

УДК 656.072

DOI: 10.33868/0365-8392-2026-1-286-42-48

© Л. С. Абрамова, докт. техн. наук, професор кафедри організації та безпеки дорожнього руху, ORCID: 0000-0003-1182-9618, e-mail: abramova_ls@ukr.net;

© І. С. Наглюк, докт. техн. наук, завідувач кафедри організації та безпеки дорожнього руху, ORCID: 0000-0001-9411-4479, e-mail: isnagluk@ukr.net;

© О. С. Черепакха, канд. техн. наук, доцент кафедри транспортних технологій, ORCID: 0009-0004-6129-1945, e-mail: a.cherepaha@tek-europa.com.ua (Харківський національний автомобільно-дорожній університет)

© Lyudmyla Abramova, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Road Traffic Management and Safety, ORCID: 0000-0003-1182-9618, e-mail: abramova_ls@ukr.net

© Ivan Nahliuk, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Road Traffic Management and Safety, ORCID: 0000-0001-9411-4479, e-mail: isnagluk@ukr.net;

© Oleksandr Cherepakha, PhD, Associate Professor of the Department of Transport Technologies, ORCID: 0009-0004-6129-1945, e-mail: a.cherepaha@tek-europa.com.ua (Kharkiv National Automobile and Highway University)

ОЦІНКА ЯКОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ У ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛАХ

EVALUATION OF PASSENGER TRANSPORT SERVICE QUALITY AT PUBLIC TRANSPORT INTERCHANGES

Анотація. Досліджено особливості організації транспортно-обслуговування пасажирів у транспортно-пересадочних вузлах на прикладі вузла «пл. Вокзальна» м. Дніпра з позицій оцінювання якості послуг громадського транспорту. Виявлено основні проблеми функціонування пасажирського транспорту в місті. Запропоновано структурну модель інформаційного обміну у транспортно-пересадочному вузлі, що дозволяє аналізувати інформаційні та маршрутні потоки, виявляти конфліктні зони та оптимізувати взаємодію видів транспорту. Основним оціночним критерієм визначено мінімальний час пересадки пасажирів за умови допустимого рівня конфліктності потоків, як одного з ключових показників якості транспортних послуг. Експериментальні дослідження підтвердили доцільність коригування тривалості простою транспортних засобів для скорочення часу очікування у години пікового навантаження. Отримані результати можуть бути використані для удосконалення системи міських пасажирських перевезень і підвищення якості транспортно-обслуговування у транспортно-пересадочних вузлах.

Ключові слова: громадський транспорт, транспортно-пересадочний вузол, якість транспортно-обслуговування, синхронізація розкладу руху

Abstract. The paper addresses the problem of insufficient quality of passenger transport services at public transport interchanges, caused by inefficient coordination of transport modes and excessive transfer waiting times. The main problems in the operation of urban public transport in Dnipro include the uneven distribution of the transport fleet across routes, insufficient traffic frequency during rush hours, overloading at transport hubs, and low passenger comfort due to excessive waiting times for transfers. A structural model of the public transport interchange is proposed, enabling analysis of internal parameters, information flows, and interactions between routes. This approach enables the identification of conflict points, the management of arrival time information, and the synchronization of transport operations. The main assessment criterion is to minimize passenger transfer time, subject to constraints on the acceptable level of traffic flow conflicts.

Experimental studies conducted at the "Vokzalna Square" transport hub revealed significant variations in passenger flows during the morning and evening peak periods, largely dependent on schedules, arrival times of different transport modes, and deviations from timetables. The results demonstrate that moderate increases in vehicle dwell time at stops reduce transfer waiting times, whereas excessive dwell time has negative effects.

Keywords: public transport, transport interchange, quality of transport services, synchronization of timetables.

Вступ

Міський пасажирський транспорт (далі – МПТ) відіграє ключову роль у функціонуванні транспортної системи великих міст, забезпечуючи щоденну мобільність населення. Водночас значна частина проблем, пов'язаних із якістю транспортного обслуговування, виникає саме у транспортно-пересадочних вузлах (далі – ТПВ), що забезпечують пересадку пасажирів з одного виду транспорту на другий. Недостатньо ефективна організація роботи таких вузлів спричиняє затримки, перевантаження інфраструктури, погіршення рівня сервісу та створює додаткові незручності для пасажирів. Однією з ключових проблем взаємодії міського пасажирського транспорту в межах ТПВ є неузгодженість розкладів руху різних маршрутів, що ускладнює оперативну та комфортну пересадку пасажирів.

Теоретичні дослідження у даній сфері охоплюють кілька ключових напрямів [1].

По-перше, значна увага приділяється моделюванню транспортних процесів. Застосування математичних моделей дає можливість прогнозувати обсяги пасажиропотоків і підвищувати ефективність роботи рухомого складу. Одним із найпоширеніших інструментів є імітаційне моделювання, яке дозволяє оцінити наслідки змін у розкладах руху або структурі ТПВ для функціонування всієї системи.

По-друге, важливим напрямом є оптимізація розкладів руху. Теоретичні підходи акцентують на необхідності узгодження графіків різних видів транспорту. Особлива увага приділяється скороченню часу очікування під час пересадок, що безпосередньо впливає на рівень задоволеності пасажирів.

По-третє, розглядається системний підхід до проектування ТПВ, який має ґрунтуватися на принципах безпеки, ергономічності та доступності. Планувальні рішення повинні забезпечувати зручність пересадок, мінімізувати конфлікти пішохідних потоків і створювати належні умови для маломобільних груп населення.

Більшість сучасних дослідників зосереджується на впровадженні системних

показників оцінювання якості функціонування ТПВ. Так, авторами роботи [2] запропоновано комплексний підхід до формування ефективних транспортних вузлів у системі сталої міської мобільності. Серед запропонованих критеріїв оцінки ефективності вузлів, як багатофункціональних міських просторів, зазначено пропускну здатність, мінімальний час пересадки, рівень безпеки та інтеграцію різних видів транспорту. Підкреслюється, що якість обслуговування залежить не тільки від технічних характеристик, а й від комфорту перебування, зручності навігації, інформаційного забезпечення та доступності для маломобільних груп населення. В роботі [3] обґрунтовано доцільність використання комплексного підходу до оцінки якості обслуговування пасажирів. Автори зазначають, що ефективність ТПВ має визначатися не лише технічними характеристиками, а й сервісними показниками, такими як комфорт, інформаційне забезпечення, безпека та зручність пересадок. Доведено, що інтеграція різних видів транспорту та узгодженість їх роботи в межах ТПВ суттєво підвищують привабливість громадського транспорту та рівень задоволеності пасажирів.

Деякі науковці пропонують оцінювати роботу ТПВ із використанням такого критерію, як «штраф за пересадку» (transfer penalty). В роботі [4] обґрунтовано, що додаткові часові витрати, складність навігації, необхідність подолання значних відстаней між платформами та психологічний дискомфорт формують негативне сприйняття пересадки й знижують загальну привабливість громадського транспорту. Автори доводять, що навіть незначне збільшення часу очікування або ускладнення маршруту пересадки може суттєво впливати на вибір пасажиром способу пересування. У зв'язку з цим пропонується враховувати «штраф за пересадку» як інтегральний показник, що поєднує часові, просторові та поведінкові чинники.

Подібні підходи підтримуються й іншими дослідниками, які аналізують поведінку користувачів ТПВ та рівень їхньої задоволеності. На основі статистичних до-

сліджень встановлено, що ключовими факторами комфортної пересадки є зрозуміла система навігації, мінімальна відстань між платформами, безпечність пересадкових маршрутів і наявність якісного інформаційного забезпечення. Таким чином, оцінювання роботи ТПВ через показник «штрафу за пересадку» дозволяє комплексно врахувати не лише технічні, а й психологічні аспекти сприйняття якості обслуговування [5].

У сучасних дослідженнях значна увага приділяється цифровим методам управління ТПВ. Зокрема, у роботі [6] розглянуто використання інтелектуальних систем моніторингу пасажирських потоків, технологій Big Data та алгоритмів адаптивного регулювання навантаження на інфраструктуру. Доведено, що впровадження цифрових інструментів для прогнозування пікових навантажень, оперативного перерозподілу потоків і запобігання перевантаженням сприяє підвищенню пропускної здатності вузлів, зменшенню ризиків виникнення небезпечних ситуацій та загальному покращенню організації пересадочного процесу.

В науковій роботі [7] основна увага зосереджена на математичному моделюванні пасажирських потоків і розробці методів оптимізації планувальних рішень ТПВ. У роботах запропоновано розрахункові моделі визначення пропускної здатності, алгоритми оцінювання інтенсивності руху пасажирів та заходи щодо зменшення скупчень у години пік. При цьому автори акцентують увагу переважно на техніко-економічних та інженерних аспектах функціонування ТПВ, тоді як соціальні та поведінкові чинники оцінювання якості обслуговування потребують подальшого поглибленого дослідження.

Практичний досвід організації ТПВ відрізняється залежно від країни та особливостей міської інфраструктури. Водночас можна виокремити низку універсальних принципів, що застосовуються у світовій практиці [8].

Одним із них є використання сучасних інформаційних технологій. У багатьох містах впроваджуються електронні табло,

системи оперативного інформування пасажирів та мобільні застосунки для планування маршрутів і пересадок, що значно підвищує зручність користування транспортом. Ще одним важливим принципом є інтеграція різних видів транспорту в межах єдиного вузла. Ефективні ТПВ забезпечують узгоджену взаємодію автобусного, трамвайного, метрополітену та інших видів транспорту, доповнену зручними пішохідними зв'язками для швидкої та безпечної пересадки.

Крім того, вагоме значення має раціональна організація простору. Оптимальне розміщення зупинок, платформ і пішохідних маршрутів сприяє запобіганню скупченню пасажирів та забезпечує комфортний доступ до транспортних засобів, що є особливо важливим у містах із високою інтенсивністю пасажиропотоків.

Особлива роль ТПВ полягає в тому, що саме на цьому рівні формуються основні показники якості транспортного обслуговування на принципах сталої мобільності, зокрема час пересадки, комфорт очікування, безпека та доступність інфраструктури.

Водночас, у практиці функціонування ТПВ спостерігаються суттєві проблеми: неузгодженість розкладів руху різних маршрутів, нерівномірний розподіл пасажирських потоків, перевантаження вузлів у години пік, недостатній рівень інформаційного забезпечення та недосконалість планувальних рішень. Це призводить до збільшення часу пересадки, виникнення скупчень пасажирів, зниження рівня комфорту та загального погіршення якості транспортного обслуговування.

Незважаючи на наявність значної кількості наукових досліджень, більшість із них зосереджені переважно на окремих аспектах функціонування ТПВ, зокрема моделюванні пасажирських потоків або визначенні пропускної здатності. При цьому питання комплексного підвищення якості обслуговування з урахуванням технічних, організаційних і поведінкових чинників залишається недостатньо систематизованим.

Основною метою статті є розробка підходу щодо оцінки якості транспортно-обслуговування пасажирів у ТПВ, спрямованого на мінімізацію часу пересадки, зменшення перевантаження інфраструктури та підвищення рівня задоволеності пасажирів.

Основна частина

Оцінка якості транспортного обслуговування пасажирів у ТПВ проведено на прикладі м. Дніпра, а саме ТПВ «пл. Вокзальна», що є важливою складовою вдосконалення функціонування міської транспортної системи. Даний ТПВ належить до об'єктів наземного транспорту комбінованого типу і має стратегічне значення, оскільки забезпечує пересадку між автобусними, трамвайними, тролейбусними маршрутами та приміським залізничним транспортом і характеризується значними пасажиропотоками. Схема розташування зупинних пунктів в ТПВ «пл. Вокзальна» наведено на **рис. 1**.

Методична база дослідження складається з анкетного опитування пасажирів, натурних спостережень та аналізу експлуатаційних показників затримок руху й пропускну здатності вузла.



Рис. 1. Схема розташування зупиночних пунктів в ТПВ «пл. Вокзальна»

Оцінювання здійснювалося за такими групами показників: доступність і зручність пересадок (час очікування, стан інфраструктури зупинок), узгодженість ро-

зкладів руху (синхронізація маршрутів та дотримання графіків), інформаційне забезпечення (наявність табло та систем навігації), безпека і комфорт (освітлення, відеоспостереження, умови очікування, доступність для маломобільних груп населення). Додатково враховувалися показники комфорту під час поїздки та загальна задоволеність пасажирів якістю обслуговування.

Для оцінювання якості транспортного обслуговування в межах ТПВ «пл. Вокзальна» було проведено анкетування пасажирів, що дозволило виявити проблеми функціонування вузла та визначити напрями його вдосконалення. Аналіз результатів показав, що негативний вплив на рівень якості обслуговування пасажирів мають тривалий час очікування транспорту, нерегулярність руху та перевантаженість у години пік. Проблемними залишаються також питання інформаційного забезпечення та безпеки: не всі зупинки обладнані сучасними інформаційними табло, навігація в межах вузла є недостатньо зрозумілою, а рівень освітлення та організації простору не завжди забезпечує відчуття безпеки, особливо у вечірній час. Оцінка тривалості пересадок показала, що лише 38 % пасажирів витрачають на пересадку до 10 хвилин, тоді як решта перевищує прийнятний, з погляду користувачів, інтервал часу. Загальний рівень повної задоволеності транспортним обслуговуванням становить лише 9 %, що підтверджує необхідність удосконалення організації взаємодії маршрутів у межах вузла.

За результатами опитування встановлено, що основними проблемами функціонування ТПВ є нерегулярність руху транспорту, недостатня синхронізація розкладів, перевантаженість у години пік та обмеженість інфраструктурного й інформаційного забезпечення. Отримані результати свідчать про необхідність комплексного удосконалення організації пересадочного процесу з метою підвищення рівня якості транспортного обслуговування. При цьому важливу роль відіграє інформація про пасажирообмін зупинних пунк-

тів, результати аналізу якої свідчать про відсутність домінуючих маршрутів та орієнтованість ТПВ, що досліджується, на транзитні пересування пасажирів.

З метою забезпечення ефективності та стійкості транспортного обслуговування запропоновано структурну модель інформаційного обміну у ТПВ (рис. 2).

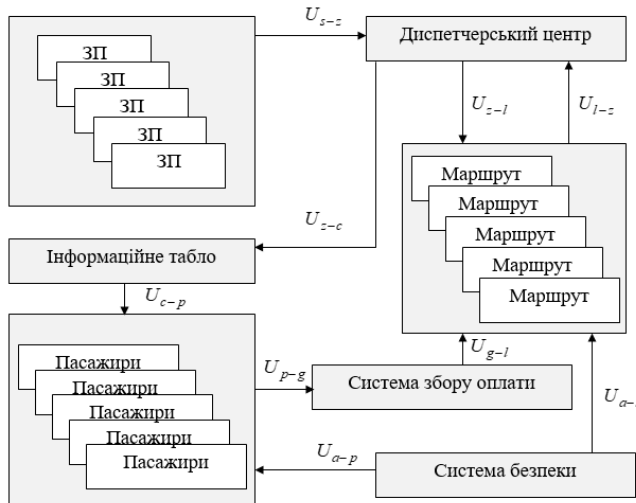


Рис. 2. Структурна модель інформаційного обміну у ТПВ

У межах запропонованої моделі елемент «Маршрут» розглядається як організаційно-функціональна підсистема, що включає сукупність транспортних засобів, які здійснюють перевезення пасажирів на відповідному маршруті згідно з графіком руху. В моделі виділено основні канали інформаційної взаємодії, зокрема такі зв'язки: між зупинними пунктами (ЗП) та диспетчерським центром (U_{s-z}), між інформаційною системою і пасажирами (U_{c-p}), між системою безпеки, пасажирами та маршрутами (U_{a-p}, U_{a-l}), між маршрутами та диспетчерським центром, що реалізуються через транспортні засоби, оснащені GPS-трекерами та двосторонніми каналами передачі даних GSM/LTE (U_{z-l}, U_{l-z}), інтеграція елементів із автоматизованою системою збору оплати (U_{p-g}, U_{g-l}), що дає змогу аналізувати параметри руху транспортних засобів, інформаційні та маршрутні потоки, виявляти

можливі відхилення від графіка руху, зумовлені підвищеною щільністю транспортного потоку, зокрема у періоди пікового навантаження, визначати конфліктні зони та оптимізувати взаємодію видів транспорту.

Середній час пересадки між транспортними засобами є одним із ключових показників якості транспортного обслуговування, оскільки він безпосередньо впливає на рівень зручності, доступності та задоволеності пасажирів.

Тому як оціночний критерій обрано мінімальний час пересадки пасажирів за умови допустимого рівня конфліктності потоків.

Узгодженість розкладів руху, пропускна здатність ТПВ та ефективність взаємодії маршрутів формалізовані у вигляді математичної моделі із зваженими параметрами, що забезпечує комплексну оцінку рівня сервісу. На підставі формалізованої моделі визначено цільову функцію оціночного критерію, що дозволяє оптимізувати процес взаємодії елементів у ТПВ:

$$T_o^n = \frac{\sum_{i=1}^{q_s} \left(\frac{t_{e_i}^n - t_{n_i}^n}{e_i} \right)}{q_s} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де t_n^n – момент прибуття пасажирів в зупинний пункт ТПВ, год хв; t_e^n – момент відправлення пасажирів із зупинного пункту ТПВ, год хв; q_s – кількість пасажирів, що здійснюють пересадку, пас.

Систему припущень та обмежень сформовано з урахуванням умов взаємодії суб'єктів маршрутного потоку на ЗП у ТПВ та параметрів функціонування системи громадського транспорту.

За мету моделювання процесу транспортного обслуговування було встановлено синхронізацію маршрутів, скорочення часу очікування пасажирів, зниження конфліктності транспортних потоків і підвищення ефективності функціонування ТПВ. Серед основних етапів моделю-

вання виділено: формування вхідних параметрів, розрахунок показників руху й обслуговування та аналіз взаємодії маршрутів у ТПВ. Для реалізації застосовано дискретно-подієве моделювання, яке дозволило враховувати моменти прибуття, відправлення та час пересадки на підставі попередньо встановленої низки аналітичних залежностей визначення параметрів роботи ТПВ.

Із метою проведення імітаційного експерименту розраховано значення показників формування попиту на транспортні послуги, зокрема динаміку формування пасажиропотоків на ЗП у період пікового навантаження (17:00–18:00), а також добовий пасажирообмін ЗП. У результаті дослідження виявлено загальну тенденцію до виникнення пікових моментів формування пасажиропотоку, що зумовлюють хвилеподібний характер його зміни. Такі коливання пояснюються впливом прибуття транспортних засобів з інших маршрутів МПТ, а також зміною щільності транспортного потоку. Встановлено, що величина пікового підходу пасажирів до зупиночного пункту змінюється в межах від 9 до 30 осіб. Підтверджено гіпотези про нормальний закон розподілу випадкових величин параметрів процесу обслуговування (часу маневрування автобусів при виїзді та заїзді на ЗП, середній час посадки та висадки пасажирів) за критерієм Пірсона, розрахункові значення якого не перевищують табличні.

У результаті моделювання виявлено характеристичні залежності між вхідними параметрами (додатковим часом простою автобусів для сервісного обслуговування) і оціночним критерієм, а також системою припущень та обмежень. Приклад отриманих залежностей наведено для ЗП №1 (рис. 3).

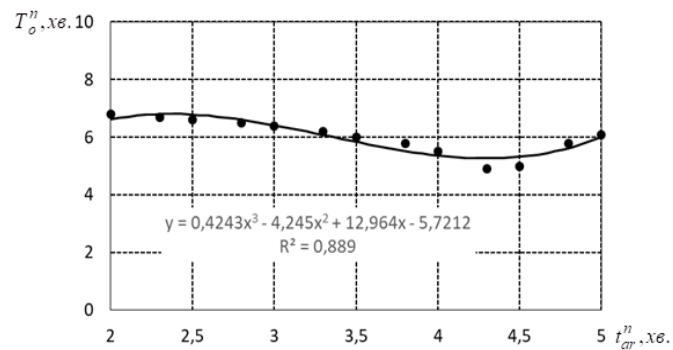


Рис. 3. Залежність середнього часу очікування пересадки пасажирів у ТПВ від тривалості простою автобусу на ЗП

У результаті моделювання встановлено, що збільшення часу простою автобусів на ЗП №1 з 2 до 3,5 хв призводить лише до незначного скорочення середнього часу очікування пересадки пасажирів (на 11,7 %), що не забезпечує достатньої синхронізації маршрутів. Найбільший ефект досягається за тривалості простою від 3,5 до 4,5 хв, коли час очікування зменшується на 27,9 %. Подальше збільшення тривалості простою спричиняє зворотний результат. Отримана залежність описується поліноміальною моделлю третього порядку з коефіцієнтом детермінації 0,889, що підтверджує її адекватність і дає змогу обґрунтувати доцільність встановлення оптимального значення додаткового простою в межах 3,5–4,5 хв.

Висновки

Запропонований підхід на основі моделювання маршрутних потоків з урахуванням динаміки формування пасажиропотоків у години пікового навантаження дозволяє оцінювати та підвищувати якість обслуговування пасажирів у ТПВ. Визначено, що помірне збільшення часу простою автобусів на ЗП у ТПВ сприяє зменшенню середнього часу очікування пересадки пасажиром, тоді як надмірне подовження простою призводить до накопичення пасажирів і зростання інтервалів руху.

Отримані результати свідчать про наявність резервів для підвищення ефективності ТПВ за рахунок синхронізації розкладів руху, покращення умов пересадок,

розвитку інформаційної інфраструктури та впровадження інтелектуальних систем управління транспортними потоками з метою підвищення якості обслуговування пасажирів.

References

1. Vdovychenko, V. (2018). Influence of reserve of carrying capacity of mass of points is on the sentinel parameters of outage of passenger of transport vehicles. *Technology Audit and Production Reserves*. 1-2, (39), 69–75. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.123604>
2. Monzón, A., Hernández, S., & Di Ciommo, F. (2016). Efficient Urban Interchanges: The City-HUB Model. *Transportation Research Procedia*. 14, 1124–1133. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.183>
3. Pshinko O., Charkina T., Martseniuk L., & Orlovska O. (2022). HUBs as a key tool for improving the quality of service and development of multimodal passenger traffic. *Transport Problems*, 17 (1), 5–16. <https://doi.org/10.20858/tp.2022.17.1.17>
4. Guo, Z., & Wilson, N. H. M. (2011). Assessing the cost of transfer inconvenience in public transport systems. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45 (2), 91–104. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2010.11.002>

5. Wardman, M. (2004). Public transport values of time. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38 (6), 439–458. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2004.05.001>

6. Fernández-Lobo, A., Benavente, J., & Monzon, A. (2025). Dynamic Management Tool for Improving Passenger Experience at Transport Interchanges. *Future Transportation*, 5 (2), 59. <https://doi.org/10.3390/futuretransp5020059>

7. Stepanchuk, O., Timkina, S., & Chernyshova, O. (2025). The Impact of Pedestrian and Passenger Flows on the Engineering and Planning Solutions for Transit Stops. *Theory and Practice of Design*, 35, 65–74. <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2025.35.7>

8. Postnikov, V. (2018). Current problems and prospects of the development of the city transport system. *Science Works Journal "Ekonomichnyy analiz"*, 28, (2), 64–70. <http://dx.doi.org/10.35774/econa2018.02.064>

ISSN 0365-8392

DOI: 10.33868/0365-8392-2026-1-286-42-48

Дата першого надходження статті: 27.01.2026

Дата прийняття до друку: 15.03.2026

Дата публікації: 31.03.2026

