	0	5	38	0,132	7,69	0	0	1,007
22	1,73	1,82	0,6	0	0	2	38	0,053	5,4	0	0	1,057
23	2,25	3,27	0,275	6,2	0,16	0	38	0	8,48	0,103	0	1,025
24	1,82	2,06	0,535	0	0	0	38	0	6,56	0	0	1,052
25	2,81	5,13	0,074	11,08	0,29	10	38	0,263	9,51	0,185	0	0,988
26	1,6	2,06	0,403	1,42	0,04	0	38	0	6,03	0,024	0	1,052
27	2,84	5,06	0,154	6,56	0,17	4	38	0,105	8,86	0,109	0	0,989
28	2,4	4,64	0,207	0	0	4	38	0,105	9,82	0	0	0,998
29	2,18	3,22	0,39	2,59	0,07	0	38	0	8,41	0,043	0	1,026
30	2,99	3,86	0,1	5,97	0,16	8	38	0,211	7,9	0,1	0	1,013
31	1,38	0,84	0,568	0,09	0	0	38	0	6,03	0,002	0	1,08
32	1,19	0,86	0,629	0,05	0	0	38	0	5,73	0,001	0	1,079
33	1,43	1,97	0,553	0,11	0	0	38	0	6,09	0,002	0	1,054
34	2,17	2,97	0,313	1,06	0,03	1	38	0,026	7,23	0,018	0	1,032
35	1,77	2,21	0,443	0,31	0,01	0	38	0	6,46	0,005	0	1,048
36	2,67	3,56	0,154	4,86	0,13	4	38	0,105	7,43	0,081	0	1,02
37	1,95	3,34	0,384	0,54	0,01	1	38	0,026	6,88	0,009	0	1,024
38	1,24	0,84	0,613	0,06	0	0	38	0	5,86	0,001	0	1,08
39	2,88	4,95	0,085	9,39	0,25	7	38	0,184	8,74	0,157	0	0,991
40	3	4,34	0,046	13,63	0,36	10	38	0,263	9,25	0,227	0	1,003
41	2,02	2,65	0,361	0,67	0,02	1	38	0,026	7,11	0,011	0	1,038
42	1,74	2,66	0,452	0,28	0,01	0	38	0	6,69	0,005	0	1,038
43	1,91	3,23	0,397	0,48	0,01	1	38	0,026	6,94	0,008	0	1,026
44	2,6	4,74	0,175	3,98	0,1	4	38	0,105	9,12	0,066	0	0,996

Продовження таблиці Е.2

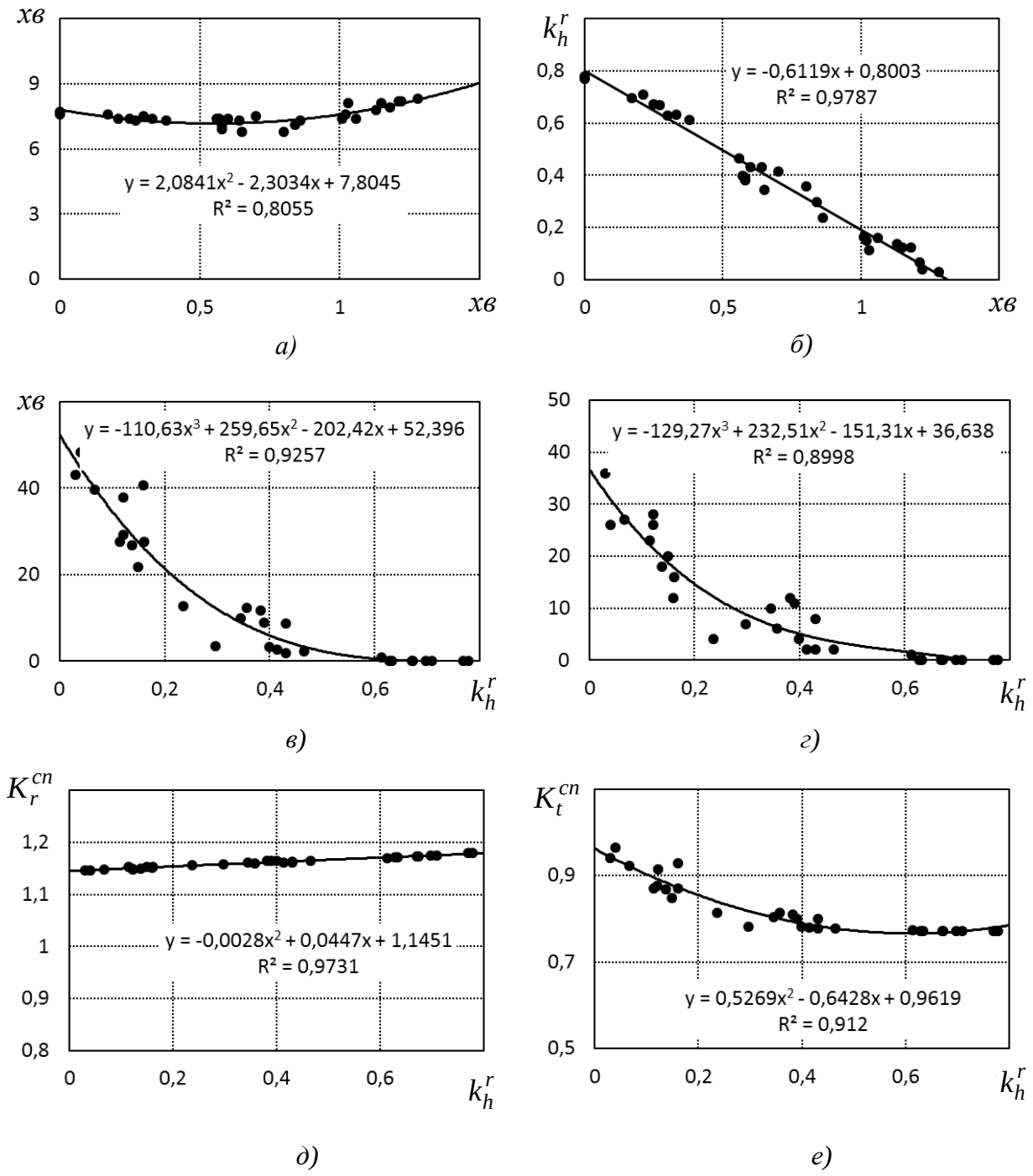
№ серії	Тривалість простою, хв	Тривалість сервісного простою, хв	Рівень резерву ЗП	Загальна тривалість черги, хв	Середня тривалість простою в черзі, хв	Кількість конфліктів	Інтенсивність прибуття, авт/год	Питома вага конфліктів	Час перемщення пасажира, хв	Питома вага блокування смуги руху	Рівень завантаження рухом ВДМ	Завантаження маршрута потоком
45	2,6	3,53	0,175	3,98	0,1	4	38	0,105	8,79	0,066	0	1,02
46	2,1	3,7	0,335	0,86	0,02	1	38	0,026	8,57	0,014	0	1,016
47	1,31	1,39	0,589	0,08	0	0	38	0	6,11	0,001	0	1,067
48	1,43	1,1	0,553	0,11	0	0	38	0	5,15	0,002	0	1,074
49	1,54	1,71	0,518	0,15	0	0	38	0	6,2	0,003	0	1,059
50	2,41	4,49	0,237	2,2	0,06	2	38	0,053	8,66	0,037	0	1
51	1,27	2,02	0,602	0,07	0	0	38	0	6,27	0,001	0	1,053
52	2,03	2,54	0,36	0,68	0,02	1	38	0,026	6,18	0,011	0	1,042
53	2,53	3,14	0,197	3,22	0,08	3	38	0,079	7,15	0,054	0	1,029
54	2,44	4,64	0,226	2,44	0,06	2	38	0,053	9,43	0,041	0	0,998
55	2,13	2,3	0,327	0,93	0,02	1	38	0,026	6,36	0,016	0	1,046

Таблиця Е.3 – Результати моделювання ЗП «вул. Залізнична»

№ серії	Тривалість простою, хв	Тривалість сервісного простою, хв	Рівень резерву ЗП	Загальна тривалість черги, хв	Середня тривалість простою в черзі, хв	Кількість конфліктів	Інтенсивність прибуття, авт/год	Питома вага конфліктів	Час переміщення пасажира, хв	Питома вага блокування смуги руху	Рівень завантаження рухом ВДМ	Завантаження маршрута потоком
1	0,8	0,11	0,291	35,3	0,45	22	78	0,282	5,68	0,588	0,695	1,007
2	1,5	0,11	0,217	48,14	0,62	27	78	0,346	5,16	0,802	0,798	1,001
3	0,7	0,1	0,32	18,3	0,23	13	78	0,167	4,7	0,305	0,594	1,017
4	1,2	0,15	0,198	31,64	0,41	35	78	0,449	4,98	0,527	0,67	1,007
5	1,2	0,36	0,103	92,07	1,18	45	78	0,577	6,5	1	0,924	0,97
6	1,8	0,16	0,189	6,9	0,09	27	78	0,346	4,73	0,115	0,541	1,02
7	1,5	0,27	0,171	61,78	0,79	34	78	0,436	6,33	1	0,924	0,988
8	1	0,26	0,174	34,6	0,44	37	78	0,474	5,56	0,577	0,69	1,002
9	1	0,22	0,153	19,99	0,26	38	78	0,487	5,52	0,333	0,603	1,01
10	1,5	0,05	0,268	18,3	0,23	20	78	0,256	5,25	0,305	0,594	1,019
11	0,8	0,17	0,24	18,3	0,23	32	78	0,41	5,29	0,305	0,594	1,014
12	1	0,17	0,218	54,76	0,7	24	78	0,308	5,86	0,913	0,864	0,995
13	1,2	0,2	0,219	29,41	0,38	30	78	0,385	5,12	0,49	0,656	1,006
14	1,9	0,53	0,081	69,61	0,89	57	78	0,731	6,59	1	0,924	0,974
15	1,2	0,6	0,028	91,54	1,17	77	78	0,987	6,9	1	0,924	0,962
16	0,8	0,23	0,192	45,83	0,59	28	78	0,359	5,62	0,764	0,777	0,997
17	1,4	0,11	0,261	48,69	0,62	26	78	0,333	5,22	0,812	0,803	1,001
18	1,3	0,56	0,07	120,15	1,54	52	78	0,667	7,63	1	0,924	0,951
19	1,4	0,08	0,258	46,19	0,59	26	78	0,333	5,31	0,77	0,78	1,003
20	1,1	0,14	0,273	18,3	0,23	29	78	0,372	4,72	0,305	0,594	1,015
21	1,5	0,32	0,146	9,23	0,12	44	78	0,564	4,96	0,154	0,551	1,012
22	1	0,24	0,212	46,53	0,6	33	78	0,423	5,4	0,776	0,783	0,996
23	1,1	0,12	0,26	2,97	0,04	20	78	0,256	4,67	0,05	0,525	1,024
24	1,1	0,72	0,023	150,73	1,93	71	78	0,91	8,42	1	0,924	0,931
25	0,6	0,08	0,294	18,3	0,23	15	78	0,192	5,21	0,305	0,594	1,018
26	1	0,36	0,125	74,91	0,96	52	78	0,667	6,84	1	0,924	0,979
27	1,8	0,57	0,063	101,27	1,3	62	78	0,795	7,63	1	0,924	0,958
28	1,3	0,51	0,054	93,15	1,19	62	78	0,795	7,1	1	0,924	0,964
29	1,8	0,67	0,024	95,85	1,23	64	78	0,821	7,84	1	0,924	0,957
30	1,5	0,21	0,156	38,13	0,49	39	78	0,5	5,88	0,636	0,715	1,002
31	1,2	0,39	0,131	38,76	0,5	43	78	0,551	6,03	0,646	0,72	0,995
32	0,8	0,1	0,286	18,3	0,23	30	78	0,385	5,35	0,305	0,594	1,017
33	1,1	0,14	0,233	52,54	0,67	33	78	0,423	5,72	0,876	0,84	0,998
34	1,7	0,19	0,203	8,08	0,1	25	78	0,321	4,66	0,135	0,546	1,019
35	1,6	0,57	0,069	94	1,21	64	78	0,821	6,95	1	0,924	0,962
36	1	0,12	0,278	18,3	0,23	28	78	0,359	5,15	0,305	0,594	1,016
37	1,5	0,15	0,257	42,2	0,54	25	78	0,321	5,87	0,703	0,747	1,002
38	0,7	0,06	0,288	29,08	0,37	25	78	0,321	4,91	0,485	0,654	1,012
39	1,9	0,54	0,069	54,53	0,7	58	78	0,744	6,23	0,909	0,861	0,982
40	1,3	0,02	0,32	18,3	0,23	28	78	0,359	4,56	0,305	0,594	1,02
41	1,3	0,19	0,22	28,12	0,36	24	78	0,308	5,36	0,469	0,648	1,007
42	1,9	0,7	0,038	139,68	1,79	66	78	0,846	8,76	1	0,924	0,936
43	1,5	0,01	0,307	18,3	0,23	28	78	0,359	5,17	0,305	0,594	1,02
44	1,2	0,42	0,102	66,09	0,85	45	78	0,577	6,02	1	0,924	0,981
45	0,7	0,01	0,306	22,27	0,29	28	78	0,359	5,01	0,371	0,615	1,018
46	1,8	0,68	0,039	116,13	1,49	60	78	0,769	7,72	1	0,924	0,948
47	1	0,19	0,264	18,3	0,23	22	78	0,282	5,43	0,305	0,594	1,012

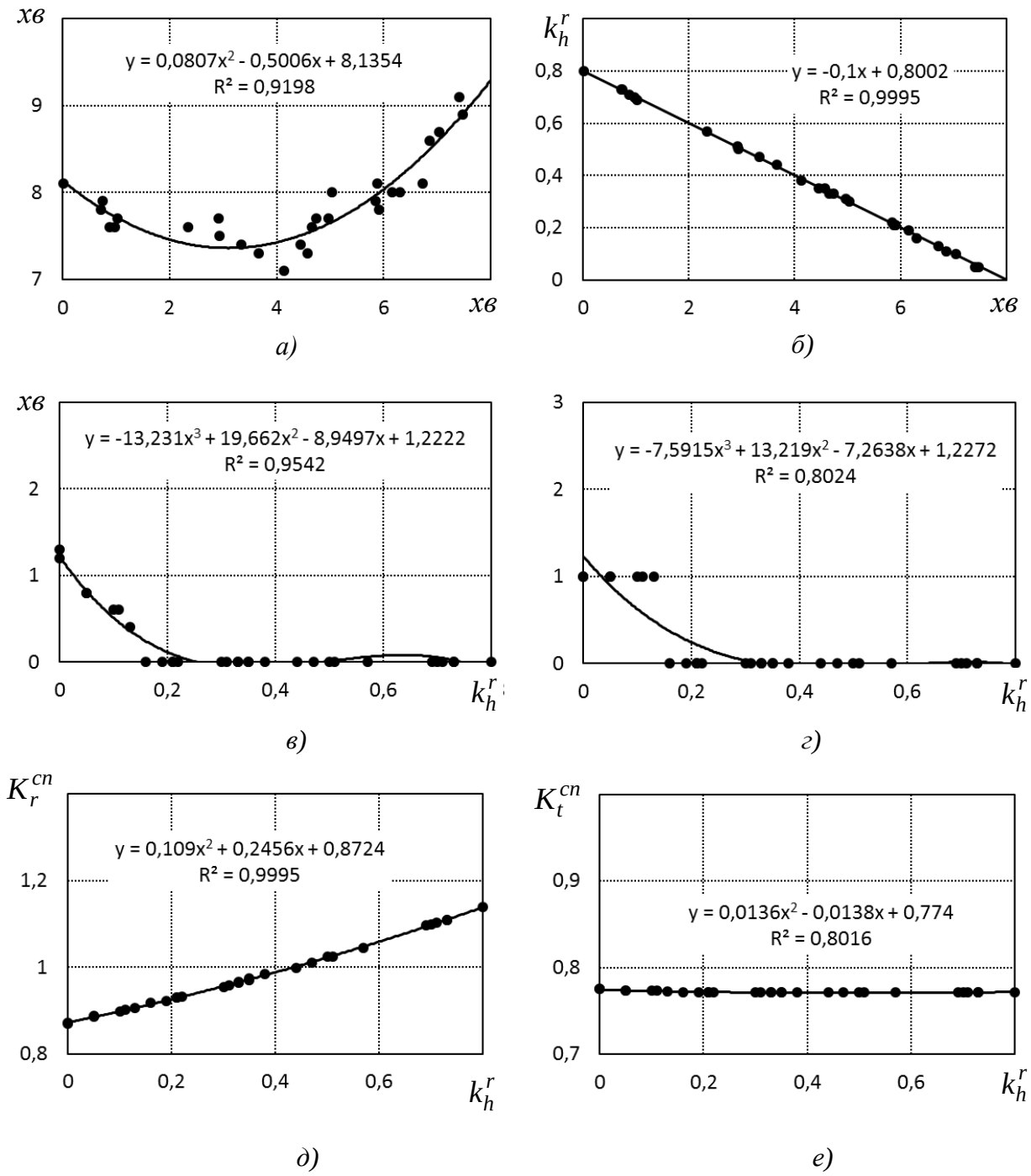
Продовження таблиці Е.3

№ серії	Тривалість простою, хв	Тривалість сервісного простою, хв	Рівень резерву ЗП	Загальна тривалість черги, хв	Середня тривалість простою в черзі, хв	Кількість конфліктів	Інтенсивність прибуття, авт/год	Питома вага конфліктів	Час переміщення пасажира, хв	Питома вага блокування смуги руху	Рівень завантаження рухом ВДМ	Завантаження маршрута потоком
48	0,9	0,35	0,148	66,87	0,86	41	78	0,526	6,21	1	0,924	0,983
49	1,5	0,55	0,055	106,61	1,37	69	78	0,885	7,52	1	0,924	0,957
50	1,4	0,18	0,21	21,65	0,28	34	78	0,436	5,37	0,361	0,611	1,011
51	1,4	0,57	0,04	92,97	1,19	60	78	0,769	7,26	1	0,924	0,962
52	1,9	0,69	0,018	153,47	1,97	67	78	0,859	8,13	1	0,924	0,931
53	1,2	0,16	0,307	18,3	0,23	14	78	0,179	5,23	0,305	0,594	1,015
54	1	0,39	0,121	61,98	0,79	46	78	0,59	6,52	1	0,924	0,984
55	1,8	0,21	0,191	41,17	0,53	27	78	0,346	5,59	0,686	0,739	1
56	1,7	0,28	0,185	18,3	0,23	33	78	0,423	4,96	0,305	0,594	1,009
57	1,6	0,23	0,16	5,43	0,07	45	78	0,577	4,63	0,091	0,535	1,018
58	1,1	0,38	0,102	60,67	0,78	44	78	0,564	6,11	1	0,924	0,985
59	1,5	0,08	0,232	33,06	0,42	32	78	0,41	5,44	0,551	0,68	1,009
60	1,8	0,76	0,005	131,84	1,69	78	78	1	8,03	1	0,924	0,938
61	1,4	0,12	0,286	41,4	0,53	30	78	0,385	5,52	0,69	0,74	1,004
62	0,7	0,15	0,281	18,3	0,23	23	78	0,295	5,11	0,305	0,594	1,015
63	1,6	0,12	0,259	18,3	0,23	34	78	0,436	4,92	0,305	0,594	1,016
64	1,2	0,37	0,124	23,68	0,3	53	78	0,679	5,51	0,395	0,623	1,003
65	1,5	0,11	0,265	36,24	0,46	26	78	0,333	5,45	0,604	0,702	1,007
66	1,6	0,26	0,13	37,04	0,47	44	78	0,564	5,22	0,617	0,707	1,001
67	1,6	0,47	0,067	79,58	1,02	60	78	0,769	7,04	1	0,924	0,972
68	1,9	0,77	0,021	120,31	1,54	78	78	1	8,07	1	0,924	0,942
69	1,5	0,27	0,138	54,44	0,7	43	78	0,551	5,95	0,907	0,86	0,992
70	1,1	0,33	0,097	96,59	1,24	57	78	0,731	6,78	1	0,924	0,969
71	1,6	0,74	0,029	136,62	1,75	77	78	0,987	7,97	1	0,924	0,936
72	1,4	0,1	0,268	4,29	0,06	19	78	0,244	5,04	0,072	0,53	1,024
73	1,8	0,57	0,038	108,32	1,39	60	78	0,769	7,37	1	0,924	0,955
74	1,2	0,19	0,217	46,78	0,6	38	78	0,487	5,32	0,78	0,786	0,998
75	0,8	0,09	0,255	50,22	0,64	26	78	0,333	5,17	0,837	0,817	1,001
76	1,8	0,28	0,164	36,3	0,47	31	78	0,397	5,28	0,605	0,702	1
77	1,4	0,32	0,149	80,19	1,03	42	78	0,538	6,46	1	0,924	0,977
78	1	0,3	0,164	42,19	0,54	41	78	0,526	5,67	0,703	0,747	0,996
79	0,9	0,07	0,261	37,85	0,49	33	78	0,423	5,45	0,631	0,713	1,007
80	1,2	0,48	0,055	100,76	1,29	64	78	0,821	7,19	1	0,924	0,962
81	2	0,53	0,047	105,79	1,36	62	78	0,795	7,53	1	0,924	0,958
82	1,3	0,17	0,169	28,3	0,36	41	78	0,526	5,43	0,472	0,649	1,008
83	1,3	0,45	0,086	105	1,35	60	78	0,769	7,46	1	0,924	0,961
84	1,8	0,21	0,159	57,63	0,74	41	78	0,526	5,9	0,961	0,896	0,992
85	1,6	0,51	0,072	86,45	1,11	54	78	0,692	6,97	1	0,924	0,967
86	1,2	0,56	0,063	125,49	1,61	62	78	0,795	8,11	1	0,924	0,948
87	1,1	0,18	0,26	8,54	0,11	34	78	0,436	4,89	0,142	0,548	1,019
88	1,9	0,36	0,137	38,69	0,5	41	78	0,526	5,47	0,645	0,72	0,996
89	1	0,47	0,084	96,97	1,24	51	78	0,654	7,52	1	0,924	0,964
90	1,1	0,15	0,319	18,3	0,23	25	78	0,321	5,02	0,305	0,594	1,015
91	1,7	0,14	0,19	57,26	0,73	39	78	0,5	5,76	0,954	0,891	0,995
92	1,3	0,14	0,275	39,31	0,5	24	78	0,308	5,66	0,655	0,724	1,004
93	1,6	0,13	0,254	37,46	0,48	31	78	0,397	5,05	0,624	0,71	1,005
94	1	0,21	0,169	18,3	0,23	38	78	0,487	5,08	0,305	0,594	1,012
95	1,2	0,3	0,153	2,87	0,04	39	78	0,5	5,35	0,048	0,524	1,017



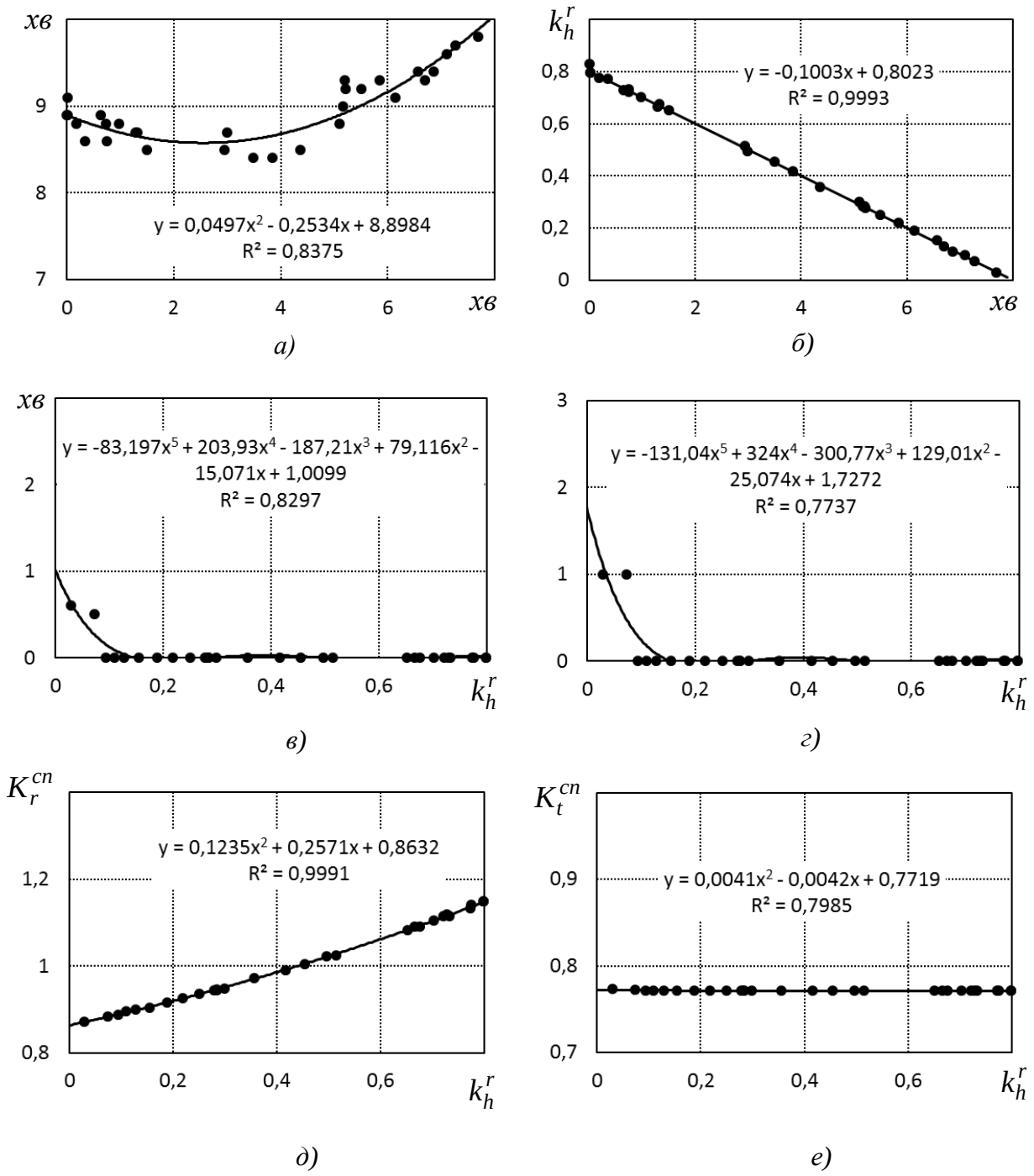
а – середній час переміщення пасажира через ЗП; *б* – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; *в* – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; *г* – кількість конфліктних ситуацій; *д* – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; *е* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок Е.1 – Вплив параметрів взаємодії суб’єктів маршрутного потоку на сервісно-ресурсні показники ЗП №1 ТПВ «ст. м. Героїв Праці» (базовий варіант)



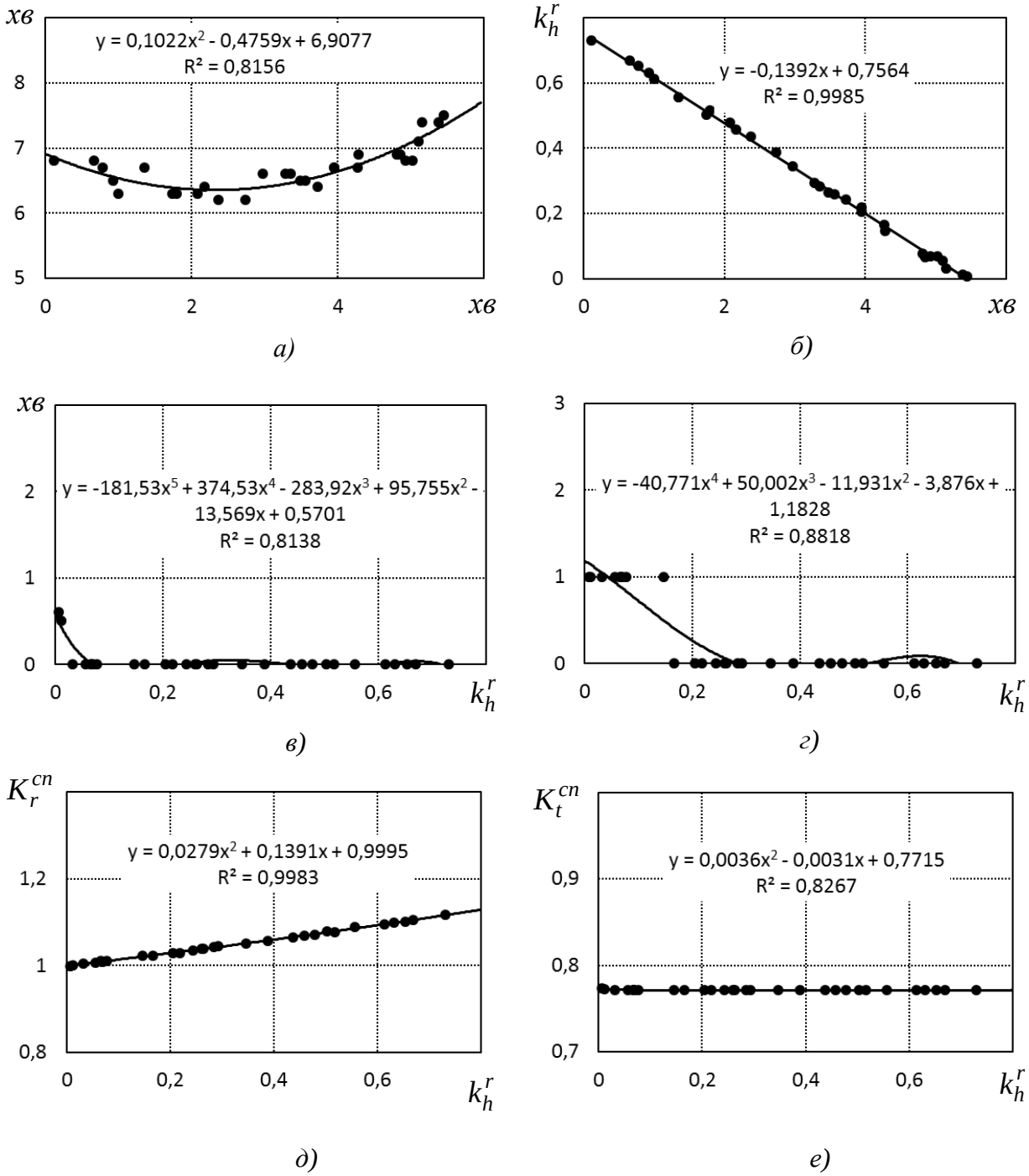
а – середній час переміщення пасажира через ЗП; *б* – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; *в* – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; *г* – кількість конфліктних ситуацій; *д* – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; *е* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок Е.2 – Вплив параметрів взаємодії суб’єктів маршрутного потоку на сервісно-ресурсні показники ЗП №2 ТПВ «ст. м. Героїв Праці» (базовий варіант)



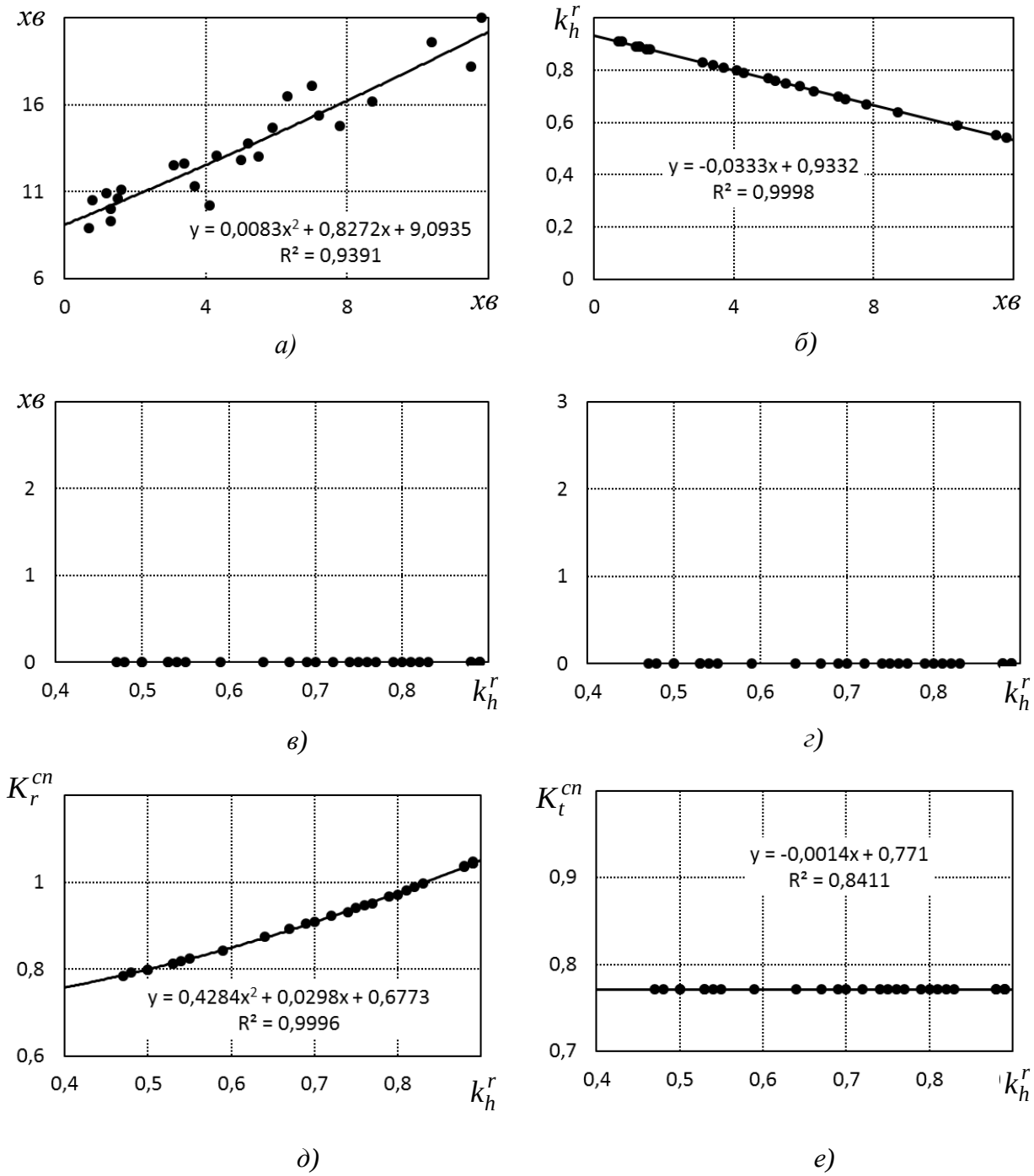
а – середній час переміщення пасажира через ЗП; *б* – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; *в* – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; *г* – кількість конфліктних ситуацій; *д* – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; *е* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок Е.3 – Вплив параметрів взаємодії суб’єктів маршрутного потоку на сервісно-ресурсні показники ЗП №3 ТПВ «ст. м. Героїв Праці» (базовий варіант)



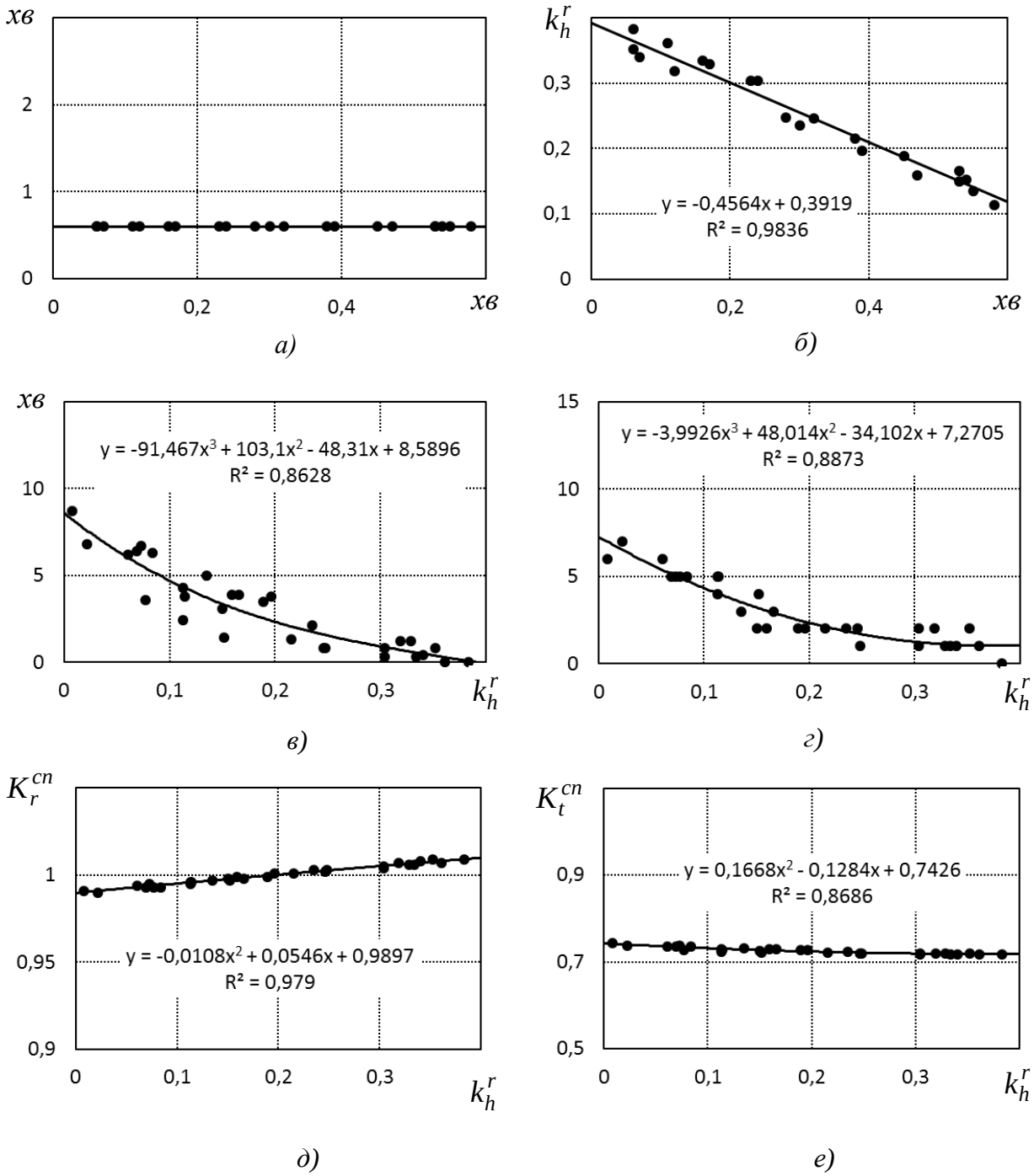
а – середній час переміщення пасажира через ЗП; *б* – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; *в* – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; *г* – кількість конфліктних ситуацій; *д* – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; *е* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок Е.4 – Вплив параметрів взаємодії суб’єктів маршрутного потоку на сервісно-ресурсні показники ЗП №4 ТПВ «ст. м. Героїв Праці» (базовий варіант)



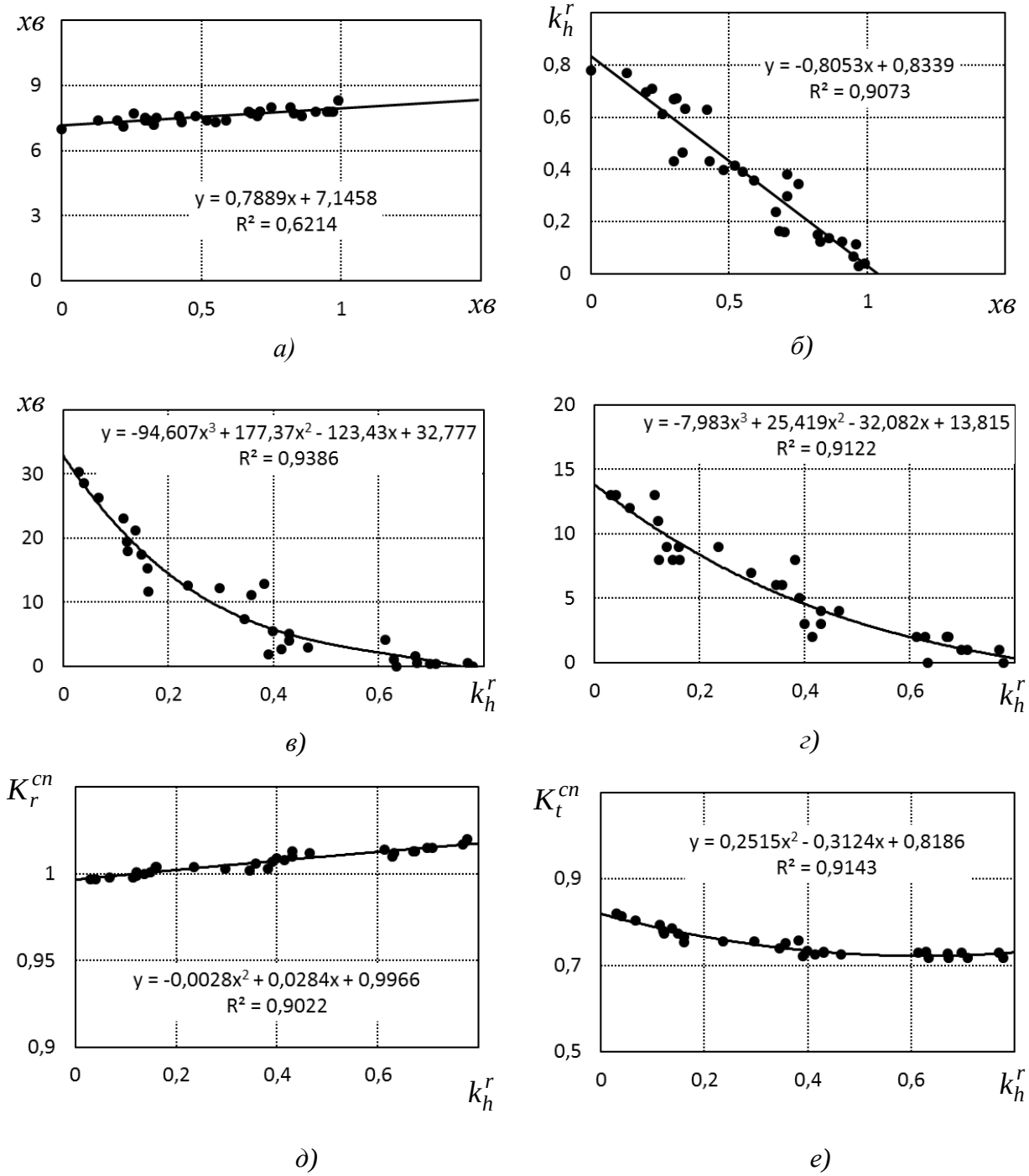
а – середній час переміщення пасажира через ЗП; *б* – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; *в* – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; *г* – кількість конфліктних ситуацій; *д* – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; *е* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок Е.5 – Вплив параметрів взаємодії суб’єктів маршрутного потоку на сервісно-ресурсні показники ЗП №5 ТПВ «ст. м. Героїв Праці» (базовий варіант)



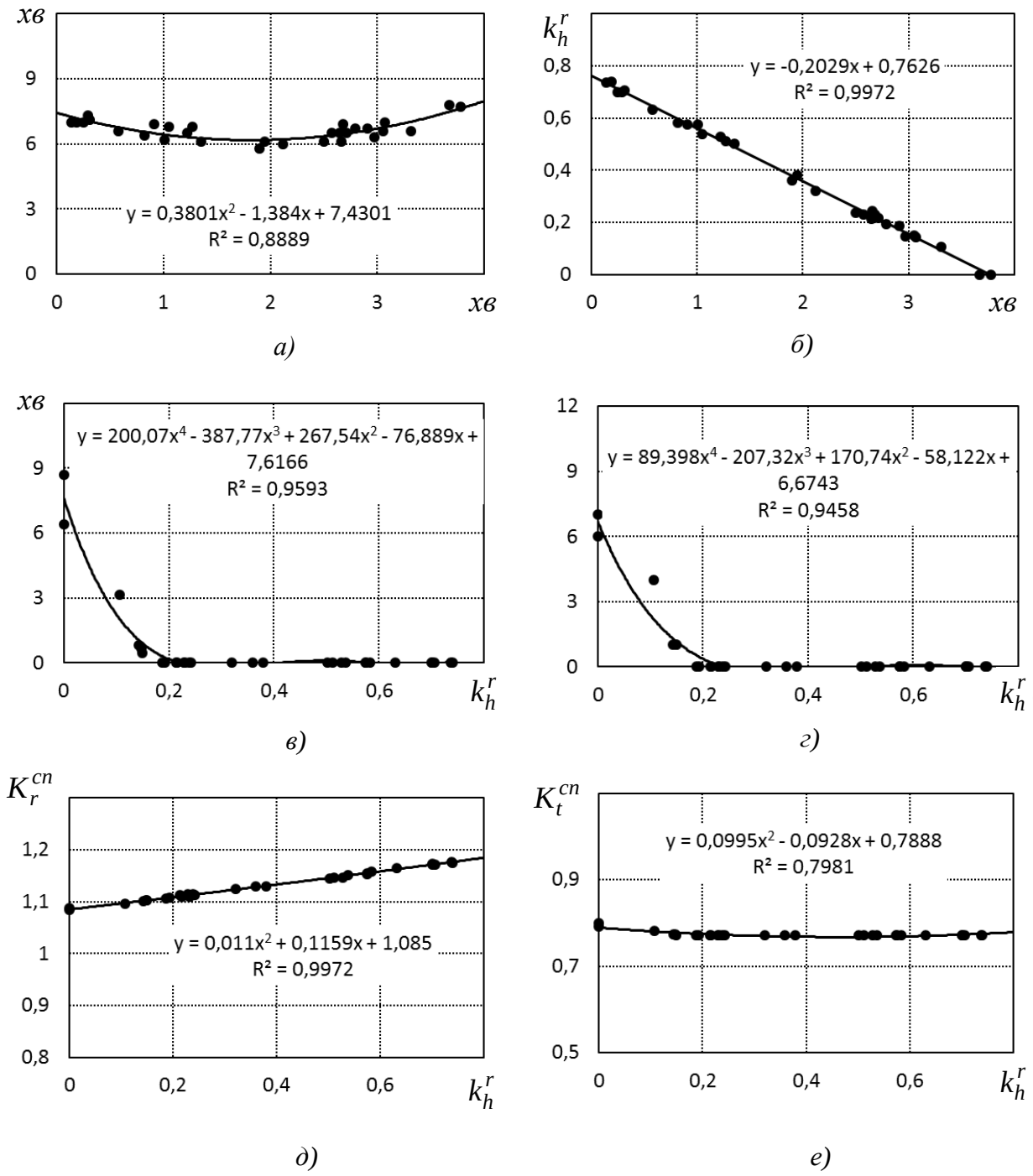
а – середній час переміщення пасажира через ЗП; *б* – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; *в* – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; *г* – кількість конфліктних ситуацій; *д* – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; *е* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок Е.6 – Вплив параметрів взаємодії суб’єктів маршрутного потоку на сервісно-ресурсні показники ЗП №6 ТПВ «ст. м. Героїв Праці» (базовий варіант)



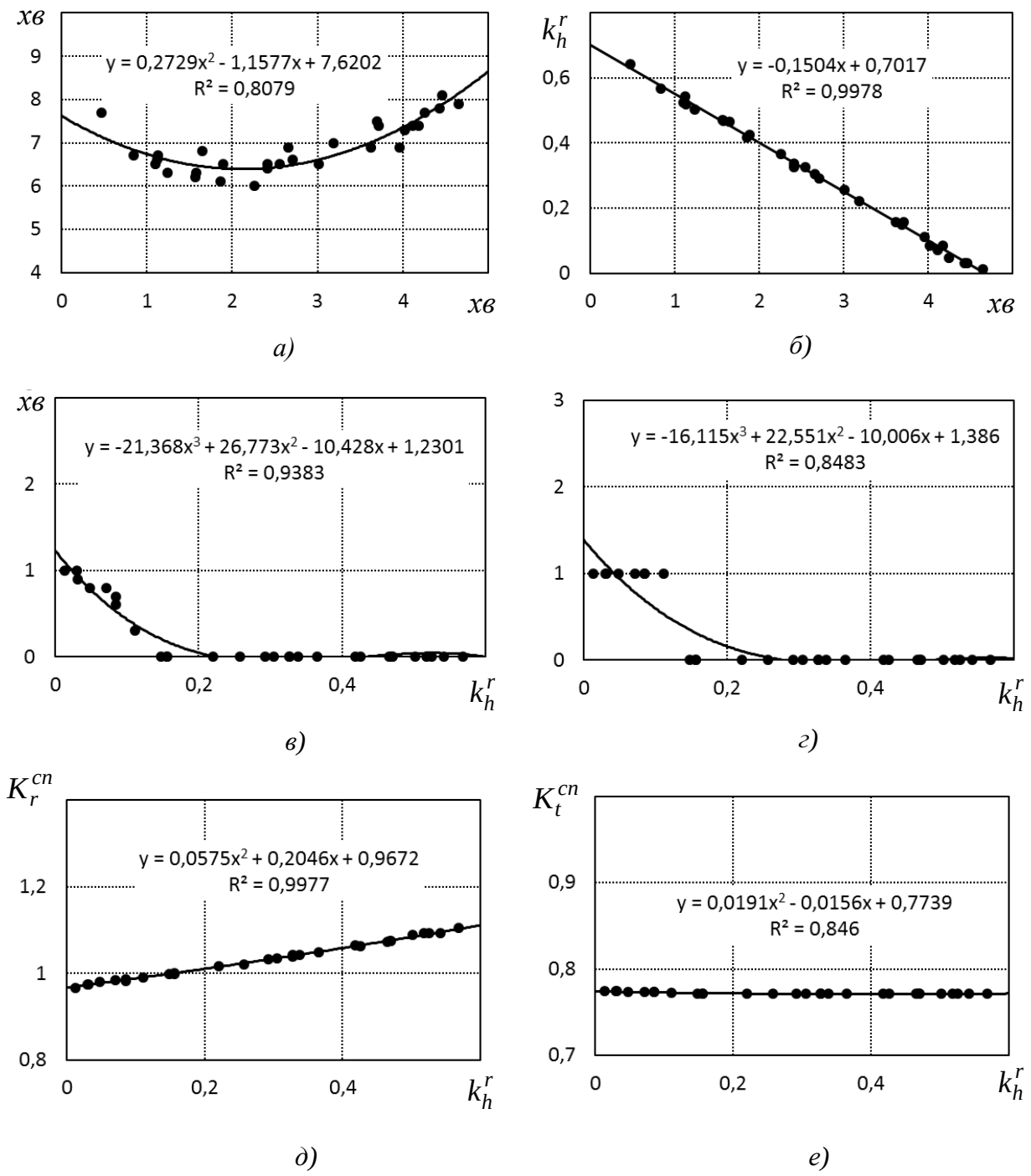
а – середній час переміщення пасажира через ЗП; *б* – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; *в* – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; *г* – кількість конфліктних ситуацій; *д* – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; *е* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок Е.7 – Вплив параметрів взаємодії суб’єктів маршрутного потоку на сервісно-ресурсні показники ЗП №7 ТПВ «ст. м. Героїв Праці» (базовий варіант)



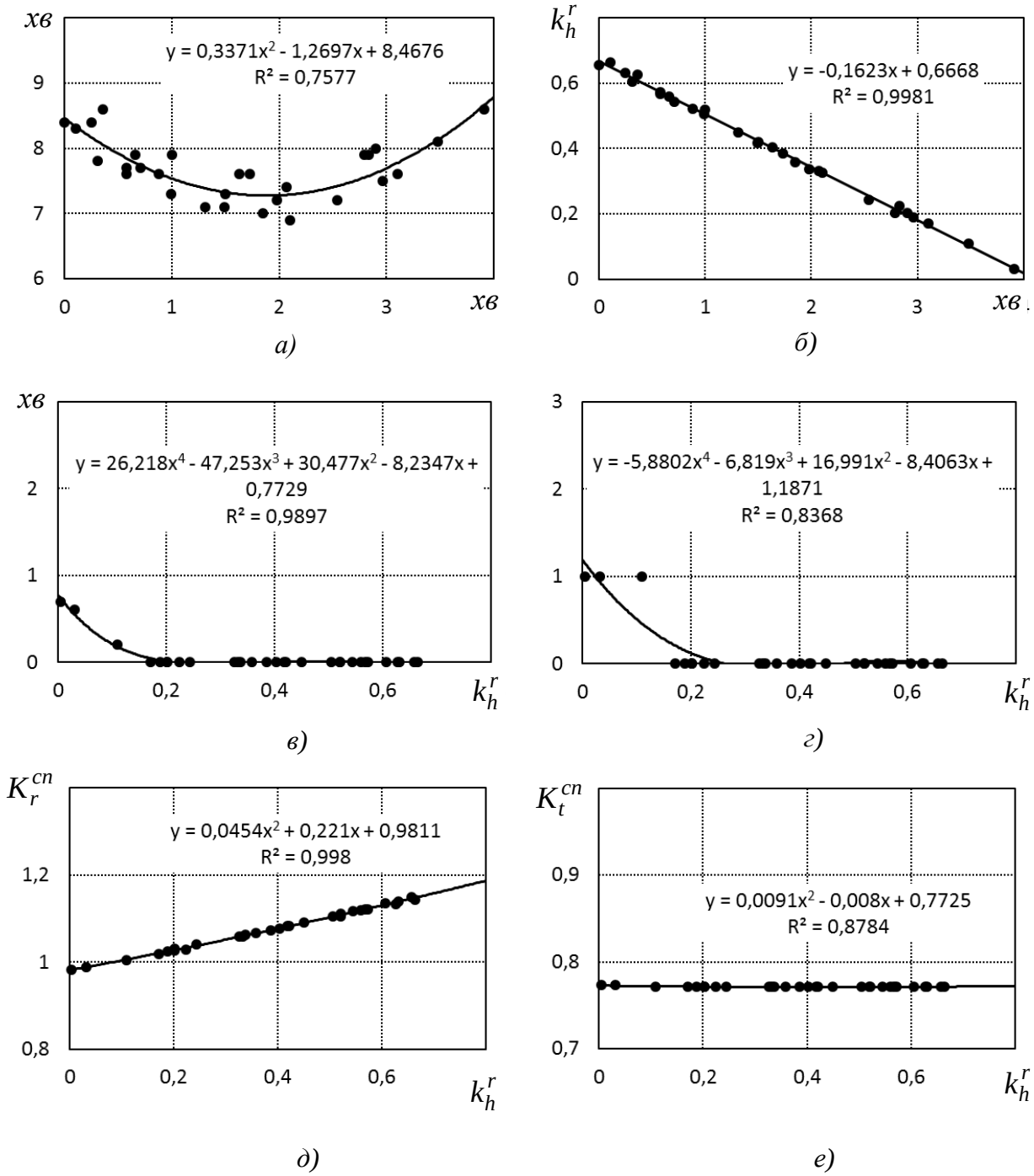
а – середній час переміщення пасажира через ЗП; *б* – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; *в* – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; *г* – кількість конфліктних ситуацій; *д* – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; *е* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок Е.8 – Вплив параметрів взаємодії суб’єктів маршрутного потоку на сервісно-ресурсні показники ЗП №1 ТПВ «ст. м. Героїв Праці» (проектний варіант)



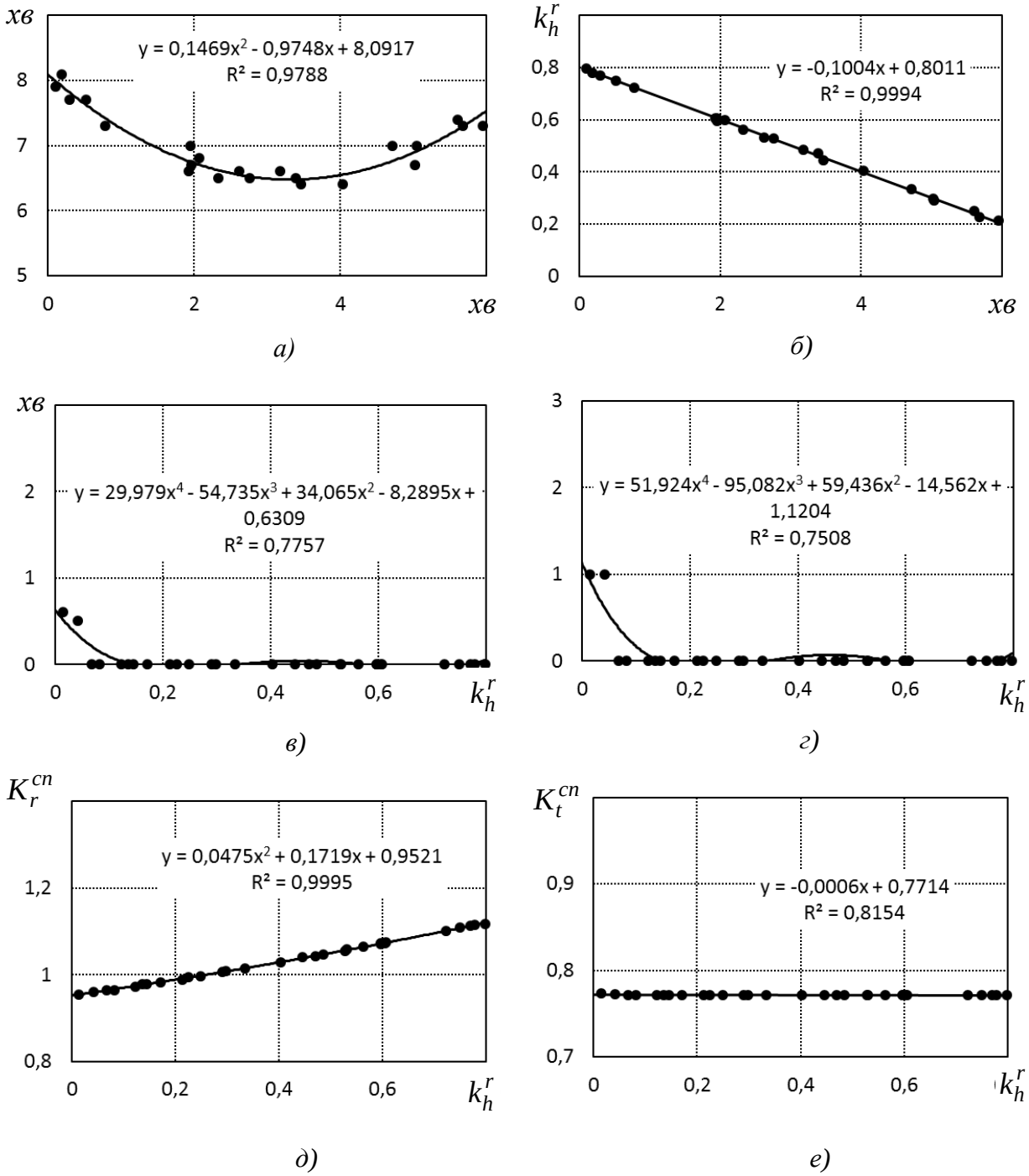
а – середній час переміщення пасажира через ЗП; *б* – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; *в* – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; *г* – кількість конфліктних ситуацій; *д* – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; *е* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок Е.9 – Вплив параметрів взаємодії суб'єктів маршрутного потоку на сервісно-ресурсні показники ЗП №2 ТПВ «ст. м. Героїв Праці» (проектний варіант)



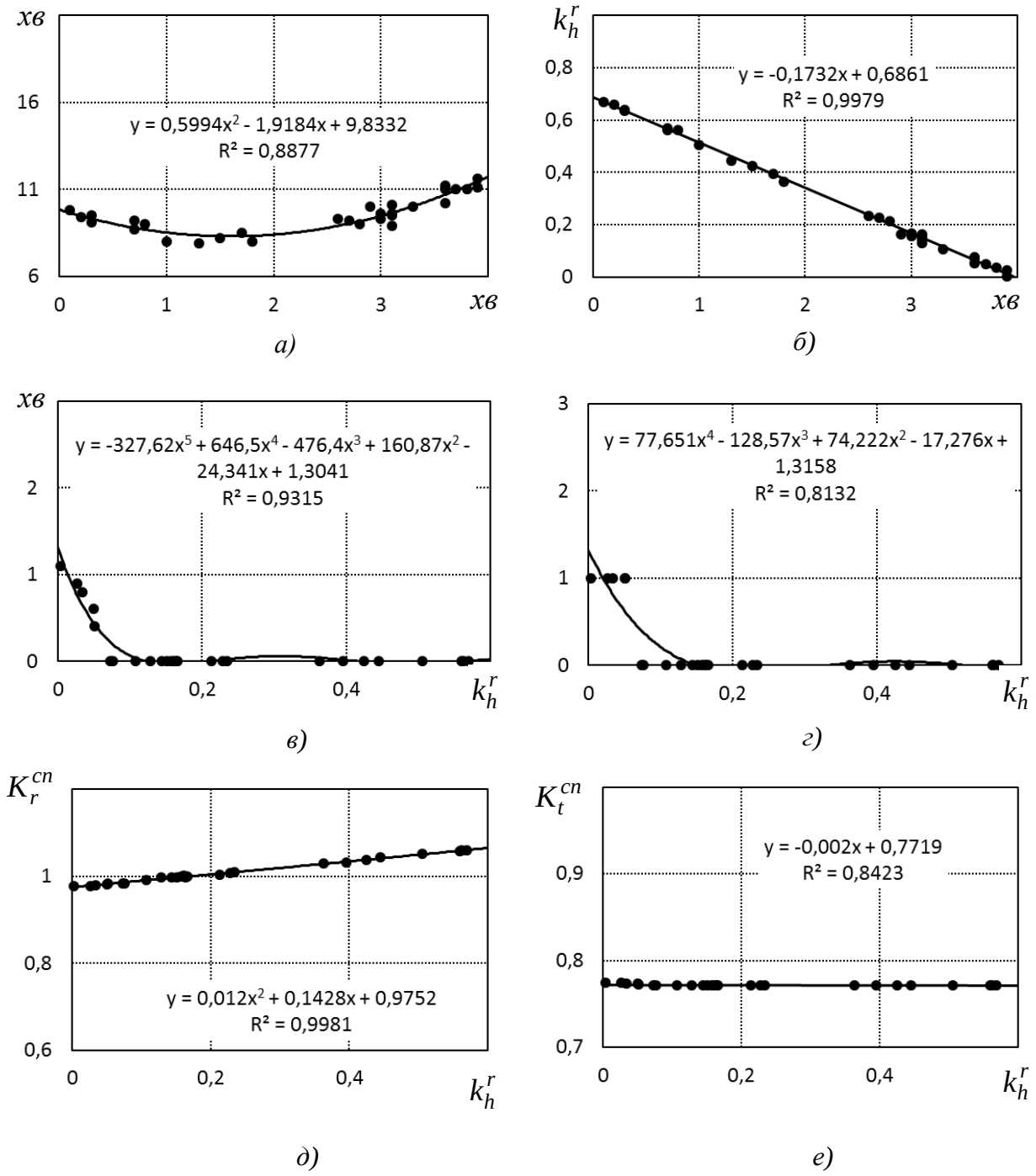
а – середній час переміщення пасажира через ЗП; *б* – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; *в* – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; *г* – кількість конфліктних ситуацій; *д* – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; *е* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок Е.10 – Вплив параметрів взаємодії суб’єктів маршрутного потоку на сервісно-ресурсні показники ЗП №3 ТПВ «ст. м. Героїв Праці» (проектний варіант)



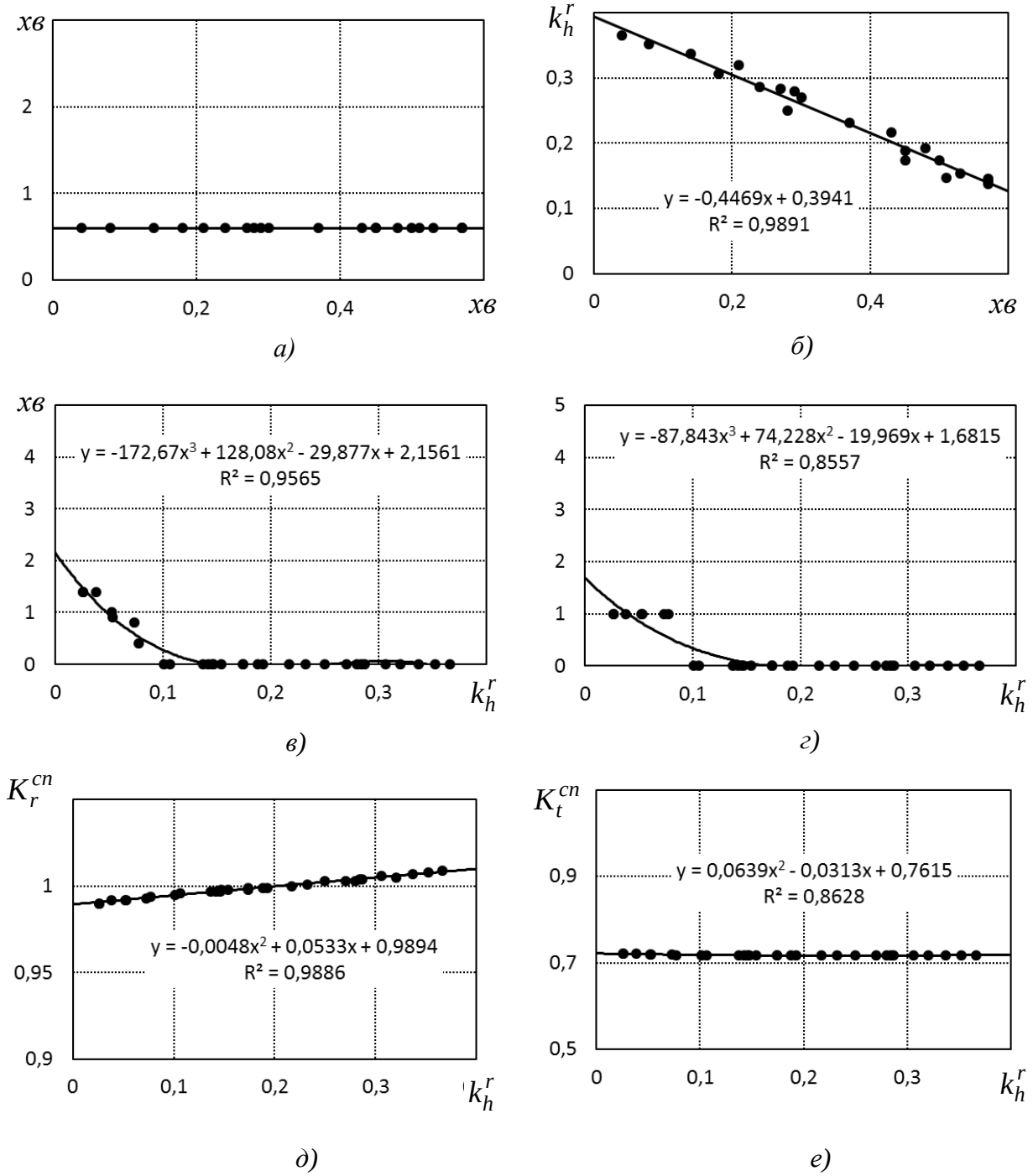
а – середній час переміщення пасажира через ЗП; *б* – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; *в* – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; *г* – кількість конфліктних ситуацій; *д* – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; *е* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок Е.11 – Вплив параметрів взаємодії суб'єктів маршрутного потоку на сервісно-ресурсні показники ЗП №4 ТПВ «ст. м. Героїв Праці» (проектний варіант)



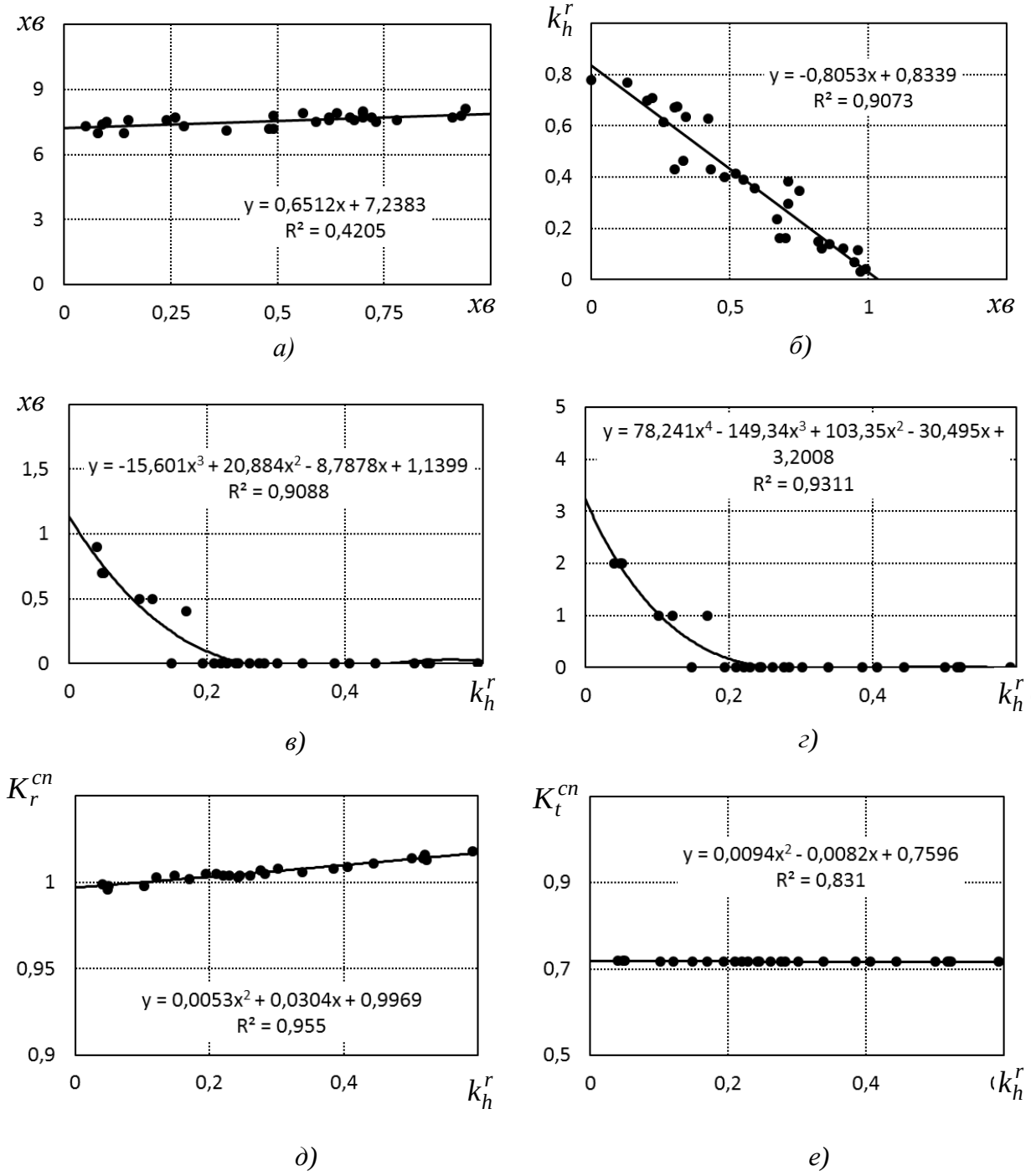
а – середній час переміщення пасажира через ЗП; *б* – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; *в* – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; *г* – кількість конфліктних ситуацій; *д* – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; *е* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок Е.12 – Вплив параметрів взаємодії суб’єктів маршрутного потоку на сервісно-ресурсні показники ЗП №5 ТПВ «ст. м. Героїв Праці» (проектний варіант)



а – середній час переміщення пасажира через ЗП; *б* – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; *в* – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; *г* – кількість конфліктних ситуацій; *д* – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; *е* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок Е.13 – Вплив параметрів взаємодії суб'єктів маршрутного потоку на сервісно-ресурсні показники ЗП №6 ТПВ «ст. м. Героїв Праці» (проектний варіант)



а – середній час переміщення пасажира через ЗП; *б* – рівень резерву пропускної спроможності ЗП; *в* – загальна тривалість простою ТЗ у черзі; *г* – кількість конфліктних ситуацій; *д* – коефіцієнт провізної можливості маршрутів; *е* – рівень завантаження рухом прилеглої проїжджої частини ВДМ

Рисунок Е.14 – Вплив параметрів взаємодії суб'єктів маршрутного потоку на сервісно-ресурсні показники ЗП №7 ТПВ «ст. м. Героїв Праці» (проектний варіант)

Додаток Ж

Результати розробки слот-розкладів

Таблиця Ж.1 – Слот-розклад руху через ТПВ «ст. м. пр. Гагаріна»

ЗП	Маршрут							
№1	Тл 3		А 5е		А 147е		А 304е	
	17:04	17:07	17:08	17:11	17:01	17:04	17:19	17:22
	17:12	17:15	17:16	17:19	17:13	17:16	17:36	17:39
	17:20	17:23	17:24	17:27	17:25	17:28		
	17:28	17:31	17:32	17:35	17:37	17:40		
	17:36	17:39	17:40	17:43				
	17:44	17:47	17:48	17:51				
	17:52	17:55	17:56	17:59				
№2	Тл6				А79е			
	17:03	17:06			17:08	17:11		
	17:23	17:26			17:20	17:23		
	17:43	17:46			17:32	17:35		
					17:47	17:50		
					17:59	18:02		
№3	Тл5		А119е		А305е			
	17:02	17:05	17:07	17:10	17:11	17:14		
	17:30	17:33	17:41	17:44	17:36	17:40		
	17:27	17:30	17:48	17:51	17:55	17:58		
	17:39	17:42	18:00	18:03				
	17:51	17:54						

Таблиця Ж.2 – Слот-розклад руху ТЗ через ЗП№7

Час прибуття	Маршрут	Тривалість простою (слота), с	Час відправлення
8:00	Тл3	125	8:02
8:03	Тл5	95	8:05
8:05	Тл6	70	8:06
8:07	А11е	60	8:08
8:09	Тл3	125	8:11
8:12	А119е	100	8:13
8:15	Тл5	95	8:17
8:17	А147е	100	8:18
8:18	Тл3	125	8:20
8:21	А304е	60	8:22
8:22	А11е	60	8:23
8:23	А305е	60	8:24
8:25	Тл6	70	8:25
8:26	А119е	100	8:27
8:27	Тл3	125	8:29
8:29	Тл5	95	8:31
8:31	А147е	100	8:32
8:35	А11е	60	8:36
8:36	Тл3	125	8:38
8:39	Тл5	95	8:41
8:44	А119е	100	8:45
8:45	Тл3	125	8:47
8:47	Тл6	70	8:49
8:49	А147е	60	8:50
8:51	А304е	60	8:52
8:52	А11е	60	8:53
8:53	Тл5	95	8:55
8:55	А305е	60	8:56
8:56	Тл3	125	8:58
8:59	А147е	60	9:01

Додаток К

Акти впровадження

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Начальник управління
транспортної, дорожньої
інфраструктури і зв'язку
Херсонської міської ради

_____ Віркун М.А.

«26» 04 2017 р.

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

Найменування пропозиції про впровадження

Методика слот-координації руху транспортних засобів міського громадського пасажирського транспорту через транспортно-пересадочний вузол.

Ким запропоновано

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, кафедра транспортних технологій, автор – Вдовиченко В.О.

Де, коли, з якою метою впроваджено

Розроблене методичне забезпечення впроваджено для оптимізації розкладу руху транспортних засобів міського пасажирського транспорту на елементах транспортної системи м. Херсон та використовується на транспортних підприємствах з жовтня 2017 р. при плануванні перевізного процесу.

Напрямки, результати, ефективність впровадження

Впровадження здійснено за наступним напрямом.

На основі аналізу планувальної структури транспортно-пересадочного вузла та оцінки інтервалів руху по маршрутах визначається раціональний розподіл маршрутів між зупиночними пунктами. За допомогою типового програмного забезпечення визначається сукупність часових слотів (періодів) та проводиться корегування розкладу руху по окремим маршрутам виходячи з умов зниження ймовірності одночасного прибуття транспортних засобів у зупиночний пункт.

Використання розробленого методичного забезпечення дозволило зменшити непродуктивні простої транспортних засобів на 15%-20% у залежності від параметрів маршрутів та скоротити час реалізації пересадок пасажирів між маршрутами в середньому на 3,5 хв/пас. На частку ефекту від провадження ХНАДУ не претендує.

Висновки, зауваження, пропозиції

Впровадження і використання розробленого методичного забезпечення сприяє підвищенню якості транспортного обслуговування населення, зниженню експлуатаційних витрат підприємств та забезпечує підвищення безпеки руху міського пасажирського транспорту.

Спеціаліст І категорії
управління транспортної, дорожньої
інфраструктури і зв'язку міської ради **М.О. Плотнікова**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор
ПАТ «Харківське підприємство
автобусних станцій»
_____ Гузненков Г.О.
«18» 04 2018 р.

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

Де, коли, з якою метою впроваджено. Актом підтверджує, що у виробничій діяльності «Харківська АС-1» знайшли застосування результати та положення дисертаційного дослідження доцента кафедри транспортних технологій Харківського національного автомобільно-дорожнього університету Вдовиченка В.О. Матеріали дисертаційного дослідження мають науково-практичну значимість та новизну. Обумовлено це спрямованістю досліджень на підвищення сервісно-ресурсної ефективності роботи транспортно-пересадочних вузлів пасажирського транспорту за рахунок реалізації низки управлінських дій щодо підвищення ефективності технологічної взаємодії. З метою забезпечення підвищення якості обслуговування пасажирів при реалізації пересадки між різними видами сполучення в «Харківська АС-1» використовуються наступні результати:

- алгоритм визначення раціональної розподільчої комбінації закріплення маршрутів за зупиночними пунктами;
- методика слот-координації прибуття пасажирського транспорту в транспортно-пересадочний вузол;
- математична модель визначення часу відхилення від розкладу прибуття транспортних засобів.

Напрямки, результати, ефективність впровадження. Використання запропонованого алгоритму розподілу маршрутів між зупиночними пунктами дозволяє забезпечити пошук раціональної розподільчої комбінації закріплення маршрутів, що забезпечує мінімізацію витрат часу на обслуговування пасажирів та простою транспортних засобів в умовах відповідності наявним ресурсним можливостям каналів обслуговування транспортно-пересадочного вузлу.

Запропоновані принципи слот-координації прибуття транспортних засобів у транспортно-пересадочний вузол забезпечує можливість визначення раціонального варіанту розкладу руху на маршрутах шляхом узгодження періодів часу їх обслуговування з урахуванням ресурсних

обмежень маршрутів та існуючих параметрів пропускної спроможності зупиночних пунктів.

На основі математичної моделі визначення часу відхилення прибуття транспортних засобів встановлені можливі періоди їх простою під висадкою пасажирів в транспортно-пересадочному вузлу «Харківська АС-1».

Висновки, зауваження, пропозиції. Дисертаційні дослідження Вдовиченка В.О. мають на меті створення бази науково обґрунтованих принципів, прийомів, параметрів управлінських функцій та програмних напрацювань для забезпечення ефективних умов технологічної взаємодії суб'єктів пасажирського транспорту в транспортно-пересадочних вузлах. При цьому в якості основного цільового напряму досліджень обрані актуальні у сьогоденні задачі підвищення якості транспортного обслуговування населення та забезпечення ресурсозберігаючих технологій реалізації виробничих процесів при організації роботи транспортно-пересадочних вузлів. Отримані результати дають змогу зробити висновок про практичну значимість дисертаційної роботи та її адаптованість до реальних потреб пасажирського транспорту.

Заступник директора
ПАТ «Харківське підприємство
автобусних станцій» Болдирєв О.В.

ТОВ «Експрес»
Провулок Ботанічний, 4
м. Харків, Україна

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор
_____ О.І. Степко
«28» 12 2017 р.

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

Найменування пропозиції про впровадження

Програмне і методичне забезпечення для розробки розкладу руху транспортних засобів міського пасажирського транспорту.

Ким запропоновано

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, кафедра транспортних технологій, автор – Вдовиченко В.О.

Де, коли, з якою метою впроваджено

Розроблене програмне і методичне забезпечення впроваджено для оптимізації руху транспортних засобів міського пасажирського транспорту на маршрутах №40е «Завод керамічних труб - ст. м. Центральний ринок», №97е «вул. Беркоса - ст. м. Держпром» та №270е «пр. Слави - ст. м. Держпром» з жовтня 2017 р.

Напрямки, результати, ефективність впровадження

Впровадження здійснено за наступним напрямом.

На основі аналізу формування пасажиропотоків у зупиночних пунктах транспортно-пересадочних вузлів та оцінки інтервалів руху на маршрутах виділена раціональна послідовність відправлення транспортних засобів та визначені діапазони суміщення часу відправлення з початкових зупиночних пунктів. За допомогою розробленого програмного забезпечення розраховані раціональні значення часу технологічного простою транспортних засобів на зупиночних пунктах та визначені параметри синхронізації розкладів руху на мережі. Отримані значення використані для складання розкладів руху транспортних засобів міського пасажирського транспорту як на стадії планування, так і при оперативному їх корегуванні.

Використання розробленого програмного і методичного забезпечення дозволило зменшити сумарні непродуктивні простої транспортних засобів вказаних маршрутів у зоні зупиночних пунктів на 1,7 год. за день. На частку ефекту від провадження ХНАДУ не претендує.

Висновки, зауваження, пропозиції

Впровадження і використання розробленого програмного і методичного забезпечення сприяє скороченню експлуатаційних витрат підприємства та забезпечує підвищення якості транспортного обслуговування населення. Також відмічається доступність та адаптованість використання програмного забезпечення до реальних умов, що дає можливість скорочення часу на розробку розкладу руху транспортних засобів.

Заступник директора Дудніченко З.П.

УКРАЇНА
ПУБЛІЧНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО
"ПІВНІЧТРАНС"
Україна, 65025, м. Одеса
21 км. Старокиївської дороги
тел/факс 750-38-38, 750-25-40,факс 756-70-01
Р/р. 26006000012389 в ПАТ "ВіЕс Банк"
МФО 325213, код ЄДРПОУ 05523553
e-mail: SEVERTRANS.AT.UA@MAIL.RU
сайт: WWW.SEVERTRANS.AT.UA

УКРАИНА
ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"СЕВЕРТРАНС"
Украина, 65025, г. Одесса
21 км. Старокиевской дороги
тел/факс 750-38-38, 750-25-40, факс 756-70-01
Р/сч. 26006000012389 в ПАО "ВиЕс Банк"
МФО 325213, код ЕДРПОУ 05523553
e-mail: SEVERTRANS.AT.UA@MAIL.RU
сайт: WWW.SEVERTRANS.AT.UA

Вих. № 52 від "22" 03 2018 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор
_____
«22» 03 2018 р.

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

Найменування пропозиції про впровадження.

Програмне і методичне забезпечення для координації розкладу руху маршрутів міського пасажирського транспорту.

Ким запропоновано.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, кафедра транспортних технологій, автор – Вдовиченко В.О.

Де, коли, з якою метою впроваджено.

Розроблене програмне і методичне забезпечення впроваджено для координації розкладу руху на міських автобусних маршрутах підприємства у м. Кривий Ріг з вересня 2017 р.

Напрямки, результати, ефективність впровадження.

За представленою методикою визначені параметри раціонального простою автобусів у зупиночних пунктах. При визначенні тривалості простою враховані вимоги щодо забезпечення необхідного рівня

резервування пропускної спроможності зупиночних пунктів. За допомогою розробленого програмного забезпечення розраховані раціональні часові періоди знаходження транспортних засобів у зупиночних пунктах транспортно-пересадочних вузлів м. Кривий Ріг. Отримані значення використані для складання розкладів руху на маршрутах підприємства при поточному плануванні. Використання розробленого програмного і методичного забезпечення дозволило зменшити непродуктивні простої транспортних засобів в середньому на 5,2 хв. за рейс та забезпечило підвищення експлуатаційної швидкості на маршрутах в середньому на 0,8 км/год. На частку ефекту від провадження ХНАДУ не претендує.

Висновки, зауваження, пропозиції.

Впровадження і використання розробленого програмного і методичного забезпечення сприяє скороченню експлуатаційних витрат підприємства та забезпечує підвищення якості транспортного обслуговування населення.

Заступник директора О.О. Сагановський

ПАО «Північтранс»

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспортних систем
Кафедра транспортних технологій

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Перший проректор,
проф. _____ С.Я. Ходирєв
«23» _____ 2018 р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи Вдовиченка В.О. «Розвиток науково-технологічних основ взаємодії міського пасажирського транспорту в транспортно-пересадочних вузлах», яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.22.01 – «Транспортні системи»

Комісією у складі: завідувача кафедри транспортних технологій д.т.н., проф. Нагорного Є.В., заступника декана факультету транспортних систем к.т.н., доц. Нефьодова В.М., доцента кафедри транспортних технологій к.т.н., доц. Калініченка О.П. складено акт в тому, що результати докторської дисертації Вдовиченка Володимира Олексійовича у вигляді методики формування раціональної технології взаємодії міського пасажирського транспорту в транспортно-пересадочних вузлах впроваджено у навчальний процес кафедри транспортних технологій при викладанні дисциплін «Пасажирські перевезення» та «Стратегії розвитку транспорту» Харківського національного автомобільно-дорожнього університету для студентів, які навчаються за спеціальністю 275 «Транспортні технології (автомобільний транспорт)».

Зав. кафедрою транспортних технологій,
д.т.н., професор _____ Нагорний Є.В.

к.т.н., доцент _____ Нефьодов В.М.

к.т.н., доцент _____ Калініченко О.П.

Додаток Л

Свідоцтво про реєстрацію авторського права

УКРАЇНА

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 70510

Твір науково-практичного характеру "Метод формування допустимої області технологічних рішень в сфері перевезень міським громадським пасажирським транспортом на основі оцінки рівня їх безпечності"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Вдовиченко Володимир Олексійович, Самчук Ганна Олександрівна

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Вдовиченко Володимир Олексійович, вул. Валентинівська, 58, кв. 28, м. Харків, 61124; Самчук Ганна Олександрівна, вул. Ахсарова, 18, кв. 77, м. Харків; Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Я.Мудрого, 25, м. Харків, 61002

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 17.02.2017

Державна служба інтелектуальної власності України Ідентифікаційний код 37532556 М.П.

Голова Державної служби інтелектуальної власності України

В.о. Голови А.А. Малиш

УКРАЇНА

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 74967

Твір науково-практичного характеру "Метод синхронізації розкладу руху міського пасажирського транспорту у транспортно-пересадочних вузлах"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) **Вдовиченко Володимир Олексійович, Самчук Ганна Олександрівна**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Вдовиченко Володимир Олексійович, вул. Валентинівська, 58, кв. 28, м. Харків, 61124; Самчук Ганна Олександрівна, вул. Ахсарова, 18, кв. 77, м. Харків, 61202; Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002**

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 27.11.2017

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ ІДЕНТИФІКАЦІЙНИЙ КОД 37508596

М.П.

Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев

ПК «Україна». Зам. 17-2020. 2017 р. IV кв.

УКРАЇНА

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 78466

Твір науково-практичного характеру "Метод слот-координації руху міського громадського пасажирського транспорту в умовах транспортно-пересадочних терміналів"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) **Вдовиченко Володимир Олексійович**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Вдовиченко Володимир Олексійович, вул. Валентинівська, 58, кв. 28, м. Харків, 61124; Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002**

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 20.04.2018

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ ІДЕНТИФІКАЦІЙНИЙ КОД 37508596

М.П.

Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев

ПК «Україна». Зам. 17/2020. 2017 р. IV кв.

УКРАЇНА

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 78467

Твір науково-практичного характеру "Метод розподілу маршрутів міського громадського пасажирського транспорту між зупиночними пунктами транспортно-пересадочного терміналу"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) **Вдовиченко Володимир Олексійович**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Вдовиченко Володимир Олексійович, вул. Валентинівська, 58, кв. 28, м. Харків, 61124; Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002**

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 20.04.2018

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ ІДЕНТИФІКАЦІЙНИЙ КОД 37508596

Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев

ПК «Україна». Зам. 17©020. 2017 р. IV кв.

УКРАЇНА

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 78468

Твір науково-практичного характеру "Метод соціально-маркетингової оцінки сервісної якості міських пасажирських транспортних послуг"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) **Вдовиченко Володимир Олексійович, Копитков Денис Михайлович**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Вдовиченко Володимир Олексійович, вул. Валентинівська, 58, кв. 28, м. Харків, 61124; Копитков Денис Михайлович, вул. Дружна, 32, кв. 1, м. Харків, 61085; Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002**

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 20.04.2018

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ ІДЕНТИФІКАЦІЙНИЙ КОД 37508596

М.П.

Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев

ПК «Україна». Зам. 17/2020. 2017 р. IV кв.

Додаток М

Список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів 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 Eenterprise 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 «ХПІ». 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. *Весник 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, 14 квітня 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»:* збірник тез 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:* матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Одеса: НТ 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 Skay 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.

Відомості про апробацію результатів дисертації

Основні результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на таких конференціях: 78-82-й науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу ХНАДУ (Харків, ХНАДУ, 9-13 квітня 2012 р., 13-17 травня 2013 р., 12-16 травня 2014 р., 12-15 травня 2015 р., 10-13 травня 2016 р., 10-12 травня 2017 р., 7-11 травня 2018 р., очна форма участі) V Міжнародній науково-практичній конференції «Логістика промислових регіонів» (Донецьк, ДААТ, 3-4 квітня 2013 р., очна форма участі), V Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики» (Луганськ, СНУ ім. В. Даля, 14-16 травня 2013 р., очна форма участі), VIII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Підвищення надійності машин і обладнання» (м. Кіровоград, КНТУ, 16-18 квітня 2014 р., очна форма участі), Міжнародній науково-практичній конференції «Інтеграційні процеси й інноваційні технології» (Харків, ХНАДУ, 14 квітня 2014 р., очна форма участі), III Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (Вінниця, ВНТУ, 14-16 квітня 2015 р., заочна форма участі), IV Всеукраїнській науково-практичній конференції «Перспективи розвитку транспортного комплексу (Проблеми управління, економіки, екології та права щодо розвитку транспортного комплексу України)» (м. Дніпропетровськ, НАНУ, 5-6 листопада 2015 р., очна форма участі), Міжнародній науково-практичній конференції «Міжнародні транспортні коридори та корпоративна логістика» (Харків, ТАУ, 11-13 червня 2015, очна форма участі), Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы транспорта и управления перевозочным процессом»

(Гомель, Белоруссия, БГУТ, 09-10 октября 2015 г., очная форма участия), 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, W-M ODR, 27-28 february 2015, заочна форма участі), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні» (Львів, НУ Львівська політехніка, 17-18 березня 2016 р., очна форма участі), IV Науковій конференції «Фундаментальні та прикладні дослідження у сучасній науці» (Харків, Технологічний центр, 30 жовтня 2016, заочна форма участі), Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми в сферах науки та шляхи їх вирішення» (Одеса, Smart and Young, 19-20 лютого 2016, заочна форма участі), IV Міжнародній інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту» (Вінниця, ВНТУ, 15-16 квітня 2016 р., заочна форма участі), International Scientific Conference «Innovative Economy: Processes, Strategies, Technologies» (Kielce, Poland, 27 January 2017, заочна форма участі), The international research and practical conference «The development of technical sciences: problems and solutions» (Brno, the Czech Republic, 27-28 April 2018, очна форма участі), VI Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту» (Вінниця, ВНТУ, 12-13 квітня 2018, заочна форма участі).