

ЦІЛЬОВА ФУНКЦІЯ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ЗУПИНОК ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто підхід до оптимального розміщення зупинок громадського транспорту на перехрестях з урахуванням пересадкових потоків. Запропоновано цільову функцію, яка мінімізує сумарну вагову відстань між зупинками різних видів транспорту, що забезпечує зручніші пересадки для пасажирів.

Ключові слова: зупинка громадського транспорту, перехрестя, транспорт, цільова функція.

За останні роки попит на міський транспорт у країнах Європи різко зріс унаслідок стрімкого економічного розвитку, урбанізації та зростання автомобілізації протягом останніх десятиліть. Крім того, серйозні затори на дорогах створюють значні труднощі в експлуатації та управлінні міським транспортом. Все більше людей усвідомлюють, що громадський транспорт є ефективним засобом зменшення заторів і сприяє сталому розвитку транспортної системи.

Міський громадський транспорт є надзвичайно складною системою, де ключову роль у забезпеченні сталого соціального розвитку відіграють міські трамвайні лінії, тролейбуси, електробуси та автобуси. Завдяки стабільному графіку, ефективному обслуговуванню та окремим виділеним смугам руху, багатосекційному рухомому складу міський трамвай здатний перевозити великі обсяги пасажирів, та при цьому виконує функцію основного каркасу міської транспортної інфраструктури.

Зупинки громадського транспорту виконують роль вузлів з'єднання між автобусами та міським залізничним транспортом, є ключовими точками для посадки й висадки пасажирів. Враховуючи реальну структуру міських доріг, території поблизу перехресть є зручними для розташування подібних об'єктів. Тому автобусно-тролейбусні та трамвайні зупинки, розташовані неподалік перехресть, часто мають важливе значення для пасажирів, які здійснюють пересадку між різними видами транспорту. Це безпосередньо впливає на рівень обслуговування пасажирів і привабливість громадського транспорту загалом [1].

Вибір розташування автобусних зупинок насамперед впливає на відстань, яку проходять пасажирі пішки, а також на швидкість руху автомобілів і автобусів у зонах впливу. Визначення оптимального місця розташування зупинок потребує врахування загальної довжини пішохідного шляху пасажирів, часу затримок автотранспорту на перехрестях і тривалості руху автобусів. Оптимізація цих параметрів є ключовим чинником для обґрунтованого вибору місць зупинок, оскільки вона безпосередньо впливає на зручність пересування пасажирів, ефективність транспортної мережі та загальну привабливість громадського транспорту.

Правильно сплановане розташування зупинок сприяє зменшенню часу в дорозі, полегшенню пересадок між видами транспорту, а також знижує навантаження на дорожню інфраструктуру. Таким чином, оптимізація розміщення зупинок не лише підвищує якість обслуговування пасажирів, а й сприяє формуванню більш стійкої, доступної та ефективної системи міського транспорту. Неефективне або випадкове розміщення зупинок у таких місцях призводить до збільшення часу пересадки, перевантаження пішохідної інфраструктури та погіршення якості транспортного обслуговування.

Для вирішення цієї проблеми доцільно використати формальний підхід – побудову цільової функції, яка кількісно оцінює ефективність конфігурації зупинок. Така функція дозволяє не лише порівнювати варіанти розміщення, але й знайти оптимальне рішення, що мінімізує витрати часу і зусиль для пасажирів при пересадках.

Одним із методів, що може бути використаний для вивчення цього питання, є застосування діаграми Вороного [2]. Цей метод дозволяє розділити територію на області обслуговування, де кожна зупинка обслуговує найближчі до неї точки, що може допомогти в оптимальному розміщенні зупинок для забезпечення рівномірного покриття території та зручних пересадок.

У даному описі розглянуто математичну модель цільової функції, яка враховує відстані між зупинками та інтенсивність пересадкових потоків. Функція належить до класу задач оптимального розміщення

об'єктів (Facility Location Problems) та адаптована під потреби міського громадського транспорту [3]. Ця цільова функція оптимального розміщення зупинок громадського транспорту на перехрестях мінімізує загальну вартість пересадок, де вартість – це добуток відстані між зупинками та кількості пасажирів, які роблять цю пересадку. Формулювання цільової функції зображено у вигляді формули 1.

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \omega_{ij} d(s_i, s_j) \quad (1)$$

Де,

- N - Кількість зупинок одного виду транспорту (наприклад, трамвай);
- M – Кількість зупинок іншого виду транспорту (наприклад, автобус).
- s_i – Координати зупинки i і-го типу (напр., трамвайної).
- s_j – Координати зупинки j j-го типу (напр., автобусної).
- $d(s_i, s_j)$ – Відстань між зупинками s_i і s_j .
- ω_{ij} – Вага: інтенсивність пересадки з i і на j (часто — кількість пасажирів).

Оптимальне розміщення зупинок громадського транспорту на перехрестях є важливим елементом підвищення ефективності міської транспортної мережі. Застосування цільових функцій, що враховують відстані та пасажиропотоки, дозволяє формалізувати процес прийняття рішень і знайти розташування зупинок, яке мінімізує втрати часу на пересадки. Додаткове використання просторових моделей, таких як діаграми Вороного, поглиблює аналіз і сприяє збалансованому територіальному покриттю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Optimal Locations of Bus Stops Connecting Subways near Urban Intersections / Y. Cui et al. *Mathematical Problems in Engineering*. 2015. Vol. 2015. P. 1–9. URL: <https://doi.org/10.1155/2015/537049> (дата звернення: 22.05.2025).
2. Optimization Method for Conventional Bus Stop Placement and the Bus Line Network Based on the Voronoi Diagram / F. Wang et al. *Sustainability*. 2022. Vol. 14, no. 13. P. 7918. URL: <https://doi.org/10.3390/su14137918> (дата звернення: 22.05.2025).
3. Facility location problem - Cornell University Computational Optimization Open Textbook - Optimization Wiki. *Cornell University Computational Optimization Open Textbook - Optimization Wiki*. URL: https://optimization.cbe.cornell.edu/index.php?title=Facility_location_problem (дата звернення: 22.05.2025).
4. В.Ю. Старжинський, М.В. Митко. Оптимізація розташування зупинок громадського транспорту визначеного перехрестя. [Електронний ресурс] / В.Ю. Старжинський, М. В. Митко // Матеріали LIV Всеукраїнська науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту (2025). Вінниця, ВНТУ. 2025. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2025/paper/view/23568>

Старжинський Валерій Юрійович – студент групи 1ТТ-23мз, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 3372292@gmail.com

Митко Микола Васильович – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mytko@vntu.edu.ua

OBJECTIVE FUNCTION FOR THE OPTIMAL PLACEMENT OF PUBLIC TRANSPORT STOPS AT INTERSECTIONS

Abstract

The paper presents an approach to the optimal placement of public transport stops at intersections, taking into account passenger transfer flows. An objective function is proposed that minimizes the total weighted distance between stops of different transport modes, thereby improving transfer convenience for passengers.

Key words: public transport stop, intersection, transport, objective function

Valeriy Starzhinskii Yu — student of group 1ТТ-23mz, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: 3372292@gmail.com

Mytko Mykola V - Cand. tech. Sciences, Associate Professor of Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mytko@vntu.edu.ua