

Національний авіаційний університет
Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет будівництва і архітектури
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ТІМКІНА СВІТЛАНА ЮРІЇВНА

УДК 711.73:656.11

ДИСЕРТАЦІЯ

**ІНЖЕНЕРНО-ПЛАНУВАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ ЗУПИНОК
МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ НА МАГІСТРАЛЬНИХ ВУЛИЦЯХ
КРУПНИХ МІСТ**

05.23.20 – містобудування та територіальне планування

Технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

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

_____ С. Ю. Тімкіна

Науковий керівник: Степанчук Олександр Васильович
доктор технічних наук, професор

Київ-2024

Ідентичний за змістом з іншими примірниками дисертації
Вчений секретар спеціалізованої вченої ради _____ Анненков А. О.

АНОТАЦІЯ

Тімкіна С. Ю. Інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних міст. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.20 – містобудування та територіальне планування. Національний авіаційний університет, Київ; Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2024.

Дисертаційна робота спрямована на підвищення пропускної спроможності зупинок маршрутного транспорту (ЗМТ) та покращення умов руху транспортного потоку на магістральних вулицях крупних міст України шляхом удосконалення інженерно-планувальної організації ЗМТ.

В основу роботи покладені теоретичні дослідження, які дозволяють розв'язати задачі підвищеного завантаження зупинок маршрутного транспорту та маршрутної мережі, що пов'язані з інтенсивними транспортними потоками в зоні впливу зупинки. Робота базується на експериментально-теоретичному дослідженні інтенсивності руху транспорту і пішоходів у зоні впливу зупинок маршрутного транспорту.

У роботі розглянуті: класифікація та особливості розміщення зупинок маршрутного транспорту, залежно від їх функціональних особливостей та характеристик маршрутних транспортних засобів, типи зупинок маршрутного транспорту, на форми яких впливають геометричні характеристики наявних вулиць та величина інтенсивності транспортного потоку й пасажиропотоку.

Проведено аналіз факторів, які впливають на інженерно-планувальні рішення зупинок маршрутного транспорту. Це дозволило встановити значний вплив цілого ряду взаємопов'язаних факторів на функціонування вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міста, що поділяються на постійні, змінні та організаційні.

Ключовими є постійні фактори, які базуються на геометричних характеристиках самої вулично-дорожньої мережі та окремих її елементів. До

постійних факторів належать: архітектурно-планувальна структура міста, щільність ВДМ, загальна довжина ВДМ, кількість та види перехресть та примикань, ступінь непрямолінійності ВДМ, пропускна спроможність елементів ВДМ, зв'язність ВДМ, маршрутна мережа громадського пасажирського транспорту, розміщення майданчиків для паркування автомобілів на ВДМ та планувальні рішення зупинок маршрутного транспорту.

До змінних факторів належать: інтенсивність руху транспорту по конкретній ділянці ВДМ, склад транспортного потоку, вид та тип громадського пасажирського транспорту.

Організаційні фактори – направленість руху транспортних потоків на магістралях, кількість та частота маршрутів громадського пасажирського транспорту, маркування магістралей, технічні засоби регулювання руху, координовані системи управління транспортним і пішохідним рухами.

На основі виконаного у дисертаційній роботі аналізу, визначено основні фактори, які впливають на прийняття оптимальної інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту, а саме: категорія вулиці (кількість смуг руху та ширина смуги), інтенсивність руху автомобільного транспорту (найбільш характерний режим руху транспортного потоку на даній ділянці вулиці), склад транспортного потоку, пропускна спроможність зупинки маршрутного транспорту, основний тип маршрутних транспортних засобів, кількість маршрутів, що обслуговує конкретна ЗМТ, кількість пасажирського транспорту, яка запланована для обслуговування зупинкою протягом години, пасажиропотік у найбільш завантажений час для відповідної зупинки, інтенсивність руху пішоходів або велосипедистів через зупинку.

Автором встановлено, що збільшення часу обслуговування маршрутних транспортних засобів на міських зупинках призводить до зниження пропускної спроможності не тільки самої зупинки, а й усієї ділянки проїзної частини магістральної вулиці. Проведений аналіз наукових праць показав, що час обслуговування, значною мірою, залежить від інтенсивності вхідних

потоків маршрутних транспортних засобів, інтенсивності транспортних потоків, параметрів зупинок маршрутного транспорту, вулично-дорожньої мережі, пасажирообігу. Змінюючи відповідні параметри, які залежать від типу зупинки маршрутного транспорту, можливо досягнути оптимальної пропускної спроможності всієї ділянки магістральної вулиці в зоні впливу ЗМТ.

В роботі розглянуті умови взаємного впливу між пішохідними потоками, що рухаються вздовж вулиці по тротуару, та людьми, які здійснюють посадку та висадку з громадського пасажирського транспорту або його очікують.

Приділена увага закономірностям формування пішохідних потоків: більша частина пішохідних потоків цілеспрямована, існує мета тяжіння, пішоходи обирають найкоротший шлях, пішоходи рухаються з індивідуальною швидкістю, з урахуванням віку, статі, ситуації тощо, пішоходи тримаються на певній відстані один від одного, дистанція залежить від щільності потоку пішоходів і швидкості руху. Крім того, розглянуто розподіл пішохідних потоків залежно від виду руху. Індивідуальний, коли вздовж тротуару, прокладеного через зупинку маршрутного транспорту, рухаються пішоходи зі значним інтервалом. Масовий, який характеризується інтенсивним рухом пішоходів в одному або декількох напрямках. Невпорядкований – рух людей на відповідно невеликій території здійснюється в різних напрямках, тобто хаотично. Потоковий рух характеризується інтенсивним масовим рухом пішоходів в одному напрямку відносно тривалий час. Вільний, коли кожна людина, яка є учасником руху, в будь-який момент може змінити напрямок та швидкість свого руху. Щільний – індивідуальна свобода дій пішохода обмежена іншими людьми, які рухаються в загальному потоці. Довготривалий – людський потік рухається в певному напрямку відносно довгий час. Короткочасний – основна маса людей починає та закінчує рух у відносно короткий проміжок часу.

На основі аналізу результатів дослідження виявлено, що основні принципи організації руху пішохідних потоків у зоні розміщення зупинки маршрутного транспорту базуються на: забезпеченні самостійних шляхів для руху пішоходів

уздовж вулиць поза зупинкою, облаштуванні зупиночних пунктів та пересадочних вузлів пасажирського транспорту, комплексній організації руху людей на підходах до зупинки маршрутного транспорту й на самому посадковому майданчику.

На основі отриманих результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень, створено модель впливу та зв'язку між учасниками вуличного руху в зоні розміщення зупинки маршрутного транспорту. Фактично, до учасників вуличного руху в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту можна віднести наступні три групи людей: водії, пасажери, пішоходи.

У системі обслуговування пасажирів на зупинці маршрутного транспорту встановлено певний зв'язок між усіма причетними категоріями споживачів. Виявлено відповідний зв'язок, який дозволив провести аналіз конфліктів між усіма учасниками руху у зоні впливу зупинки маршрутного транспорту та встановити пріоритетність у відповідному зв'язку, що своєю чергою дозволить оптимізувати інженерно-планувальні рішення посадкових майданчиків.

Встановлено, що вивчення закономірностей людського руху та дослідження пішохідних потоків дозволять забезпечити ефективне проектування зупинок маршрутного транспорту, які розміщуються на магістральних вулицях міст, визначити оптимальні геометричні розміри посадкового майданчика, враховуючи особливості неупорядкованого щільного пішохідного руху всіх учасників, а також застосувати доцільні заходи з організації руху пішоходів у контактній зоні переміщення.

Також встановлено коефіцієнти розподілення транспортних засобів (ТЗ) по ширині проїзної частини (завантаження смуг) для відповідних міських магістральних вулиць, де розміщена зупинка маршрутного транспорту, залежно від кількості смуг руху на проїзній частині. Завантаження смуг руху на проїзній частині вулиці встановлено у відсотках від сумарної інтенсивності руху в одному напрямку. Визначено вплив інтенсивності маршрутного

пасажирського транспорту на розподілення транспортних засобів по смугах руху.

Отримано значення коефіцієнтів смуговості для відповідних ділянок, де на транспортний потік мала вплив наявність зупинки маршрутного транспорту, залежно від кількості смуг руху.

За результатами отриманих експериментальних даних встановлена залежність коефіцієнта смуговості від інтенсивності руху маршрутного пасажирського транспорту в потоці на двосмуговій ділянці міської магістральної вулиці з облаштованою кишенею та без неї.

Проведено дослідження витрат часу пасажирським транспортом, спричинених взаємними перешкодами між ними на міських зупинках маршрутного транспорту.

Також проведено аналіз затрат часу пасажирями на вхід-вихід з маршрутного транспорту та очікування пасажирів маршрутним транспортом, який показав існування лінійної залежності між часом стоянки транспортного засобу на зупинці та кількістю пасажирів, які входять і виходять з ТЗ. Завдяки отриманим результатам, можливо виконати розрахунок та зробити прогноз ситуацій, які спричинені умовами обслуговування пасажирів на зупинці.

Удосконалено інженерно-планувальні рішення міських зупинок маршрутного транспорту, які дозволили визначити розрахункові параметри довжини зупинкового майданчика та місце розміщення павільйону зупинки маршрутного пасажирського транспорту.

Автором визначено, що при проектуванні зупинок маршрутного транспорту необхідно враховувати довжину та ширину пасажирського транспорту, які мають важливе значення й дозволяють визначити оптимальну площу динамічного та статичного габаритів пасажирського транспортного засобу. Даний підхід дає можливість враховувати особливості розміщення транспортних засобів на зупинках маршрутного транспорту залежно від умов їхнього функціонування. Саме це дозволить оптимізувати параметри місць висадки та посадки пасажирів, а також місця стоянки пасажирського

транспорту, що зменшить витрати часу знаходження транспортного засобу на зупинці.

На основі результатів проведеного дослідження, було рекомендовано під час проєктування зупинок маршрутного транспорту враховувати технічні характеристики транспортних засобів, а також статичний та динамічний габарити транспортних засобів для оптимізації роботи зупинок й підвищення ефективності функціонування громадського транспорту.

Ключові слова: місто, магістральна вулиця, інженерно-планувальна організація, пасажирський транспорт, транспортний потік, пропускна спроможність, пішохідний потік, організація руху, смуга руху, пасажир, зупинка маршрутного транспорту.

ABSTRACT

Svitlana Timkina. The engineering and planning organization of route transport stops on major streets in large cities. – Manuscript copyright.

The thesis is submitted for the degree of Candidate of Technical Science (Ph.D) in Specialty 05.23.20 – “Urban and territorial planning”, – National Aviation University, Kyiv; Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2024.

The thesis aims to increase the carrying capacity of route transport stops (RTS) and improve the conditions of traffic flow on the major streets in large Ukrainian cities by improving the engineering and planning organization of the RTS.

The study centers on theoretical investigations that enable the resolution of issues related to the increased loading of route transport stops and the route network, which are associated with substantial traffic flows within the influence zone of a transport stop. The intensity of traffic and pedestrian movement within the influence zone of a transport stop is investigated through experimental and theoretical methods.

The study considers the classification and features of the placement of route transport stops depending on their functional features and characteristics of route

vehicles. It also investigates the types of route transport stops, the shapes of which are influenced by the geometric characteristics of existing streets, and the intensity of traffic flow and passenger flow.

An analysis of the factors that influence the engineering and planning decisions of route transport stops was carried out. This analysis made it possible to establish a significant influence on the functioning of the street and road network (SRN) of the city, which consists of numerous interrelated factors divided into permanent, variable and organizational.

Permanent factors, which are based on the geometry of the street and road network itself and its individual elements, are the main factors. Permanent factors include the architectural and planning structure of the city; density of the street and road network; the total length of the SRN; the number and types of intersections and junctions; degree of non-linearity of SRN; throughput capacity of SRN elements; SRN connectivity; route network of public passenger transport; placement of car parking areas on the SRN and planning solutions for stops of route transport.

Variable factors include the intensity of traffic on a specific section of the SRN; the composition of the traffic flow; type of public passenger transport.

Organizational factors include the direction of traffic flows on highways; number and frequency of public passenger transport routes; highway marking; technical means of traffic regulation; coordinated traffic and pedestrian movement management systems.

The main factors that influence the adoption of the optimal engineering and planning organization of route transport stops can be determined based on the analysis made in the thesis. These factors are: street category (number of traffic lanes and lane width); traffic intensity (the most characteristic mode of traffic flow on this section of the street); the composition of the traffic flow; capacity of a route transport stop; the main type of route vehicle; the number of routes serving a specific RTS; the number of passenger vehicles scheduled for stop service during the hour; passenger traffic at the busiest time for the corresponding stop; the intensity of pedestrian or cyclist traffic through the stop.

The author has shown that increasing the length of service provided by route vehicles at city stops leads to a decrease in the carrying capacity of the stop itself and of the entire section of the main street's carriageway. The examination of scientific publications revealed that the duration of the service is greatly affected by the frequency of public transport arrivals, the frequency of traffic movements, the parameters of transport stops, the street and road network, and passenger traffic. By altering the pertinent parameters, which are contingent upon the type of route transport stop, it is feasible to attain the optimal capacity for the entire section of the main street within the zone of influence of the RTS.

The paper looks at how pedestrian flows moving down the street on the sidewalk and people getting on and off public passenger transport or waiting for it influence each other.

We considered the regularities of the formation of pedestrian flows: the majority of pedestrian flows are deliberate, with a goal of attraction; pedestrians choose the shortest route; pedestrians move at their own pace, taking into account age, gender, situation, etc.; pedestrians are separated from each other by a certain distance that depend on the density of the pedestrian flow and their speed. In addition, we take into account the distribution of pedestrian flows depending on the type of traffic and classify it into: single, when pedestrians move with a significant interval along the sidewalk, which is laid through the route transport stop; mass, which is characterized by intense pedestrian traffic in one or more directions; disorganized, when the movement of people in a correspondingly small area is carried out in random directions; streaming, characterized by intense mass movement of pedestrians in one direction for a relatively long time; free, when each person participating in the movement can change the direction and speed of their movement at any moment; dense, when the individual freedom of action of a pedestrian is limited by other people moving in the general flow; long-term, when the human flow moves in a certain direction for a relatively long time; short-term, provided that the bulk of people starts and finishes the movement in a relatively short period of time.

The research and analysis indicated that how pedestrians move in the area where the bus stop is located is based on providing paths for walking along the streets outside the stop, having stop sites and interchanges for passengers, and having complicated ways for people to move to RTS and the landing site itself.

The obtained results of the theoretical and experimental studies were used to create a model of influence and communication between street traffic participants in the area of the RTS. Street traffic in the RTS zone of influence can be attributed to three groups of people: drivers, passengers, and pedestrians.

Within the passenger service system at the route transport stop, a certain connection has been established between all involved categories of consumers. The connection was found, which allowed us to look at the conflicts between all traffic participants in the zone of influence of the route transport stop and decide which connection was the most important. This in turn made engineering and planning decisions for landing sites more efficient.

It has been established that the study of the patterns of human movement and pedestrian flows will allow ensuring the effective design of route transport stops located on the major streets of cities. This will help determine the optimal geometric dimensions of the landing site, considering the features of disorganized dense pedestrian traffic of all participants.

Coefficients for the distribution of vehicles across the width of the carriageway (lane loading) have been set for the relevant city main streets where the RTS is located, depending on the number of traffic lanes on the carriageway. The loading of traffic lanes on the carriageway part of the street is determined as a percentage of the total traffic intensity in one direction. The influence of the intensity of passenger route transport on the distribution of vehicles on traffic lanes is determined.

The coefficients of the lanes were calculated for the respective sections, where the traffic flow was affected by a route transport stop, depending on the number of lanes.

Based on the experimental data, it was found out that the lane coefficient depends on how much passenger traffic is routed on the two-lane section of the city main street with and without the stop pocket.

A study was conducted to examine the time consumed by passenger transport due to mutual interference of route vehicles at city stops.

We looked at how much time passengers use while entering and exiting the route transport and how long they wait for it. The results strongly suggested that the time the vehicle is parked at a stop affects how many people use it. Due to the obtained outcomes, it is possible to perform a calculation and a prediction of probable scenarios that may be triggered by the conditions of passenger service at the stop.

The engineering and planning solutions for urban bus stops have been improved, which has allowed for the estimation of the length of the bus stop and the location of the bus stop pavilion.

The author determined that when designing route transport stops, it is necessary to consider the length and width of passenger transport. These factors are important and allow determining the optimal area of the dynamic and static dimensions of the passenger vehicle. This approach makes it possible to consider the peculiarities of the placement of vehicles at route transport stops, depending on the conditions of their operation. This, in turn, will allow optimizing the parameters of passenger drop-off and boarding places, as well as passenger transport parking places, thereby reducing time spent by a vehicle at the stop.

Based on the findings of the research, it was recommended to consider the technical characteristics of vehicles in the design of route transport stops, as well as the static and dynamic dimensions of vehicles, to optimize the operation of stops and enhance the efficacy of public transport.

Keywords: city, major street, engineering and planning organization, passenger transport, traffic flow, carrying capacity, pedestrian flow, traffic organization, traffic lane, passenger, route transport stop.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації**

1. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю. Аналіз особливостей проектування зупинок громадського пасажирського транспорту на магістральних вулицях. *Наукоємні технології*. 2015. №3 (27). С. 266–270. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.27.9412>.
2. Stepanchuk O. V., Bieliatynskyi A. A., Timkina S. Yu. Laws of Transport Congestion on the Road Network Cities. *Proceedings of the National Aviation University*. 2016. № 3(68). P. 74–79. DOI: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.68.10919> (Index Copernicus, Google Scholar).
3. Тімкіна С. Ю. Вплив наземного громадського транспорту на потік насичення і час розосередження черги на вулично-дорожній мережі міста. *Наукоємні технології*. 2016. №3 (31). С. 299–302. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.31.10796>.
4. Тімкіна С. Ю. Оцінка транспортно-експлуатаційного стану магістральних вулиць міста Києва. *Проблеми розвитку міського середовища*. 2016. № 1 (15). С. 172–179. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Prms_2016_1_23 (Google Scholar).
5. Тімкіна С. Ю. Аналіз факторів, що впливають на розміщення та розміри зупинок громадського транспорту. *Проблеми розвитку міського середовища*. 2016. № 2 (16). С. 127–137. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Prms_2016_2_17 (Google Scholar).
6. Timkina S., Stepanchuk O., Bieliatynskyi A. The design of the length of the route transport stops' landing pad on streets of the city. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. № 708(1), 012032. P. 1-10. DOI: 10.1088/1757-899x/708/1/012032 (Scopus).
7. Пустовойт Р. О., Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В. Інженерно-планувальні рішення зупинок маршрутного транспорту на прикладі м. Києва. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2022. № 26. С. 87–96. DOI: 10.32782/2415-8151.2022.26.11. (Index Copernicus).

8. Timkina S. Yu. The effects of traffic flow on the capacity of a route transport stop. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 2024. № 3. С. 96–102. DOI: <https://doi.org/10.32782/apcmj.2024.3.13>.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

9. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Родюк М. К. Аналіз розташування зупинок громадського транспорту на міських дорогах. *ABIA-2013*: матеріали XI Міжнар. наук.-техн. конф., м. Київ, 21-23 трав. 2013 р. Київ, 2013. С. 25.21–25.24. URL: http://avia.nau.edu.ua/doc/avia-2013/AVIA_2013_v4.pdf.

10. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Кузьменко В. В. Методи управління транспортними потоками на вулично-дорожній мережі міст. *Аеропорти – вікно в майбутнє*: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 16-17 трав. 2014 р. Київ, 2014. С. 24–26.

11. Степанчук О. В., Белятинський А. О., Тімкіна С. Ю. Ефективні методи управління транспортними потоками на вулично-дорожній мережі. *Архітектура та екологія*: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 17-19 листоп. 2014 р. Київ, 2014. С. 265–267. URL: <https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2023/10/ae-zbirnik-2014.pdf>.

12. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю. Дослідження руху маршрутних таксі на вулицях Києва. *ABIA-2015*: матеріали XII Міжнар. наук.-техн. конф. м. Київ, 28-29 квіт. 2015 р. Київ, 2015. С. 22.12–22.15. URL: http://avia.nau.edu.ua/doc/avia-2015/AVIA_2015.pdf.

13. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю. Критерії користування масовим пасажирським транспортом населенням міста. *Архітектура та екологія*: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. м. Київ, 16-18 листоп. 2015 р. Київ, 2015. С. 174–176. URL: <https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2023/10/ae-zbirnik-2015.pdf>.

14. Тімкіна С. Ю. Функціонування зупинок маршрутного транспорту в умовах інтенсивного транспортного завантаження вуличної мереж. *Архітектура та екологія: матеріали X Міжнар. наук.-практ. конф. м. Київ, 12-14 листоп. 2019 р. Київ, 2019. С. 178–180. URL: <https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2023/10/ae-zbirnik-2019.pdf>.*

15. Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В., Белятинський А. О. Проектування довжини посадкового майданчика зупинок маршрутного транспорту на міських вулицях. *Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті: матеріали VIII Міжнар. наук.-техн. конф. м. Харків, 20-22 листоп. 2019 р. Київ, 2019. С. 89–90. URL: <https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/41503/1/Проектування%20довжини%20посадкового%20майданчика.pdf>.*

16. Степанчук О. В., Тімкіна С.Ю. Принципи організації руху пішохідних потоків в контактній зоні розміщення зупинок маршрутного транспорту. *AVIA-2021: матеріали XV Міжнар. наук.-техн. конф. м. Київ, 20-22 квіт. 2021 р. Київ, 2021. С. 20.23–20.27. URL: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2021/schedConf/presentations>.*

17. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Вишневська А. В., Тімкін І. Ф. Аналіз факторів, що впливають на зменшення викидів автомобільного транспорту в міському середовищі. *Проблеми надзвичайних ситуацій: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. м. Харків, 20 трав. 2021 р. Харків, 2021. С. 337–339. URL: <https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/science/konferentsii/2021/4.pdf>*

18. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Чернишова О. С. Управління транспортними потоками на вулично-дорожній мережі міст. *Авіація в XXI столітті – «Безпека в авіації та космічні технології»: матеріали X Всесвіт. конгрес. м. Київ, 28-30 верес. 2022 р. Київ, 2022. С. 9.1.24–9.1.27. URL: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/Congress2022/paper/viewFile/8696/7135>.*

19. Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В. Шляхи забезпечення привабливості користування громадським пасажирським транспортом. *Архітектура та екологія: матеріали XIII Міжнар. наук.-практ. конф. м. Київ, 09-11 листоп.*

2022 р. Київ, 2022. С. 115–116. URL: <https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/zbirnik-2022-color.pdf>.

20. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Чернишова О. С. Аналіз сучасного стану та проблем автомобілізації в містах України. *AVIA-2023: матеріали XVI Міжнар. наук.-техн. конф. м. Київ, 18-20 квіт. 2023 р. Київ, 2023. С. 20.15–20.19.* URL: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2023/paper/view/9455/7712>.

21. Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В. Фактори, які впливають на вибір інженерно-планувальних рішень для організації зупинок маршрутного транспорту. *Розвиток будівництва та житлово-комунального господарства в сучасних умовах: матеріали VI Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. м. Київ, 02 листоп. 2023 р. Київ, 2023. С. 94–96.* URL: https://snu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/12/bud_2023.pdf.

22. Тімкіна С. Ю. Дослідження розподілення транспортного потоку по смугах руху в зоні зупинки маршрутного транспорту. *Сталий розвиток інфраструктури авіаційного транспорту: проблеми утримання та відновлення: матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф. м. Київ, 26-28 берез. 2024 р. Київ, 2024. С. 87–89.* URL: https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/Stal_Rozv_Tez_24_c.pdf.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	I
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗУПИНОК МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ НА МАГІСТРАЛЬНИХ ВУЛИЦЯХ МІСТ.....	14
1.1 Сучасний стан та особливості функціонування вуличної мережі міст в умовах інтенсивного транспортного завантаження.....	14
1.2 Класифікація зупинок маршрутного транспорту та особливості їхнього розміщення.....	27
1.3 Інженерно-планувальні рішення зупинок маршрутного транспорту	37
1.4 Фактори, які впливають на інженерно-планувальне рішення зупинок маршрутного транспорту	43
Висновки до розділу 1.....	50
РОЗДІЛ 2 ОСОБЛИВОСТІ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ В ЗОНІ РОЗМІЩЕННЯ ЗУПИНКИ МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ...	52
2.1 Пропускна спроможність лінії маршрутного пасажирського транспорту.....	52
2.2 Теоретичні дослідження параметрів зупинок маршрутного транспорту на вулично-дорожній мережі міст.....	63
2.3 Вплив пішохідних та пасажирських потоків на інженерно- планувальне рішення зупинок маршрутного транспорту	70
Висновки до розділу 2.....	81
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ТА ЛЮДЕЙ У ЗОНІ РОЗМІЩЕННЯ ЗУПИНКИ МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ.....	82

3.1	Дослідження впливу транспортного потоку на пропускну спроможність зупинки маршрутного транспорту.....	83
3.2	Дослідження витрат часу пасажирським транспортом спричинених взаємними перешкодами між ними на міських зупинках маршрутного транспорту.....	96
3.3	Затрати часу на вхід, вихід пасажирів та їх очікування маршрутним транспортом.....	108
	Висновки до розділу 3.....	114
	РОЗДІЛ 4 УДОСКОНАЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ МІСЬКИХ ЗУПИНОК МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ.....	116
4.1	Визначення розрахункових параметрів довжини зупинкового майданчика.....	116
4.2	Визначення місця розміщення павільйону зупинки маршрутного пасажирського транспорту.....	124
4.3	Рекомендації з проектування зупинок маршрутного транспорту на міських вулицях	127
4.4	Оцінка ефективності інженерно-планувальної організації міських зупинок маршрутного транспорту.....	130
	Висновки до розділу 4.....	133
	ВИСНОВКИ ДО РОБОТИ.....	135
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	137
	ДОДАТКИ.....	148

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВДМ – вулично-дорожня мережа;

ГМТ – громадський маршрутний транспорт;

ГПТ – громадський пасажирський транспорт;

ДТП – дорожньо-транспортна пригода;

ЗМТ – зупинка маршрутного транспорту;

ІПР – інженерно-планувальні рішення;

МПТ – маршрутний пасажирський транспорт;

МТЗ – маршрутний транспортний засіб;

ПДР – правила дорожнього руху;

ПТЗ – пасажирський транспортний засіб;

РПТЗ – розрахунковий пасажирський транспортний засіб;

ТЗ – транспортний засіб;

ТП – транспортний потік;

ТПВ – транспортно-пересадочний вузол.

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Рух транспортних засобів на міських вулицях і дорогах відбувається в умовах постійної взаємодії між собою різних видів транспортних засобів – легкових автомобілів, пасажирського наземного транспорту, вантажних автомобілів різної вантажності.

Затримки в русі транспорту, які сьогодні спостерігаються на вулично-дорожній мережі, значно впливають на швидкість сполучення, якість роботи транспортної системи та життєдіяльність всього міста. Наслідком цього є збільшення витрат часу населенням, додаткове навантаження на транспортну інфраструктуру, простої транспорту, перевищення витрат пального, зношення елементів та частин транспортних засобів, а також значне екологічне навантаження на міське середовище.

Інтенсивне збільшення, за останні 20 років, кількості легкових індивідуальних транспортних засобів на вулицях міст викликало чимало незадоволень з боку пішоходів.

Велика насиченість вулично-дорожньої мережі легковими автомобілями значно знизила швидкість сполучення маршрутного пасажирського транспорту (МПТ) на більшості магістральних вулиць крупних і найкрупніших міст. Використання легкового автомобільного транспорту, особливо без необхідної прив'язки його до роботи міського пасажирського транспорту, зокрема без урахування пропускної спроможності на деяких ділянках та перехрестях вулично-дорожньої мережі, призвело у багатьох містах України до «транспортного паралічу» міського руху. Наразі, затримки руху транспорту в години «пік» можна спостерігати не тільки в центральних районах міста, а й в щільно заселених житлових периферійних районах.

Громадський транспорт, своєю чергою, впливає та погіршує умови руху легкового та вантажного транспорту, який рухається з ним у спільному транспортному потоці, а також призводить до погіршення умов руху всього

вуличного транспорту, збільшення рівня шуму та кількості викидів шкідливих речовин автомобільним транспортом.

Високий рівень автомобілізації, який спостерігається у більшості міст України, призвів до зниження швидкості сполучення громадського маршрутного транспорту (ГМТ), внаслідок чого, знизилась ефективність його роботи. На сьогодні, на магістральних вулицях крупних та найкрупніших міст виник конфлікт між пішоходами, легковими автомобілями та вуличним маршрутним пасажирським транспортом. Відповідний конфлікт супроводжується зростанням кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП), значними матеріальними та людськими втратами, а також збільшенням часових, енергетичних та фінансових витрат для усіх учасників вуличного руху. Розглядаючи сутність та причини виникнення відповідної конфліктної ситуації, необхідно зазначити, що найбільше вона спостерігається на перехрестях міських вулиць та в місцях розміщення зупинок маршрутного транспорту або зонах їхнього впливу, а саме у місцях найбільшої концентрації пішохідного та транспортного руху. Цей конфлікт пояснюється тим, що взаємодія між маршрутним транспортом, який заїжджає, стоїть в очікуванні, виїжджає, та транспортним потоком (ТП) впливає на: пропускну спроможність усієї проїзної частини вулиці, затримку пасажирів та транспортних засобів, умови безпеки транспорту і пішоходів. Розв'язання даної проблеми передбачає розробку цілого ряду інженерно-планувальних, технічних, організаційних і управлінських заходів.

Питанням підвищення пропускну спроможності вулично-дорожньої мережі міст присвячені праці багатьох вітчизняних та закордонних науковців: Абрамової Л. С., Білятинського О. А., Богацького Г. Ф., Дьоміна М. М., Васильєвої Г. Ю., Гука В. І., Долі В. К., Дубової С. В., Куциної І. А., Лобашова О. О., Поліщука В. П., Озтюкер М. С., Осетріна М. М., Рейцена Є. О., Стародуб І. В., Степанчука О. В., Татарченко Г. О., Толока О. В., Угненко Є. Б., Філіпова В. В., Фішельсона М. С., Хом'яка Я. В., Хоревої Т. З., Шестокаса В. В. та інших.

Але наразі, роботи, які розглядають саме вплив зупинок маршрутного транспорту на рух транспортного потоку, а також досліджують питання щодо особливостей їхнього розміщення та планувального рішення не так й багато, серед них можна виділити праці: Горбачова П. Ф., Гришкявючене Д. Р., Єрмака О. М., Калюжного М. В., Коля О. С., Мюнцера Т. Праці цих авторів більшою мірою розглядали саме питання щодо розміщення зупинок маршрутного транспорту відносно перехрестя та методи підвищення їхньої пропускної спроможності. А роботи, які стосуються саме питань покращення планувальних рішень вулиць в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту в сучасних умовах – відсутні.

Тому, особливу увагу, зараз, необхідно приділити саме удосконаленню інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту для розв'язання задачі підвищення пропускної спроможності магістральних вулиць міст. Питання покращення умов руху пішоходів, легкового та пасажирського транспортів на магістральних вулицях крупних і найкрупніших міст в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту, шляхом удосконалення інженерно-планувальної організації ЗМТ, останніми роками не розглядалося повною мірою вітчизняними та зарубіжними науковцями.

Інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст суттєво впливає на якість роботи всієї транспортної мережі міста.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дослідження виконувались в рамках науково-дослідних робіт, які була проведені кафедрою реконструкції аеропортів та автошляхів Національного авіаційного університету: № 40/10.01.01 «Методологія підвищення ефективного функціонування вулично-дорожньої мережі міст України», № 42/10.01.01 «Обґрунтування умов розподілення транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста Києва», № 61/10.01.01 «Особливості формування пасажиропотоку на станціях міського рельсового транспорту».

Дисертаційна робота безпосередньо пов'язана з реалізацією «Концепції сталого розвитку населених пунктів України» (постанова Верховної Ради України від 24 грудня 1999 року № 1359-XIV), «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року» (розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 року № 430-р), принципів «Концепції стратегічного розвитку міста Києва» (відповідно до Закону України «Про стимулювання розвитку регіонів» на підставі розпоряджень Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації) від 30.08.2010 №662, зі змінами й доповненнями, внесеними розпорядженням Київської міської державної адміністрації від 09.12.2010 №1070, розроблена Стратегія розвитку м. Києва до 2025 року), розробкою державних будівельних норм із проектування вулиць та доріг населених пунктів.

Мета і завдання дослідження. *Метою* дослідження є розробка інженерно-планувальної організації для оптимізації геометричних параметрів зупинок маршрутного транспорту, що дозволить визначити ефективні підходи та рекомендації для покращення функціональності, безпеки й комфорту для пасажирів та усіх учасників вуличного руху.

Основні задачі дослідження:

- проаналізувати сучасний стан і виявити особливості та закономірності впливу місця розташування та інженерно-планувальної організації зупинки маршрутного транспорту на рух транспортних потоків і пішоходів;

- виявити основні фактори, які мають вплив на пропускну спроможність міських магістральних вулиць в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту;

- узагальнити наукові роботи щодо інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст;

- провести комплекс експериментальних досліджень для визначення часових витрат транспортними засобами й пасажирями на зупинках маршрутного транспорту та на проїзній частині вулиці в зоні їхнього впливу;

- обґрунтувати систему заходів інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних і найкрупніших міст, які направлені на зменшення витрат часу пасажирів громадського транспорту та впливу транспортного потоку на пропускну спроможність самої зупинки;

- розробити рекомендації з розрахунку оптимальної довжини зупинки громадського транспорту на основі врахування її індивідуальних та функціональних особливостей.

Об'єктом дослідження є зупинки маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних та найкрупніших міст.

Предметом дослідження є інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних і найкрупніших міст.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених задач були використані наступні методи дослідження:

- проведення експериментальних досліджень інтенсивності руху транспорту та пішоходів в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту;

- математично-статистичний аналіз закономірностей транспортного та пішохідного руху в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в отриманні практичних та теоретичних результатів щодо підвищення пропускну спроможності магістральних вулиць крупних і найкрупніших міст, шляхом удосконалення системи заходів з територіальної організації зупинок маршрутного транспорту.

До вагомих результатів дослідження, які характеризуються науковою новизною й розкривають зміст дисертації та виносяться на захист, належать такі:

Уперше:

- використано комплексний підхід до проектування зупинок маршрутного транспорту з урахуванням різних факторів: транспортного потоку,

пішохідного потоку, часу очікування пасажирів та місця розміщення павільйону, які впливають на ефективність роботи ЗМТ;

- визначені показники довжини «розрахункового пасажирського транспортного засобу», які дозволяють встановити оптимальні розміри зупинки маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст.

Удосконалено:

- модель взаємного впливу між учасниками руху в зоні розміщення зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях;

- систему заходів інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях, які сприяють зменшенню витрат часу пасажирів та мінімізації впливу транспортного потоку на пропускну спроможність самої зупинки.

Набули подальший розвиток:

- методика визначення впливу, типу та розмірів зупинки маршрутного транспорту на пропускну спроможність магістральної вулиці в умовах щільного транспортного потоку;

- методи проектування та розрахунку геометричних параметрів зупинки маршрутного транспорту, які дозволяють забезпечити максимальну пропускну спроможність міської магістральної вулиці при відповідних дорожніх умовах.

Практичне значення отриманих результатів полягає у їхньому використанні в практиці проектування елементів міських магістральних вулиць та впровадженні заходів з організації вуличного руху в зоні розміщення та впливу зупинки маршрутного транспорту. Результати дисертаційного дослідження мають характер науково-практичних розробок та рекомендацій, які можуть використовуватися у містах України для розробки програм та впровадження ефективних заходів з транспортного обслуговування населення та прийняття рішень задля підвищення пропускну спроможності магістральних вулиць та доріг.

Отримані результати дисертаційної роботи були використані:

Товариством з обмеженою відповідальністю «ПроМобільність» при розробці та вдосконаленні транспортної моделі міста Києва та його приміської зони, зокрема, була застосована методика визначення часу затримки маршрутних транспортних засобів на зупинках маршрутного транспорту на магістральних вулицях міста Києва;

Комунальним підприємством «ЦЕНТР ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ» при розробці схем організації дорожнього руху з урахуванням зупинок маршрутного транспорту та необхідності заїзної кишені;

Комунальним підприємством «КИЇВПАСТРАНС» при впровадженні нових зупинок маршрутного транспорту у місті. Впровадження результатів дозволило покращити умови руху маршрутного транспорту та якість обслуговування пасажирів;

Товариством з обмеженою відповідальністю «Бюро архітектури та мобільності «УРБАН ПРОМО»», зокрема, застосована методика визначення часу затримки маршрутних транспортних засобів на зупинках маршрутного транспорту на магістральних вулицях.

Основні положення та результати роботи знайшли використання у навчальному процесі на кафедрі інфраструктури авіаційного транспорту Факультету наземних споруд і аеродромів Національного авіаційного університету при підготовці студентів за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Особистий внесок здобувача. Основні результати роботи отримані автором самостійно. Авторські розробки та ключові положення дисертації відображені в публікаціях автора (Додаток А). Особистий вклад здобувача в наукових працях, опублікованих у співавторстві: [1] – проведений аналіз методів проєктування зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст; [2] – визначені закономірності руху транспортних потоків та особливості виникнення черг на вулицях міст в зоні розміщення зупинок маршрутного транспорту; [6] – обґрунтовані методи визначення оптимального

розміру розрахункового пасажирського транспортного засобу для проектування елементів зупинки маршрутного транспорту на вулицях міст; [7] – обґрунтовані типи зупинок маршрутного транспорту залежно від геометричних характеристик наявних вулиць та інтенсивності транспортного потоку й пасажиропотоку; [9] – проведений аналіз особливостей розміщення зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст; [10] – проаналізовані фактори, які впливають на пропускну спроможність зупинок маршрутного пасажирського транспорту; [11] – обґрунтовано заходи, що забезпечують підвищення пропускну спроможності вулично-дорожньої мережі міста; [12] – проведено дослідження закономірностей руху маршрутного транспорту на вулицях та дорогах населених пунктів; [13] – проаналізовані критерії й закономірності формування та розподілу пасажиропотоків на маршрутах громадського транспорту; [15] – запропоновано метод визначення оптимальної довжини посадкового майданчика на зупинках маршрутного транспорту; [16] – запропоновані заходи з організації руху пасажирських та пішохідних потоків в зоні розміщення зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міста; [17] – визначені та проаналізовані екологічні чинники, які впливають на розміщення зупинки маршрутного транспорту на вулицях та дорогах населених пунктів; [18] – запропоновані методи підвищення пропускну спроможності магістральних вулиць міст, шляхом удосконалення інженерно-планувальних рішень зупинок маршрутного транспорту; [19] – запропоновані підходи та шляхи покращення умов пріоритетності користування громадським пасажирським транспортом; [20] – проаналізовані фактори, які впливають на умови функціонування та експлуатації вулично-дорожньої мережі міст; [21] – узагальнені фактори, що впливають на інженерно-планувальну організацію зупинок маршрутного транспорту.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження доповідались й обговорювались на чотирнадцяти науково-практичних конференціях (Додаток Б) у провідних закладах вищої освіти України, а саме: на Міжнародних науково-практичних конференціях

«Архітектура та екологія. Проблеми міського середовища», Київ, Національний авіаційний університет (НАУ), VI (2014), VII (2015), X (2019); на Міжнародній науково-практичній конференції «Аеропорти – вікно в майбутнє», Київ, НАУ, IV (2014); на Міжнародних науково-технічних конференціях «АВІА», Київ, НАУ, XI (2013), XII (2015), XV (2021); на VIII Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті», Харків, УкрДУЗТ (2019); на Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми надзвичайних ситуацій», Харків, НУЦЗУ, (2021); на X Всесвітньому конгресі «Авіація в XXI столітті» – «Безпека в авіації та космічні технології», Київ, НАУ, (2022); на VI Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Розвиток будівництва та житлово-комунального господарства в сучасних умовах», Київ, Київський національний університет будівництва і архітектури, (2023); на I Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сталий розвиток інфраструктури авіаційного транспорту: проблеми утримання та відновлення», Київ, НАУ, (2024).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 22 наукові праці, серед яких: 7 – у вітчизняних виданнях, що входять до переліку наукових фахових видань з технічних наук, визначених МОН України, 1 – у виданні, яке входить до наукометричних баз даних (*Scopus*) та 14 – у збірниках матеріалів міжнародних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу та чотирьох розділів, загальних висновків, додатків. Загальний обсяг роботи складає 182 сторінки, у тому числі 139 сторінок основного тексту, 44 рисунків та 18 таблиць, список використаних джерел, обсягом 110 найменувань, на 11 сторінках та додатків на 16 сторінках.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗУПИНОК МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ НА МАГІСТРАЛЬНИХ ВУЛИЦЯХ МІСТ

1.1 Сучасний стан та особливості функціонування вуличної мережі міст в умовах інтенсивного транспортного завантаження

Політичні і соціально-економічні зміни, які відбулися в Україні за останні двадцять років, значно вплинули на транспортно-містобудівну інфраструктуру в місті. Головним чином, це обумовлено розвитком малого та середнього бізнесу, що призвело до збільшення обсягів та дальності перевезення пасажирів і вантажів, викликало необхідність збільшення транспортних засобів та потреби в удосконаленні і покращенні умов роботи всієї транспортної системи міста. Транспортна система крупних і найкрупніших міст є дуже динамічною, вона постійно реагує на соціальні, економічні, територіально-планувальні та демографічні зміни [60-62].

Рух на території будь-якого населеного пункту виникає в результаті необхідності здійснення зв'язків між елементами його планувальної структури. Ці зв'язки найбільш ефективні тоді, коли види транспорту, що забезпечують рух, відповідають розмірам та потребам міста. Міський рух у сучасних крупних і найкрупніших містах переріс у важливу транспортну і містобудівну проблему, від правильного вирішення якої залежить рівень та умови проживання людей, подальший територіальний і економічний розвиток самих міст. Транспортна проблема в сучасних містах може бути вирішена двома способами [1-3, 10, 12, 46, 54]: з одного боку – треба пристосувати місто до руху, а з іншого – пристосувати рух до міста. Перший спосіб дає найбільш повний містобудівний ефект при проведенні радикальних заходів по зносу існуючих будівель та вимагає значних фінансових одночасних витрат. Другий спосіб полягає у впровадженні деяких обмежень для транспорту, зменшує

ефективність його використання і потребує відносно невеликих витрат. Вдале поєднання цих двох способів може забезпечити найкращий шлях вирішення даної проблеми.

На даний час, одним із основних та проблемних елементів транспортної системи кожного населеного пункту – є його вулично-дорожня мережа. Основним завданням вулично-дорожньої мережі міста є забезпечення найкоротших зв'язків між елементами планувальної структури міста та частинами його території, забезпечення надійності функціонування його транспортної системи, можливості оперативного і варіативного перерозподілу транспортних потоків, зменшення витрат часу на поїздки, забезпечення відповідних умов безпеки руху транспорту та пішоходів і екологічних показників [7, 18, 42, 55, 83, 84, 91, 93]. Закономірності функціонування вулично-дорожньої мережі, з одного боку, суттєво реагують на відповідні зміни, які відбуваються в суспільстві, але її саму дуже важко швидко пристосувати до потреб міського руху, тому що вулично-дорожня мережа міста є дуже дорогим і важкозмінним елементом міської інфраструктури. Сформована система міських вулиць, в період відсутності автомобільного та рейкового транспорту, важко піддається створенню та забезпеченню умов зручного, комфортного, безпечного руху не тільки транспортних засобів, а й пішоходів. У таких населених пунктах її проектування відноситься до дуже складних питань теорії транспортного планування міст. Особливості будь-яких містобудівних рішень, пов'язаних із зміною вулично-дорожньої мережі, містять детальний аналіз існуючого стану мережі, тому оцінка стану ВДМ передуює багатьом видам містобудівного проектування, розробкам містобудівних регламентів та зонуванню міських територій і є обов'язковим елементом комплексних схем організації руху, проектів реконструкції ВДМ і організації дорожнього руху [3, 10, 20-26, 37, 50, 95].

Ефективність і безпека функціонування вулично-дорожньої мережі сучасного міста здійснюється шляхом комплексного впровадження містобудівних, технічних, організаційних, адміністративних та законодавчо-

нормативних заходів направлених на удосконалення умов з управління транспортною системою міста.

За останні роки погляди на цілі і методи управління транспортною системою міст зазнали революційних змін. Це викликане тим, що головними проблемами визнані надмірні залежності населення від індивідуального автомобіля, що призводить до перевантаження вулично-дорожньої мережі міст і особливо їхніх центрів. Характерна все більша інтеграція задач організації дорожнього руху транспортних засобів в містобудівне проектування.

Щорічне збільшення обсягів переміщення населення міст призводить до перевантаження вулично-дорожньої мережі автомобільним транспортом, а надмірне використання автомобільного транспорту – до подальшого удосконалення інженерно-планувальних рішень окремих елементів вулично-дорожньої мережі міст [27, 64].

Вулично-дорожня мережа, як основний структурний елемент міської забудови, найбільш інерційно реагує на різкі непередбачувані трансформації умов функціонування та потребує проведення різнопланових організаційно-технічних заходів для вирішення пов'язаних із цим проблем.

Навантаження на вулично-дорожню мережу міста прямо пропорційне кількості мешканців, рівню автомобілізації та загальному обсягу щоденного переміщення економічно активної частини населення.

Швидкі темпи збільшення кількості автомобілів у містах України, що спостерігається за останні двадцять років, призвели до ускладнення умов функціонування всієї транспортної системи міста, а саме: зниження швидкості руху автотранспорту, виникнення транспортних заторів на вулицях міст, збільшення часу на переміщення в громадському транспорті. Це призводить до невідповідності забезпечення потрібних умов якості та рівня попиту перевезень, негативно впливає на роботу різних сфер, як економіки міста так і країни в цілому [27, 33, 35, 36, 68, 70-75].

Кількісні показники забезпечення автомобільним транспортом будь-якого населеного пункту або країни характеризуються величиною рівня автомобілізації. Рівень автомобілізації є основним показником, що характеризує вплив автомобільного транспорту на життя країни. При цьому під поняттям «рівень автоматизації» розуміють кількість автомобілів, що припадають на 1000 жителів країни. На даний час, щорічний приріст світового парку автомобілів становить 10-12 млн. одиниць, із них кожні 4 із 5 автомобілів – легкові [80]. Рівень автомобілізації Києва – 353 автомобілі. В середньому в Україні рівень автомобілізації дещо менший – 219 автомобілів [87]. Серед країн світу, Україна посідає 71 місце за рівнем автомобілізації (рис. 1.1).

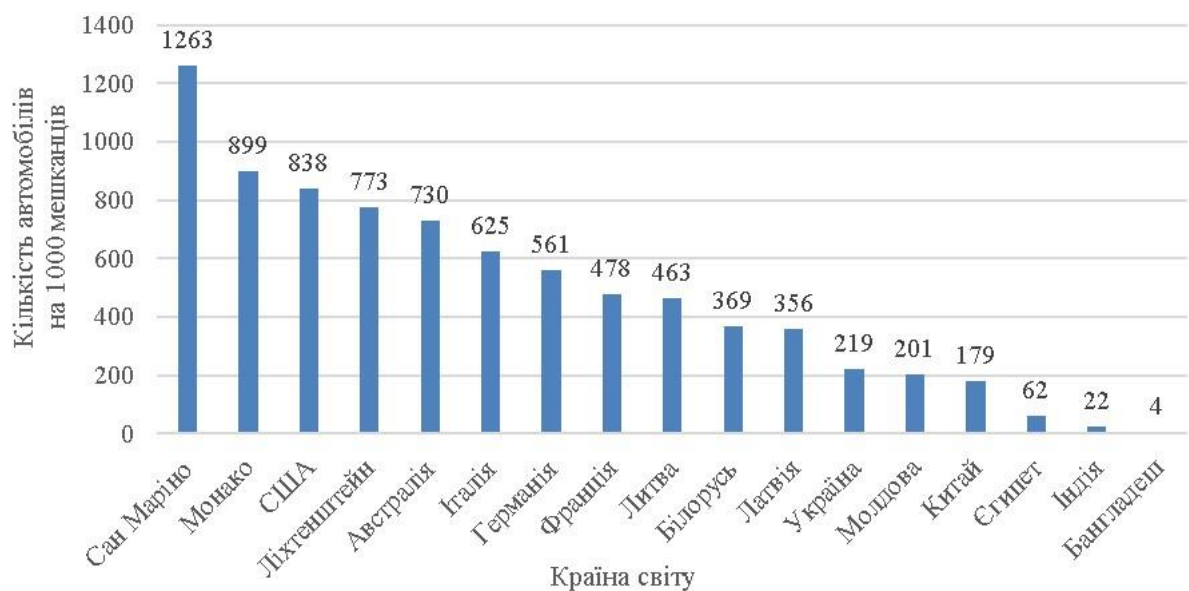


Рис. 1.1. Рівень автомобілізації в деяких країнах світу

Збільшення рівня автомобілізації призводить до підвищення інтенсивності руху транспортних засобів та збільшення завантаження вулиць і доріг населених пунктів автомобільними транспортними потоками.

Реальний транспортний потік має стохастичний характер руху, який залежить від випадкових змін транспортної ситуації та індивідуальних особливостей водіїв транспортних засобів, тому пропускна спроможність

вулично-дорожньої мережі підпорядковується статистичним закономірностям.

Транспортний потік на вуличній мережі міста характеризується різновидністю транспортних засобів, які в свою чергу суттєво відрізняються між собою, як технічними характеристиками так і динамічними, і геометричними. Це значно впливає на взаємодію між транспортними засобами під час руху в сформованому потоці.

В умовах постійної взаємодії між собою різних видів транспортних засобів відбувається рух на міських вулицях і дорогах, а саме легкового автомобіля, маршрутного пасажирського транспорту (автобусів, тролейбусів, трамваїв, маршрутного таксі), вантажних автомобілів різної вантажності. Склад транспортного потоку на магістральних міських вулицях складає: маршрутний пасажирський транспорт – 3-25%; вантажні автомобілі – 2-15%; легкові автомобілі – 60-95% [51, 78, 81, 88, 89, 92, 105].

На даний час на вулицях населених пунктів нашої країни найбільш широке використання має легковий автомобіль. Це спричинено багатьма факторами, а саме:

- придбавши транспортний засіб його можна експлуатувати господарю без створення шляхової мережі;
- відносно невелика вартість транспортного засобу і незначні затрати, що викликані його експлуатацією;
- комфортність перевезення;
- здійснення перевезень від початкового місця знаходження власника ТЗ до кінцевого місця призначення;
- створення престижу і іміджу власника транспортного засобу;
- створення умов незалежності власника легкового транспортного засобу в територіальному переміщенні.

Треба відмітити, що найбільш проблемним, на даний час, є питання різкого збільшення кількості легкового транспорту на вулицях міст, тому що

на кожного пасажера легкового автомобіля потрібна площа проїзної частини в 15 разів більше ніж на одного пасажера автобусу [49].

Використання легкового автомобільного транспорту, особливо без необхідної прив'язки його до роботи міського пасажирського транспорту, зокрема без урахування пропускнуєї спроможності на деяких ділянках та перехрестях вулично-дорожньої мережі, призвело у багатьох містах України до «транспортного паралічу» міського руху [11, 81, 90, 94, 96, 101].

Характерно, що темпи зростання автомобілізації крупних міст та інтенсивності руху значно випереджають темпи зростання протяжності вулично-дорожньої мережі та її вдосконалення. Разом з цим, при дуже суровому та застарілому способі зонування міст, при появі пікових годин, коли транспортні потоки направляються зранку у центр міста, а увечері – з нього, місто зазнає значних заторів. Також, на завантаження магістралей сильно впливає недостатньо розвинута система міського пасажирського транспорту та збільшення кількості мешканців мегаполісів, які віддають перевагу особистим ТЗ.

У зв'язку з цим, погіршуються умови руху транспортного потоку, збільшується число дорожньо-транспортних пригод, зростають втрати часу на пересування пасажиропотоків, знижується ефективність роботи магістральних вулиць та їхніх перехресть. У таких умовах особливої актуальності набуває проблема вдосконалення вулично-дорожньої мережі міста та її оснащення. Треба зазначити, що інтенсивне збільшення кількості легкового автомобільного транспорту, не супроводжується такими же темпами розвитку та збільшенням довжини, площі проїзної частини вулиць і місць для їхнього паркування та стоянки. Наприклад, для міста Києва за даними [9]: загальна довжина мережі наземного транспорту, з урахуванням накладання ліній різних видів, складає 570 км, щільність мережі – 1,6 км/км², загальна довжина вулично-дорожньої мережі – 1630 км, з якої магістральної – 620 км. Довжина тролейбусної та автобусної мереж відповідно 154,3 км та 485 км. Це підтверджує те, що кількість транспортних засобів у місті Києві за тридцять

років збільшилася майже у п'ять разів, а розміри вулично-дорожньої мережі збільшилися тільки на 2%.

В єдиній транспортній системі України ведуче місце в обслуговуванні пасажирів займає пасажирський автомобільний транспорт, який відіграє важливу роль у забезпеченні життєдіяльності міста як цілісної системи його адміністративними, економічними, культурно-просвітніми та іншими функціями. Зростання організованості міст призводить до підвищення вимог до міського транспорту, що стимулює розвиток усіх видів транспорту, серед них і пасажирського. Основні параметри функціонування міського пасажирського транспорту визначають витрати часу населення міст на переміщення до місць прикладання праці та рівень транспортної втоми під час здійснення трудової поїздки, які впливають на продуктивність праці [19, 85, 106, 109, 110].

За результатами масштабного натурного дослідження рухомості киян консалтинговою компанією "А+С" спільно з Київською міською державною адміністрацією за підтримки Світового банку були виявлені цільові потреби поїздки киян (рис. 1.2) [57].

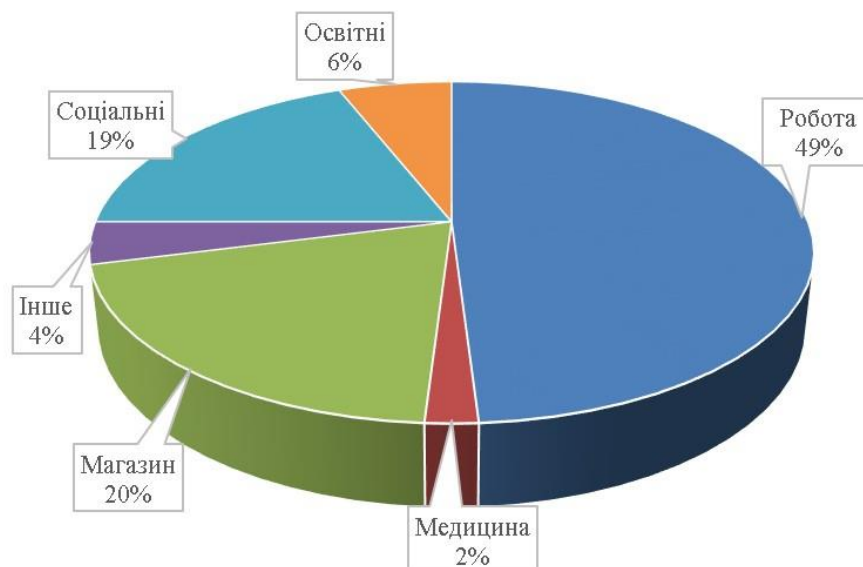


Рис.1.2. Цілі поїздки киян

Щодня кожен городянин самостійно вирішує для себе яким видом транспорту виконувати цільові поїздки. За результатом опитування: 28% пасажирів використовують індивідуальний транспорт, 37% — громадський, ще 35% – пішохідні переміщення (не включає жодного іншого виду транспорту). Один з факторів, яким керуються громадяни – час затрачений на дорогу (рис. 1.3) [57].

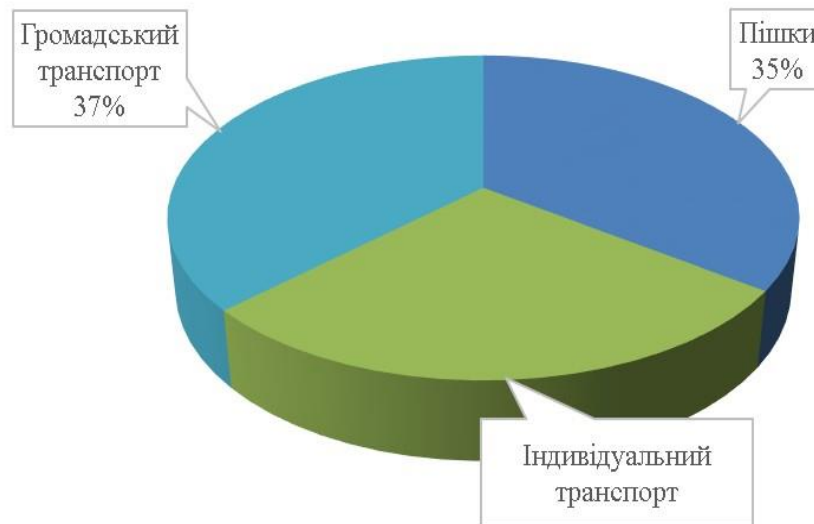


Рис.1.3. Розподіл за видами транспорту

Аналіз обсягу перевезення пасажирів за видами транспорту загального користування в місті Києві 2012-2020 рр. наведений в табл. 1.1 [39, 78, 87].

Таблиця 1.1

Перевезення пасажирів за видами транспорту загального користування в місті Києві (тис. пас.)

Роки	Автобус	Трамвай	Тролейбус	Метрополітен
2012	371750,9	144683,1	185052,5	526654,0
2013	406927,7	154605,8	199649,0	536177,0
2014	400512,8	161465,8	228578,7	503922,8
2015	304598,3	111940,6	163216,0	485685,8
2016	312017,6	114701,8	164325,7	484583,3
2017	307424,9	118655,7	167978,5	498465,9
2018	262467,3	110683,8	137142,5	496071,8
2019	219865,4	96531,6	109849,6	495339,6
2020	119514,6	75607,2	68138,7	279484,1
Всього	2705079,5	1088875,4	1423931,2	4306384,3

Слід зазначити, що перевезення розподілилися таким чином: метрополітен – 45,21%, автобус – 28,41%; тролейбус – 14,95%; трамвай – 11,43%. Перевезення пасажирів вуличним транспортом складає 57,95%. Перевезення вантажів автомобільним транспортом у місті Києві складає в середньому 75,2 млн. тон за рік [39, 87].

Для поїздок на/з навчання автошляхами найчастіше використовується громадський транспорт, а саме 57% усіх поїздок, це частково можна пояснити нижчим рівнем доходів значної частини студентів/школярів [57].

Проведений аналіз крупних та найкрупніших міст України щодо транспортного забезпечення маршрутним пасажирським транспортом дав наступні результати, які наведені в табл. 1.2 [97].

Таблиця 1.2

Транспортне забезпечення міст

Місто	Площа міста, км ²	Кількість населення, чол.	Маршрутний громадський транспорт, кількість маршрутів		
			Автобус	Тролейбус	Маршрутне таксі
Київ	835,58	2952301	91	45	106
Харків	350	1421125	47	30	19
Одеса	162,42	1010537	10	7	45
Дніпро	409,72	968502	93	19	-
Запоріжжя	334	758011	15	6	63
Львів	148,95	717273	19	10	34
Кривий Ріг	430	646748	12	21	43

Як бачимо з наведених даних, в усіх містах, без винятку, переважну більшість пасажирських перевезень виконують маршрутні таксі.

Наявність у транспортному потоці значної кількості засобів маршрутного пасажирського транспорту, режим руху яких характеризується значною кількістю необхідних складових таких як гальмування, зупинка, прискорення, призводить до погіршення умов руху інших транспортних засобів. Це призводить до виникнення конфлікту між легковим і громадським транспортом. Значна насиченість вулично-дорожньої мережі легковими автомобілями різко знижує швидкість сполучення маршрутного пасажирського транспорту і отже ефективність його роботи.

Громадський транспорт, своєю чергою, погіршує умови руху автомобільного транспорту.

Названий конфлікт найбільше проявляється в зоні зупинки маршрутного пасажирського транспорту і на транспортних перехрестях. Це пояснюється тим, що маршрутний пасажирський транспорт, що заїжджає на зупинку громадського транспорту і виїздить з неї, взаємодіє з іншими транспортними засобами потоку, а це призводить до зниження пропускної спроможності та супроводжується затримкою громадського транспорту і транспортних засобів (рис. 1.4). Пропускна спроможність ліній маршрутного пасажирського транспорту зазвичай обмежується пропускною спроможністю зупиночних пунктів.



Рис.1.4. Проблеми обслуговування пасажирського транспорту на зупинках

Незадовільні умови руху транспортних засобів, які рухаються в загальному інтенсивному потоці, призводять не тільки до збільшення фінансових витрат на переміщення, а й до зниження якості обслуговування населення міста, а також супроводжуються збільшенням витрат часу на переміщення, втому та погіршенням самопочуття, здоров'я пасажирів і водіїв [86].

Однією з проблем забезпечення певної пропускної спроможності пункту зупинки пасажирського транспорту є те, що в середній зоні крупних і

найкрупніших міст через одну зупинку проходить від 20 до 30 маршрутів з незначними інтервалами часу, деякі зупинки є кінцевими якогось маршруту.

У результаті обстеження зупинок маршрутного транспорту в місті Києві, нами був виконаний їхній розподіл в залежності від виду пасажирського транспорту, який обслуговує зупинка (табл. 1.3, рис. 1.5).

Таблиця 1.3

Кількість зупинок маршрутного транспорту в Києві в залежності від виду пасажирського транспорту, який вони обслуговують

Вид пасажирського транспорту	Автобус	Сумісні (автобус, тролейбус)	Маршрутні таксі	Тролейбус
Кількість зупинок маршрутного транспорту, од	1383	556	555	335

Згідно зібраних даних та за оцінкою експертів КП «КИЇВПАСТРАНС» встановлено, що в місті Києві нараховується 2829 зупинок маршрутного пасажирського транспорту. За кількістю маршрутів, що обслуговує одна зупинка, їх можна розподілити наступним чином (табл. 1.4).

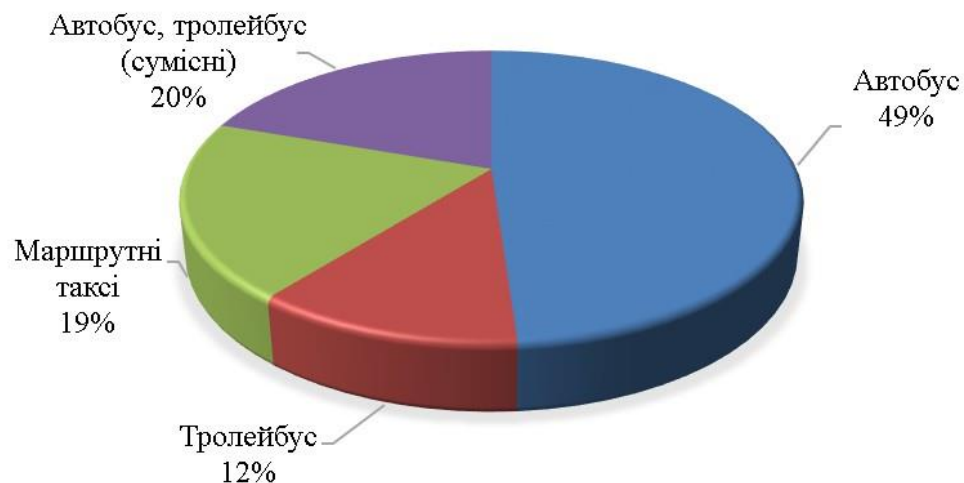


Рис. 1.5. Розподіл зупинок маршрутного пасажирського транспорту в залежності від виду транспорту

Кількість маршрутів, що обслуговує одна зупинка маршрутного транспорту в м. Києві

Кількість зупинок, од	Частка, %	Кількість маршрутів, що обслуговує зупинка, од
1	0,04	більше 30
19	0,67	25-30
52	1,84	20-24
149	5,27	15-19
292	10,32	10-14
700	24,74	5-9
1616	57,12	1-4

З таблиці 1.4 видно, що фактично на зупинках маршрутного транспорту одночасно можуть знаходитися декілька транспортних засобів, але в результаті цього у деяких місцях обслуговування виникають додаткові простои, які пов'язані з перешкодами утвореними самими транспортними засобами.

Маневрування автобусів призводить до додаткових витрат часу, пов'язаних із необхідністю виконання маневру об'їзду транспортного засобу, який зупинився для посадки й висадки пасажирів. У разі, коли здійснюється обслуговування тролейбусами, які обмежені у виконанні маневру обходу, виникають затримки пов'язані з непотрібним простоем, що призводить до неефективного використання зупинки маршрутного транспорту. Крім того, транспортний засіб, який очікує місця для заїзду, створює перешкоди всім іншим транспортним засобам, що рухаються в потоці.

Знаходження на зупинці одночасно декількох пасажирських транспортних засобів різного виду та габаритних розмірів дуже часто перевищує відведену довжину майданчика відповідно до ДБН В.2.3-5:2018 [17]. Крім того, спостерігається, що ТЗ здійснює зупинку за межами самої кишені або очікує заїзду в другій смузі руху, а в деяких випадках – здійснюється висадку пасажирів у другій смузі руху, що заборонено правилами дорожнього руху.

Для кожного міста громадський пасажирський транспорт відіграє дуже важливу роль у створенні комфортних і зручних умов щодо переміщення та забезпеченні життєдіяльності його мешканців. Але для забезпечення таких умов, система громадського пасажирського транспорту повинна постійно удосконалюватися і покращуватися, як у якісних показниках транспортних засобів так і у роботі самої транспортної вуличної мережі.

Аналізуючи сучасний стан та умови руху маршрутного пасажирського транспорту на вуличній мережі міста, необхідно відмітити, що інтенсивні транспортні потоки в значній мірі впливають на пропускну спроможність зупинки громадського транспорту і на саму маршрутну мережу, які зазнають підвищеного навантаження. Наслідками такого впливу є збільшення часових витрат маршрутним транспортом, збільшення часу вимушеного простою.

На зупиночних пунктах, які обслуговують одночасно більше 7 маршрутів, мають місце регулярні дорожньо-транспортні пригоди пов'язані недотримання правил дорожнього руху (транспортні засоби зупиняються при висадці-посадці пасажирів у другій чи, навіть, третій смузі).

Результатом цих недоліків також являється підвищена втрата пального маршрутними транспортними засобами, зношування вузлів та агрегатів, забруднення навколишнього середовища.

Тому, одним із шляхів покращення умов руху маршрутного пасажирського транспорту та інших видів транспортних засобів на вулично-дорожній мережі міст є впровадження ефективних заходів з організації руху транспорту та пішоходів, шляхом удосконалення інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних та найкрупніших міст України.

1.2 Класифікація зупинок маршрутного транспорту та особливості їхнього розміщення

Зупинка маршрутного транспорту є основним елементом планувальної структури міста транспортно-громадського призначення у якому здійснюється пересадка пасажирів між різними маршрутами одного виду транспорту та іншими видами міського пасажирського транспорту, а також відбувається попутне обслуговування пасажирів об'єктами соціальної інфраструктури.

Зупинки маршрутного транспорту є одним із основних елементів міської транспортної інфраструктури, і тому від організації руху на них залежить завантаження всієї проїзної частини вулиці, що негативно впливає на безпека руху та збільшення матеріальних та часових втрат.

Зупинка маршрутного транспорту – це спеціально облаштоване місце в межах вулиці або дороги населеного пункту, що призначене для технологічної зупинки громадського пасажирського транспорту, який здійснює рух за маршрутом регулярних перевезень; воно повинно забезпечувати умови для безпечної, зручної та комфортної посадки, висадки пасажирів та очікування ними транспортних засобів. Такі об'єкти, призначені для обслуговування пасажирів наземного громадського транспорту (автобус, маршрутне таксі, тролейбус, трамвай), і розміщуються в межах червоних ліній вулиць, відносяться до елементів вулично-дорожньої мережі міста.

Необхідно врахувати, що важливим аспектом у дослідженні саме інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту, виступає їхня класифікація у залежності від пасажиропотоку та місця розміщення у планувальній структурі населеного пункту. Зупинки маршрутного транспорту, будучи одним із складових компонентів транспортно-пересадочних вузлів (ТПВ), вимагають детального аналізу в системі ТПВ міст. Розглянемо можливість застосування такої класифікації на прикладі міста Києва [41, 63]. Переміщення на довгі відстані здійснюються за допомогою метрополітену, а також, у деяких випадках, – швидкісним

трамваєм та міською електричкою. Водночас автобус, трамвай, тролейбус та маршрутні таксі, в більшості випадків, виконують функцію підвозу пасажирів до станцій метро, зупинок швидкісного трамваю та платформ міської електрички. Місця таких пересадок формують вузлові пункти пасажирської транспортної системи в межах міської агломерації. Отже, класифікація автобусних зупинок є важливим аспектом цього дослідження.

На нашу думку, за функціональною ознакою слід розрізнити три рівні автобусних зупинок у межах міської агломерації:

I рівень – автобусні пункти поблизу вокзалів, залізничних станцій, аеропортів, автостанцій, які приймають-відправляють зовнішні пасажиропотоки, спрямовані в місто. Об'єктами формоутворення середовища автобусних пунктів в місті Києві виступають Центральний залізничний вокзал (включаючи Південний та Приміський вокзал), залізничні станції Дарниця, Київ-Дніпровський, Почайна (Київ-Петрівка), Видубичі, Київ-Московський, Київ-Волинський, Борщагівка, Святошин; аеропорт Київ (Жуляни); Центральний автовокзал, автостанції Київ, Поділ, Видубичі, Дачна, Південна, Дарниця, Полісся та Теремки.

II рівень – автобусні пункти в межах міської агломерації, які переважно регулюють внутрішньоміські пасажиропотоки. Це – передусім, кінцеві та проміжні зупинки зовнішнього пасажирського транспорту – приміських рейсових автобусів, та зупинки, які знаходяться в зоні впливу станцій міського швидкісного пасажирського транспорту (метрополітен, швидкісний трамвай, міська електричка).

III рівень – зупинкові пункти міського автобусного, тролейбусного та трамвайного транспорту, на яких здійснюється посадка-висадка та пересадка пасажирів.

Як зазначено вище, основним критерієм для класифікації зупинок маршрутного транспорту є обсяг пасажиропотоку (осіб за добу). Доцільно виділити транспортні центри з пасажиропотоком від 2 тис. і більше осіб на добу та транспортні пункти – з пасажиропотоком менше 2,0 тис. осіб на добу.

До внутрішньоміських транспортних центрів міста Києва слід віднести зупинки маршрутного транспорту, що сформувалися на базі станцій метро (Хрещатик (33,7 тис.) – Майдан Незалежності (31,5 тис.) та Театральна (15,1 тис.) – Золоті ворота (20,8 тис.), лінійні станції метро (Олімпійська (31,2 тис.), Арсенальна (21,8 тис.), Палац «Україна» (19,0 тис.), Кловська (11,8 тис.), які хоч і перевищують визначені кількісні вимоги до транспортних вузлів (пасажиропотік від 10 тис. осіб/добу), але з якими за напрямком не накладаються інші види міського громадського транспорту [41].

До внутрішньоміських транспортних пунктів міста Києва слід віднести пасажирські транспортні утворення, які в більшості своїй, обслуговують пасажиропотік менше 2,0 тис. осіб на добу та представлені зупинковими пунктами, платформами, терміналами автобусного транспорту [41].

Зупинки маршрутного транспорту на вулицях міста розміщують на краю основної проїзної частини у межах пішохідної зони (рис. 1.6) або на бічному проїзді (рис. 1.7). Місце знаходження зупинок також характеризується його розташуванням у просторі вулиці (рис. 1.8): перед перехрестям, після перехрестя та на перегоні (на середині кварталу).



Рис. 1.6. Розміщення зупинки маршрутного транспорту на краю основної проїзної частини у межах пішохідної зони

У більшості випадків зупинки маршрутного транспорту розташовують біля перехресть. Це рішення обґрунтоване тим, що розміщення зупинки поблизу перехрестя магістральних вулиць забезпечує мінімальні витрати часу на підхід для більшої кількості пасажирів, а також створює кращі умови для пересадки на інші маршрути.



Рис. 1.7. Розміщення зупинки маршрутного транспорту на бічному проїзді магістральної вулиці

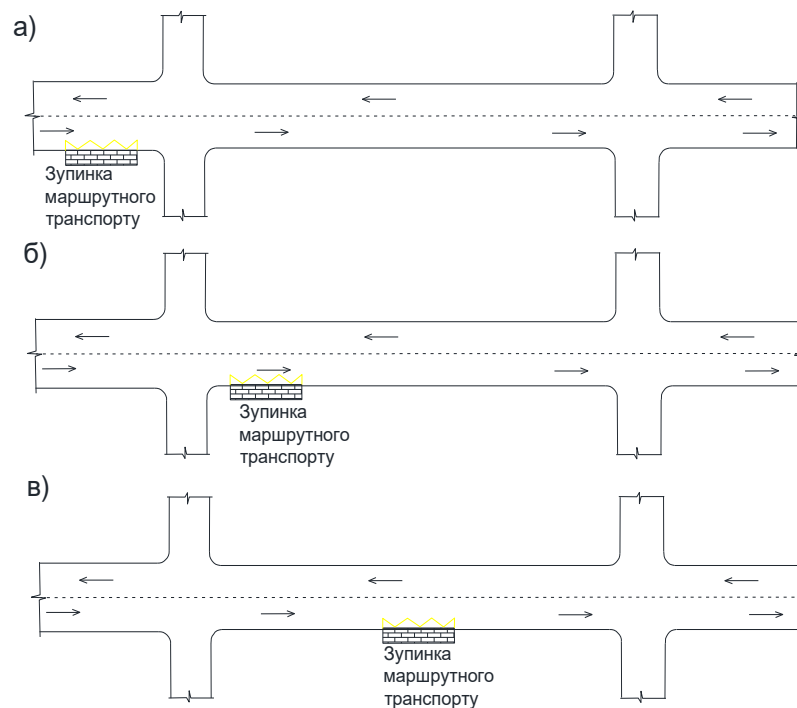


Рис. 1.8. Розміщення зупинки маршрутного транспорту:

а) до перехрестя; б) після перехрестя; в) на перегоні

Розміщення зупинок маршрутного транспорту впливає на пропускну спроможність всієї ділянки вулиці та безпеку руху на ній, а також спричиняє збільшення втрат часу та затримки автомобільного та громадського транспорту. Зупинки, розташовані до перехрестя, де дозволено правий поворот з крайньої смуги громадського транспорту, мають особливий вплив на рух. На відміну від цього, зупинки, розміщені після перехрестя або на перегоні, впливають на транспортний потік в меншій мірі, причому їхній вплив більше залежить від інтенсивності руху та інженерно-планувальних рішень для даної ділянки.

Тому, при визначенні місця розміщення зупинки маршрутного транспорту визначають цілий ряд вимог, які повинні враховуватися при організації зупинок маршрутного транспорту, серед яких можна виділити основні: мінімальні перешкоди громадського пасажирського транспорту для автотранспорту; мінімальне зниження пропускну спроможності вулиці та перехрестя в зоні розміщення зупинки; мінімальні витрати часу; забезпечення безпеки дорожнього руху; забезпечення зручності підходу, очікування, посадки та виходу пасажирів з громадського транспорту; максимальне використання пропускну спроможності ліній громадського транспорту.

Відстань між зупинками маршрутного пасажирського транспорту на магістральних вулицях міст встановлюється з урахуванням забезпечення радіуса пішохідної досяжності, а також швидкості сполучення на маршрутах. На даний час відстань між зупинками маршрутного транспорту приймається згідно з таблицею 10.4 [15]. Основний вплив на визначення відстані між зупинками має належність території до відповідної зони містобудівної цінності та належність населеного пункту до певної групи поселень.

Незадовільні умови руху транспортних засобів біля місць розміщення зупинок громадського транспорту пояснюється саме невідповідністю планувальних рішень вище наведеним вимогам.

Інтенсивність руху, тип і вид громадського пасажирського транспорту визначає місце розміщення та кількість місць стоянки на зупинці маршрутного

транспорту. Інтенсивність руху визначає необхідність влаштування кишень або виділення спеціальних смуг для руху маршрутного транспорту, впливає на поперечний профіль магістральної вулиці. Маршрутний пасажирський транспорту здійснює вплив на конструктивні елементи самої зупинки та елементи проїзної частини.

При організації та забезпеченні пропускнує спроможності зупинки маршрутного транспорту і самої проїзної частини вулиці в зоні її впливу потрібно враховувати цілий ряд факторів. Також необхідно згадати про складність руху транспортних засобів у місцях розміщення зупинок, де видимість водіїв часто обмежена громіздкими автобусами чи тролейбусами, що ускладнюють перешикування та об'їзд через іншу смугу. У свою чергу, маршрутний пасажирський транспорт при інтенсивному потоці дуже часто змушений чекати на відповідний інтервал, який дозволить виїхати на проїзну частину вулиці. Такий виїзд часто супроводжується виникненням конфліктних ситуацій між громадським і автомобільним транспортом.

Багато вітчизняних та закордонних науковців займались вивченням питань щодо розміщення зупинок маршрутного транспорту на міських магістральних вулицях, а також питаннями впливу транспортного потоку на роботу самої зупинки та впливу маршрутного транспорту, який перебуває на зупинці на транзитний транспортний потік. Розглядаючи особливості руху транспортного потоку на вуличній мережі міста в зоні розміщення зупинки маршрутного пасажирського транспорту, необхідно зазначити, що основною причиною погіршення умов руху в даних умовах є вплив багатьох факторів, які в значній мірі залежать від особливостей функціонування відповідних зупинок.

Тому для аналізу та встановлення основних факторів, які впливають на умови руху громадського пасажирського, легкового та вантажного транспорту в зоні розміщення пасажирської зупинки, необхідно провести аналіз основних характеристик цих видів транспорту, враховуючи їхні функціональні особливості.

Розглянемо основні ознаки [8, 17, 56], за якими можна класифікувати зупинки маршрутного транспорту, розміщені на вулицях та дорогах населених пунктів, з урахуванням їхніх функціональних особливостей. Основою для класифікації зупинок маршрутного транспорту повинні стати характеристики маршрутних транспортних засобів та функціональні особливості самих зупинок (рис. 1.9).

Класифікація зупинок маршрутного транспорту за характеристиками маршрутних транспортних засобів включає:

- а) вид маршрутного транспорту, що користується зупинкою (автобусний, тролейбусний, трамвайний, суміщений);
- б) типаж маршрутних транспортних засобів (звичайні, зчленовані, здвоєні, тривагонні);
- в) кількість маршрутних транспортних засобів, що одночасно можуть здійснювати висадку та посадку пасажирів на зупинці (одиначні, подвійні).

Одиначні зупинки, в тому числі і суміщені (автобус, тролейбус), улаштовуються за умови, якщо сумарна частота руху маршрутних транспортних засобів, які користуються однією зупинкою, не перевищує 30 одиниць за годину [17].

Подвійні зупинки улаштовуються при умові, що вони обслуговують декілька маршрутів одного виду транспортних засобів з сумарною частотою руху більше як 30 одиниць за годину.

Залежно від типу маршрутного транспортного засобу та їхньої кількості, що одночасно можуть здійснювати посадку та висадку пасажирів на зупинці маршрутного транспорту визначається довжина посадкового майданчика.

За функціональними особливостями зупинки маршрутного транспорту поділяються:

- а) *за характером використання зупинки:*
 - **постійні** – на яких маршрутні транспортні засоби зупиняються протягом всього часу роботи на маршруті;

- **тимчасові** – на яких маршрутні транспортні засоби зупиняються тільки у заздалегідь обумовлені періоду часу;

- **«на вимогу»** – на яких маршрутні транспортні засоби зупиняються тільки тоді, коли на зупинці є пасажирів, а у разі їхньої відсутності – коли є пасажирів, які перебувають у маршрутному транспортному засобі, мають бажання вийти на цій зупинці, завчасно сповістивши водія відповідним сигналом.

Тимчасові зупинки та зупинки «на вимогу» улаштовуються, як правило, одиночними.

б) за розташуванням зупинки маршрутного транспорту розподіляють на кінцеві та проміжні.

Кінцеві зупинки можуть бути організовані як окремо для висадки та посадки пасажирів, так і суміщено.

Проміжні зупинки на дорозі класифікують за їхнім використанням:

- **уособлені**, призначені для окремого маршруту або окремих дорожніх транспортних засобів;

- **пересадочні**, на яких відбувається зміна напрямку руху окремих пасажирів, рух за іншим маршрутом;

- **сумісні**, призначені для двох і більше маршрутів одного напрямку.

в) за характером конфігурації:

- на проїзній частині – коли місце зупинки маршрутного транспортного засобу знаходиться безпосередньо на проїзній частині вулиці, при незмінній ширині смуги руху;

- у кишені – коли місце для зупинки громадського пасажирського транспорту улаштовується за допомогою розширення проїзної частини у вигляді відкритого майданчика відповідних розмірів придатного для заїзду, виїзду та стоянки транспортного засобу під час очікування посадки та висадки пасажирів.

Здійснений вище аналіз основних характеристик, що визначають

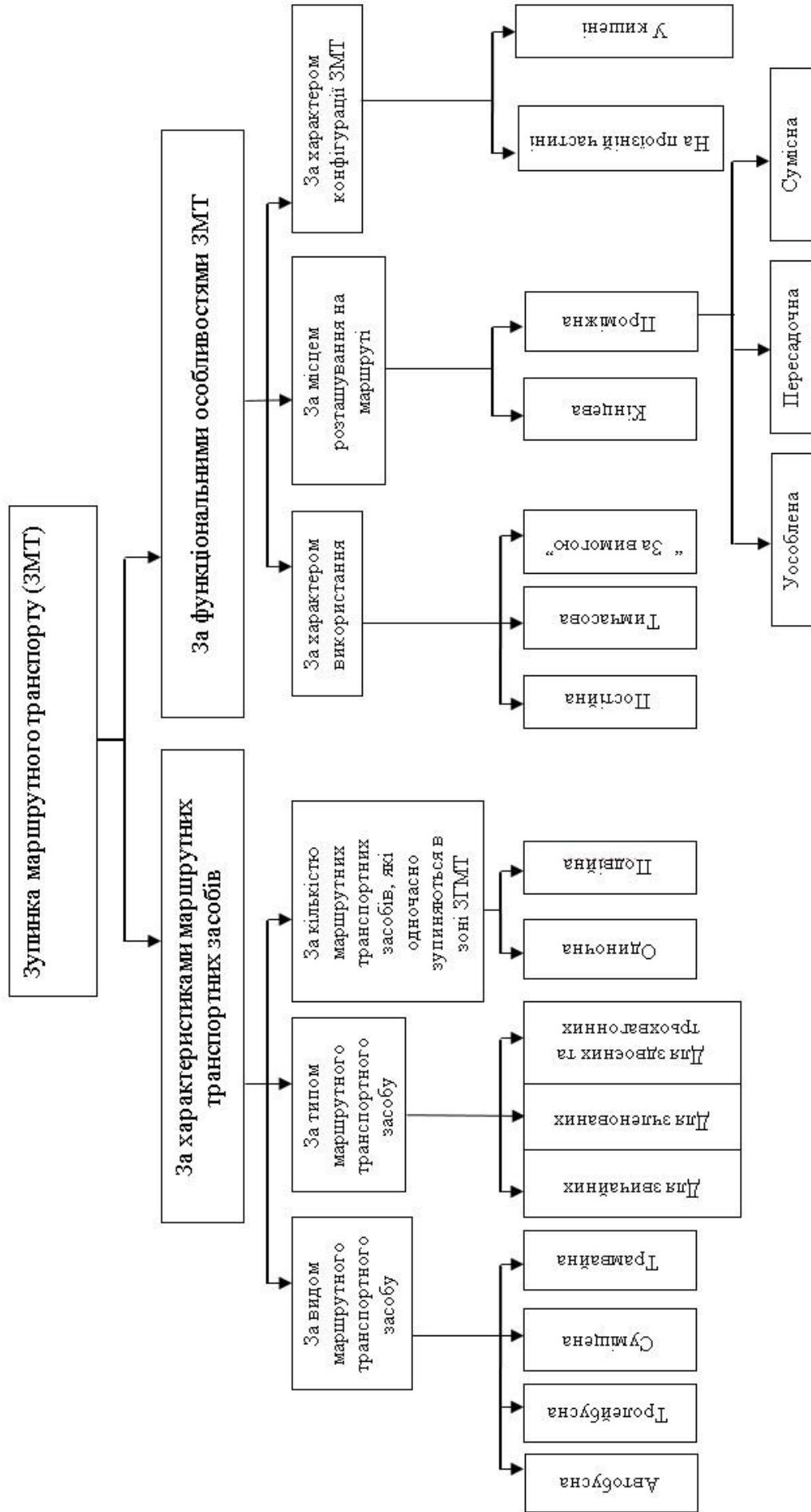


Рис.1.9. Класифікація зупинок маршрутного транспорту

функціональні особливості зупинок маршрутного транспорту, дозволить врахувати всі необхідні заходи, спрямовані на вирішення проблем підвищення пропускної спроможності проїзної частини в зоні впливу зупинки та поліпшення умов обслуговування пасажирів.

Під час розміщення зупинок маршрутного транспорту на вулично-дорожній мережі повинно забезпечуватися виконання таких основних умов [81]: найзручнішого і безпечного підходу до основних об'єктів масового відвідування, найменшого зниження пропускної спроможності міської вулиці (дороги), найменших взаємних перешкод між різними видами міського транспорту, зручності пересадки з одного виду міського транспорту або маршруту на інший, безпеки дорожнього руху.

Основним завданням при розміщенні та проектуванні зупинок маршрутного транспорту є забезпечення безперешкодного руху всіх транспортних засобів та пішоходів у зоні розміщення зупинки з мінімальними витратами часу й комфортними та безпечними умовами обслуговування пасажирів. Неефективність обслуговування залежить від ряду факторів, а саме: зниження пропускної спроможності за рахунок тимчасових втрат і конфліктів між автобусами, а також неефективного використання місць обслуговування.

Звідси необхідно зазначити, що неефективне використання місць обслуговування обумовлене геометричною та технічною різноманітністю складу маршрутного транспорту, що значно впливає на пропускну спроможність зупинки маршрутного транспорту.

Розглядаючи вплив геометричної та технічної різноманітності пасажирського транспорту (автобуси малого, середнього і великого класу, а також тролейбуси великого і особливо великого класу) на підходи до проектування зупинок маршрутного транспорту на міських вулицях, необхідно врахувати розміри транспортних засобів. Також при проектуванні зупинки повинні бути враховані: схеми маршрутів, розклад руху маршрутного транспорту, місце розташування зупинки.

Вирішення цієї проблеми передбачає застосування певних принципів і методів при проектуванні міських вулиць саме в зоні впливу зупинок маршрутного транспорту.

Тому сучасна методика проектування відповідних ділянок міських вулиць повинна базуватися на умовах індивідуального підходу, де вихідними є такі параметри та показники, що характеризують конкретну вулицю в певному населеному пункті, а не загальні підходи. Лише за таких умов можна визначити оптимальні геометричні параметри зупинки маршрутного транспорту та вулиці в зоні її впливу.

1.3 Інженерно-планувальні рішення зупинок маршрутного транспорту

У роботі [52] зазначено, що інженерно-планувальне рішення – це система заходів щодо територіальної організації, яка надає можливість забезпечити ефективність руху транспорту і пішоходів.

Як уже було зазначено в даній роботі, на пропускну спроможність міських вулиць і доріг значний вплив мають параметри зупинок маршрутного транспорту та інтенсивність руху громадського пасажирського транспорту. Зона впливу зупинки маршрутного пасажирського транспорту на рух транспортних засобів та пішоходів на магістральній вулиці міста становить 400 метрів [8].

Відомо, що маневрування автобусів при під'їзді або виїзді з зупинки призводить до додаткових витрат часу, пов'язаних із необхідністю виконання маневру об'їзду транспортного засобу, який зупинився для посадки і висадки пасажирів. У разі, коли здійснюється обслуговування тролейбусів, які обмежені у виконанні маневру обходу, затримки пов'язані з непотрібним простоям, що призводить до неефективного використання зупинки маршрутного транспорту. Крім того, транспортний засіб, який очікує місця

для заїзду, створює перешкоди всім іншим транспортним засобам, що рухаються в потоці.

Знаходження на зупинці одночасно декількох пасажирських транспортних засобів різного виду та габаритних розмірів дуже часто перевищує відведену довжину майданчика відповідно до ДБН [17]. Навіть дуже часто спостерігається, що зупинка транспортного засобу здійснюється за межами самого майданчика (посадочної площадки), або автобус очікує заїзду в другій смузі руху. В деяких випадках навіть здійснюється висадка пасажирів у другій смузі руху, що заборонено правилами дорожнього руху.

Відповідно до державних будівельних норм України [17], довжина посадкового майданчика визначається типами і кількістю маршрутних транспортних засобів, що одночасно здійснюють висадку-посадку пасажирів на зупинці, і повинна прийматися згідно з таблицею 1.5.

Ширину посадкового майданчика слід визначати залежно від пасажирообігу зупинки та часу очікування пасажирами маршрутних транспортних засобів, виходячи з розрахункової щільності пасажирів на площадці 2 чол./м², але не менше ніж 1,5 м.

Таблиця 1.5

Довжина посадкового майданчика зупинки громадського транспорту

Типи маршрутних транспортних засобів	Довжина посадкового майданчика, м	
	одиночної	подвійної
Звичайні	20	35
Зчленовані	25	45
Здвоєні	35	65
Тривагонні	50	-

Одиночні зупинки, в тому числі й суміщені, влаштовують за умови, якщо сумарна частота руху маршрутних транспортних засобів, які користуються однією зупинкою, не перевищує 30 од./год; подвійні – коли обслуговується декілька маршрутів одного виду транспортних засобів з сумарною частотою руху більше ніж 30 од./год [17]. За частоти руху різного виду маршрутних транспортних засобів більше ніж 30 од./год посадкові майданчики на зупинці

(в транспортно-пересадочному вузлі) допускається розосереджувати. Відстань між посадочними площадками повинна бути не менше ніж 10 м [17].

Влаштування зупинки маршрутного транспорту може бути без наявності заїзної кишені або у вигляді відкритої кишені (за наявності простору та/або відсутності виділених смуг для маршрутного транспорту, дотримання мінімальних вимог до ширини тротуару, забезпечення безпечної траєкторії велосипедної доріжки тощо). При новому будівництві влаштування зупинок маршрутного транспорту у вигляді відкритої заїзної кишені на магістральних вулицях загальноміського значення за відсутності виділених смуг для маршрутного транспорту є обов'язковим; в усіх інших випадках – за можливості.

Ширина кишені повинна становити не менше ніж 3 м. Довжину перехідної ділянки на в'їзді до зупинки слід приймати не менше ніж 20 м, на виїзді – не менше ніж 15 м (в обмежених умовах може бути зменшена до 10 м). Відокремлення кишень від проїзної частини бордюром чи іншою перешкодою для руху забороняється [17].

Проведені нами дослідження за розподілом транспортних засобів по смугах руху на магістральних вулицях загальноміського значення у місті Києві показали, що при наявності кишені на зупинці громадського транспорту інтенсивність руху транспортних засобів на крайній правій смузі руху складає 10%, а при відсутності – тільки 3%. Розміщення та планувальне рішення зупинок громадського транспорту здійснюють вплив на транспортний потік, що призводить до зменшення швидкості руху на відповідній ділянці вулично-дорожньої мережі.

Треба відмітити, що в нормативній літературі України відсутні конкретні рекомендації щодо вимог по влаштуванню кишень на зупинках громадського транспорту. У роботі [55] вказано на доцільність влаштування кишені на зупинці громадського транспорту при інтенсивності руху 375-500 авт/год та інтервалі руху громадського пасажирського транспорту 0,5-3 хв.

Звідси зрозуміло, що основним фактором для визначення необхідності влаштування зупинки маршрутного транспорту у вигляді кишені (рис. 1.10) або виділення окремої смуги є інтенсивність руху транспорту.

Для проведення необхідного дослідження щодо удосконалення інженерно-планувальних рішень зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст України розглянемо підходи вітчизняних та закордонних фахівців з даного питання.

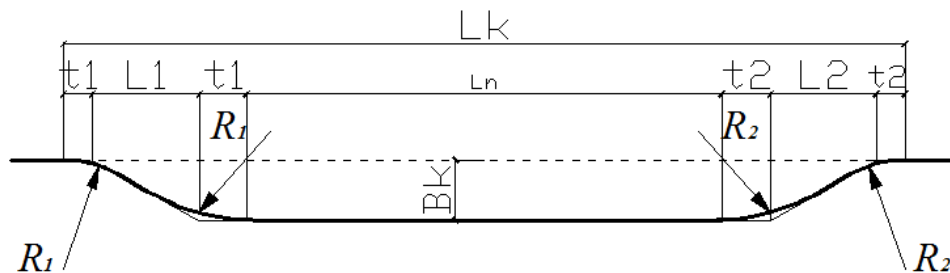


Рис.1.10. Схема «кишені» зупинки громадського транспорту

Аналіз літературних джерел показав, що рекомендації по довжині прямої ділянки кишені L_N коливаються в широкому діапазоні. В країнах Західної Європи довжина складає 11,30-16,0 м. [52]. Для розрахованої на два автобуси або тролейбуси стоянці, довжина рівна $2L_N$. Клінковштейн Г. І. [38] рекомендує для одиночних автобусів та тролейбусів при інтенсивності руху до 15 од./год, довжину приймати рівну 15,0 м. При інтенсивності вище 15 од./год та в інших випадках, коли слід розраховувати на можливість прибуття одночасно двох одиниць рухомого складу, довжина повинна бути збільшена до 35,0÷40 м. У роботах [2, 13] рекомендують приймати довжину майданчика пункту зупинки громадського транспорту для маршрутів одного напрямку 20,0 м, для маршрутів декількох напрямків – по розрахунку, але не менше 30,0 м. На кожен додатковий маршрут довжина майданчика пункту зупинки громадського транспорту збільшується на 10,0 м.

Розглянемо найбільш розповсюджені типи зупинок маршрутного

транспорту (рис. 1.11), які зустрічаються на вулицях міст [58].

Необхідно відмітити, що на визначення форми зупинки маршрутного транспорту на міській вулицях значний вплив має саме геометричні характеристики існуючої вулиці та величина інтенсивність транспортного потоку та пасажиропотоку.

Для кращого сприйняття підходів щодо розміщення на магістральних вулицях міст зупинок маршрутного транспорту різноманітних типів (рис. 1.11) проаналізуємо деякі їхні планувальні особливості, а саме:

Виступаюча зупинка характеризується тим, що поперечний профіль вулиці зменшується за рахунок виступаючої кромки для посадки, що дозволяє безпосередньо під'їхати до посадкового майданчика. Виступаючі зупинки проєктуються тільки на міських вулицях, де передбачені заходи з обмеження транспортного руху.

Зупинки у формі часткової кишені та зупинки на тротуарі повинні мати мінімальну ширину першої (крайньої) проїзної смуги не менше 3 м. Такі умови забезпечуються за рахунок викривлення розподільної смуги.

Фактично кожне з представлених на рис. 1.11 планувальних рішень зупинок маршрутного транспорту в тій чи іншій мірі використовуються в практиці проєктування міської вулично-дорожньої мережі, не маючи на даний час чіткого науково підтвердженого обґрунтування щодо ефективності та доцільності прийнятого рішення. Як показав аналіз наукових робіт, останнім часом дослідження такого плану в нашій країні не виконувалися. Наразі відсутні підходи, які б дозволяли стверджувати, наскільки конкретно будуть покращені умови руху та пропускна спроможність всієї вулиці при виборі того чи іншого типу зупинки маршрутного транспорту, а також як саме прийняті при проєктуванні геометричні розміри зупинки взаємопов'язані з основними показниками транспортного потоку та кількістю маршрутів громадського транспорту.

Для вирішення питань вибору найбільш раціонального планувального

Тип	Схема
Зупинка на проїзній частині	
Зупинка в кишені	
Виступаюча зупинка	
Зупинка на майданчику перед будівлею	
Часткова кишеня	
Подвійна часткова кишеня	
Зупинка на тротуарі	
Світлофор для пріоритету автобуса	
Зупинка після острівка безпеки	
Зупинка на багатоцільовій смузі	

Рис. 1.11. Найбільш розповсюджені типи міських зупинок маршрутного транспорту

рішення зупинки маршрутного пасажирського транспорту та її оптимальних геометричних розмірів повинні використовуватися основні критерії: пропускна спроможність вулиці, пропускна спроможність зупинки, величина транспортної затримки, втрати часу маршрутним пасажирським транспортом і пасажиропотік.

Вибір ефективного та доцільного планувального рішення зупинки громадського транспорту дозволить мінімізувати витрати часу на під'їзд, виїзд та перебування на зупинці, покращити умови обслуговування пасажирів і збільшити пропускну спроможність усієї вуличної мережі міста. Проте для вирішення цього питання постає необхідність застосування індивідуального підходу для прийняття адекватного транспортно-планувального рішення при проектуванні зупинок громадського транспорту. У складних транспортних ситуаціях на магістральних вулицях крупних і найкрупніших міст України з'явилася потреба в розробці методики проектування зупинок громадського транспорту, яка базуватиметься на комплексному підході з урахуванням основних факторів. При проектуванні зупинки маршрутного транспорту треба враховувати цілий ряд взаємопов'язаних факторів, зокрема вплив закономірностей режимів руху легкового, вантажного та пасажирського транспорту в зоні розміщення зупинки, а також її планувальне рішення, форму та місце розміщення.

1.4 Фактори, які впливають на інженерно-планувальне рішення зупинок маршрутного транспорту

З кожним роком покращуються техніко-економічні й динамічні параметри транспортних засобів, які рухаються по вулицях і дорогах нашої країни. Тому разом із цим повинні підвищуватися вимоги до удосконалення норм проектування автомобільних доріг, міських вулиць та їхніх елементів, які забезпечують рух транспортних засобів. Для забезпечення безпеки та створення належних умов зручності руху транспортних засобів велике

значення має визначення оптимальних параметрів елементів вулично-дорожньої мережі. Невідповідність вулично-дорожньої мережі міст транспортному попиту при значних темпах автомобілізації призводять до того, що пропускна спроможність вулиці не відповідає потребам руху, спочатку утворюються локальні, а згодом і мережеві затори. Незадовільні умови руху транспортних засобів, які перебувають у загальному інтенсивному потоці, призводять не тільки до збільшення фінансових витрат на переміщення, а й до зниження якості обслуговування населення міста. Крім того, це супроводжується збільшенням витрат часу на переміщення, втому та погіршенням самопочуття і здоров'я пасажирів і водіїв.

На сьогодні проблемам підвищення пропускної спроможності вулично-дорожньої мережі населених пунктів присвячено багато наукових праць закордонних та вітчизняних фахівців, які визначають та рекомендують можливі методи покращення ситуації на певних ділянках міських вулиць. Це заходи з організації та управління міським вуличним рухом, проектування проїзної частини вулиць і перехресть, а також законодавчо-нормативні, містобудівні та адміністративні заходи. Однак, аналізуючи місця утворення заторів на вуличній мережі міста Києва, слід зазначити, що однією з причин їхнього утворення є недостатня організація руху автомобільного транспорту та стоянки пасажирського транспорту саме в місцях розміщення зупинок маршрутного транспорту [108].

Основним завданням даної наукової роботи є покращення умов руху транспортних потоків на магістральних вулицях міст шляхом удосконалення інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту та ділянок вулиць у зоні їхнього впливу.

Для виявлення основних підходів щодо удосконалення інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях необхідно в першу чергу розглянути всі можливі фактори, які впливають на їхнє функціонування. Для цього слід проаналізувати фактори, що впливають на функціонування всієї вулично-дорожньої мережі міста.

Аналіз наукових робіт [53, 69, 78] показав, що на функціонування вулично-дорожньої мережі міста значний вплив мають кілька взаємопов'язаних факторів, які поділяються на постійні, змінні та організаційні.

Головними серед них є постійні фактори, які базуються на геометричних характеристиках самої вулично-дорожньої мережі та її елементів. До постійних факторів відносяться: архітектурно-планувальна структура міста; щільність вулично-дорожньої мережі; загальна довжина вулично-дорожньої мережі; кількість і види перехресть та примикань; ступінь непрямолінійності ВДМ; пропускна спроможність елементів ВДМ; зв'язність ВДМ; маршрутна мережа громадського пасажирського транспорту; розміщення майданчиків для паркування автомобілів; розміщення зупинок маршрутного транспорту на ВДМ та планувальні рішення.

До змінних факторів можна віднести: інтенсивність руху транспорту по конкретній ділянці ВДМ; склад транспортного потоку; вид та тип громадського пасажирського транспорту.

Організаційні фактори: направленість руху транспортних потоків на магістралях; кількість та частота маршрутів громадського пасажирського транспорту; класифікація вулиць; технічні засоби регулювання руху; координовані системи управління транспортним і пішохідним рухом.

Як було зазначено вище, одним із факторів, що впливають на функціонування вулично-дорожньої мережі міста, є розміщення зупинок маршрутного транспорту на цій мережі та їх планувальне рішення. Необхідно відзначити, що існує цілий ряд наукових робіт [18, 29, 40, 55], метою яких є розробка наукових основ для визначення раціонального розташування зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст.

При розміщенні автобусних зупинок необхідно враховувати такі фактори [34, 91, 94, 98, 99]: гарантію безпеки руху основного потоку людей; маршрути проходження автобусів; кількість автобусів на маршрутах; інтенсивність і напрямки руху транспортних і пішохідних потоків; основні

пункти відправлення та прибуття пасажирів; забезпечення пересадок з одного маршруту на інший; розташування та характеристики технічних засобів регулювання дорожнього руху; створення мінімальних перешкод для транспортних потоків; скорочення відстані пішохідного підходу до основних об'єктів тяжіння.

Однак, крім наукового обґрунтування доцільності визначення місця розміщення зупинок маршрутного транспорту на вулицях, виникає потреба у визначенні їхньої оптимальної інженерно-планувальної організації при проєктуванні міської вулиці.

Одним із нерозв'язаних на сьогоднішній день питань є покращення умов обслуговування пасажирів і забезпечення зручного та безпечного руху транспортних засобів, а також підвищення пропускної спроможності міських магістральних вулиць шляхом удосконалення інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту.

Тому для вирішення цієї задачі необхідно розглянути фактори, що впливають на інженерно-планувальну організацію зупинок маршрутного транспорту. Це дозволить встановити зв'язки між змінними величинами за кількісними ознаками і отримати нові ознаки та показники.

Для забезпечення ефективності руху транспорту та пішоходів на вулицях і дорогах населених пунктів у зоні впливу зупинки маршрутного транспорту потрібно провести аналіз усіх елементів, що входять до її складу, а також розглянути особливості їхнього призначення і використання.

Фактично кожна обладнана зупинка маршрутного транспорту складається з двох основних елементів: зупинкового майданчика та посадкового майданчика. Основні заходи повинні бути спрямовані на територіальну організацію цих елементів, зокрема на визначення оптимальних геометричних розмірів зупинкових і посадкових майданчиків.

Зупинковий майданчик – це спеціально влаштований на проїзній частині або за межами проїзної частини (в спеціальній кишені) вулиці, на узбіччі дороги, майданчик (напівмайданчик) з твердим покриттям, що відповідає

певним геометричним параметрам для зупинки маршрутних транспортних засобів [8].

Посадковий майданчик – це майданчик з твердим покриттям, який примикає до зупинкового майданчика і вищий за нього на 0,15-0,25 м, призначений для очікування, посадки та висадки пасажирів маршрутного транспорту [8].

Також до елементів зупинки маршрутного транспорту належать: павільйони, навіси та їх облаштування, малі архітектурні форми (торгового та обслуговуючого призначення), тротуари та пішохідні доріжки, інформаційні табло, технічні засоби організації дорожнього руху пасажирського транспорту та пішоходів, елементи освітлення (рис. 1.12).

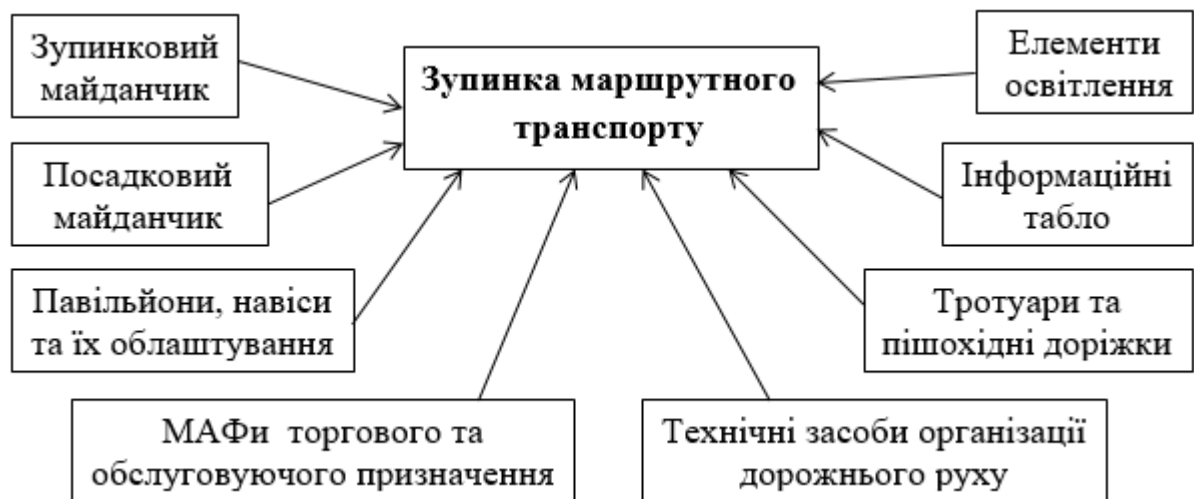


Рис. 1.12. Елементи міських зупинок маршрутного транспорту

Технічні засоби організації дорожнього руху призначені для забезпечення безпечної та безперебійної роботи маршрутного транспорту, руху велосипедів та пішоходів. Для цього використовуються загальні технічні засоби організації дорожнього руху, такі як дорожні знаки і покажчики, дорожня розмітка, світлофори та направляючі пристрої.

Інформаційні табло визначають маршрути громадського пасажирського транспорту, розклад руху та час прибуття транспортного засобу за відповідним маршрутом.

Тротуари і пішохідні доріжки влаштовують у напрямку руху основних потоків пішоходів (колишніх пасажирів) від посадкового майданчика до пішохідних переходів і до розташованих поблизу об'єктів міської забудови [8].

Територія зупинок маршрутного транспорту, які знаходяться в межах населених пунктів, повинна мати стаціонарне штучне освітлення, яке влаштовується на спеціальних щоглах.

Павільйон або навіс призначений для створення комфортних умов при очікуванні людьми відповідного маршруту. Він призначений для їхнього захисту від природних опадів, прямих сонячних промінів та вітру. Павільйон облаштовується місцями для сидіння, поблизу встановлюються урни для сміття.

При розміщенні зупинок маршрутного транспорту у місцях інтенсивного пішохідного потоку або на зупинках із значним пасажиропотоком, за погодженням із місцевою владою, на самій зупинці або поруч можуть розміщуватися малі архітектурні форми (торгові автомати, банкомати тощо), де надаються торгові або обслуговуючі послуги.

Кожен із перерахованих вище елементів має прямий або побічний вплив на пішохідний потік у місці розміщення міської зупинки, а також певний позитивний і негативний вплив на умови обслуговування пасажирів міського транспорту (очікування, посадка та висадка) та на умови руху всього транспорту на відповідній ділянці вулиці.

У більшості випадків основними проблемами руху транспортних потоків у місцях розміщення зупинок маршрутного транспорту є: неможливість розширення вулиці; розміщення зупинок перед перехрестями або міськими штучними спорудами; недостатня пропускна спроможність проїзної частини вулиці; невідповідність типу зупинок і розмірів зупинкового майданчика потребам обслуговування маршрутного транспорту; невідповідність розмірів посадкового майданчика пасажиропотоку; недостатня пристосованість міського пасажирського транспорту і посадкових майданчиків до потреб маломобільних груп населення; недостатня взаємодія між перевізниками, які

обслуговують автобусні та тролейбусні маршрути, і відсутність скоординованої системи управління міськими пасажирськими перевезеннями.

На основі проведеного дослідження наукової літератури та виконаного у дисертаційній роботі аналізу можна визначити основні факторами, які впливають на прийняття оптимальної інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту, а саме:

- категорія вулиці (кількість смуг руху та ширина смуги);
- інтенсивність руху автомобільного транспорту (найбільш характерний режим руху транспортного потоку на даній ділянці вулиці);
- склад транспортного потоку;
- пропускна спроможність зупинки маршрутного транспорту;
- основний тип маршрутних транспортних засобів;
- кількість маршрутів, що обслуговує конкретна ЗМТ;
- кількість пасажирського транспорту, що заплановано для обслуговування зупинкою протягом години;
- пасажиропотік у найбільш завантажений час для відповідної зупинки;
- інтенсивність руху пішоходів або велосипедистів через зупинку.

Основними факторами, які впливають на розміри зупинкового майданчика, є: типи пасажирського транспорту та їхня кількість, що буде використовувати зупинку протягом години. При проектуванні зупинки необхідно мінімізувати кількість маршрутного транспорту, який змушений стояти в черзі за межами зупинки, що зменшує її пропускну спроможність і впливає на проїзну частину вулиці. Це також призводить до збільшення часу руху пасажирів, знижує надійність роботи всієї транспортної системи міста та негативно впливає на якість обслуговування громадян. Ймовірність утворення черги на зупинці (рис. 1.4) та можливість частих відмов повинні враховуватися при виборі типу зупинки та визначенні оптимальних інженерно-планувальних рішень ще на стадії проектування.

Необґрунтоване збільшення розмірів зупинкових майданчиків зменшує ефективність обслуговування пасажирів. Розширення зони зупинки

маршрутного транспорту призводить до збільшення часу, необхідного для посадки та висадки пасажирів, оскільки посадкові майданчики використовуються нерівномірно. Це веде до збільшення кількості перешкод у пішохідному русі на самому посадковому майданчику. Внаслідок цього процес висадки пасажирів затримується, а процес посадки – може бути заблокований пішохідними потоками, що спрямовані до іншого маршрутного транспорту, який стоїть поруч.

Звідси потрібно відзначити, що на даний час у нашій будівельно-нормативній та методичній базі відсутні обґрунтовані принципи та підходи, які б дозволили вирішувати відповідні задачі. Дослідження відповідного напрямку в нашій країні за останні роки не проводилися. Тому вибрана тема дослідження є актуальною і потребує науково обґрунтованого вирішення.

Таким чином, метою нашого дисертаційного дослідження є створення науково обґрунтованих підходів, які дозволять зменшити витрати часу пасажирями громадського транспорту та підвищити пропускну спроможність магістральних вулиць міст шляхом удосконалення інженерно-планувального рішення зупинок маршрутного транспорту.

Висновок до розділу 1

Інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних міст охоплює аналіз та вдосконалення системи розміщення, конфігурації та функціонального обладнання зупинок, зокрема їхніх геометричних параметрів, розташування на вулиці та взаємодії з вуличним рухом. Основними аспектами дослідження є забезпечення ефективного транспортного обслуговування мешканців міста, оптимізація руху громадського транспорту, а також забезпечення безпеки та комфорту для пасажирів і пішоходів.

Проведений вище аналіз основних ознак, що характеризують функціональні особливості зупинок маршрутного транспорту, дозволить врахувати всі необхідні шляхи, спрямовані на вирішення проблем підвищення пропускну спроможності проїзної частини вулиці в зоні впливу зупинки та покращення умов обслуговування пасажирів.

Влаштування на магістральній вулиці міста зупинки маршрутного транспорту у вигляді заїзної кишені зменшує час, протягом якого виникають перешкоди руху через зупинку пасажирського транспорту. Час затримки для основного транспортного потоку буде складатися тільки з часу уповільнення та прискорення маршрутного пасажирського транспортного засобу, який заїжджає на зупинку. Величина часу уповільнення та прискорення залежить від планувальних характеристик зупинки (типу зупинки), що, у свою чергу, впливає на швидкість в'їзду та виїзду з неї. Внаслідок зменшення часу перешкод у русі транспортних засобів знижується негативний вплив, який здійснює зупинка громадського транспорту на пропускну спроможність усієї вулиці.

На основі опрацьованого та проаналізованого науково-методичного матеріалу і вивчення ситуації, яка склалася та призвела до погіршення умов руху автомобільного транспорту на вуличній мережі у місцях розміщення зупинок маршрутного транспорту, було виділено ряд проблем, для вирішення яких необхідно удосконалити інженерно-планувальну організацію зупинок. Це надасть можливість забезпечити ефективність руху транспорту і пішоходів.

Для виявлення залежностей показників роботи зупинок маршрутного транспорту від їхніх геометричних параметрів, пасажирообігу, параметрів вулично-дорожньої мережі, транспортних потоків та типів маршрутних транспортних засобів необхідно провести теоретичні та експериментальні дослідження руху в зоні їхнього впливу.

Потрібно шукати планувальні рішення для зупинок маршрутного транспорту, які мінімізують або повністю виключають перешкоди та конфліктні ситуації між громадським пасажирським і автомобільним транспортом. Це призведе до покращення організації роботи пасажирського транспорту на маршруті та умов обслуговування пасажирів на зупинках. Інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного транспорту повинна забезпечувати високу якість роботи пасажирського транспорту та підвищити пропускну спроможність усієї вулично-дорожньої мережі міста.

РОЗДІЛ 2

ОСОБЛИВОСТІ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ В ЗОНІ РОЗМІЩЕННЯ ЗУПИНКИ МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ

2.1 Пропускна спроможність лінії маршрутного пасажирського транспорту

Одним із основних показників ефективної роботи будь-якого транспортного засобу є витрачений час на відповідні переміщення. На витрачений час при переміщенні значно впливає швидкість, з якою рухався транспортних засіб до свого місця прибуття, а на вулично-дорожній мережі населених пунктів – швидкості транспортних потоків, у яких він перебував у процесі руху. Відомо [4, 14, 47, 67], що на швидкість транспортного потоку, який рухається вулично-дорожньою мережею міста, впливають наступні фактори: кваліфікація та стан водія, тип та стан транспортного засобу, інтенсивність руху; щільність руху, тип та стан проїзної частини вулиці або дороги, навколишнє середовище тощо. Але одним із негативних факторів, що значно впливає на швидкість транспортних потоків та призводить до збільшення витрат часу на переміщення по ВДМ міст, є затори та затримки руху. Під затором розуміють рух транспортного засобу у потоці, коли його швидкість наближена до нуля, а в деяких випадках розглядається навіть нерухомий стан транспортного потоку, внаслідок його ущільнення інтенсивно прибуваючими транспортними засобами, кількість яких значно перевищує фактичну пропускну спроможність даної ділянки ВДМ.

Затори та затримки руху призводять до:

- економічних втрат (втрат часу пасажирями, легковими автомобілями, зниження ефективності вантажних перевезень та збільшення витрат пального);
- збільшення дорожньо-транспортних пригод (ДТП);

- збільшення шкідливих викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище, які негативно впливають на здоров'я людей [83, 84].

Як відомо [4, 14, 47, 67], причиною утворення транспортного затору є перевищення щільності транспортного потоку на ділянці вулично-дорожньої мережі в наслідок різкого збільшення кількості транспортних засобів у транспортному потоці або невідповідність пропускної спроможності ділянки вулиці, яка нездатна сприйняти збільшення транспортного навантаження. Необхідно зазначити, що однією із причин, яка призводить до вимушеного зменшення пропускної спроможності деяких ділянок міських вулиць є відсутність заїзних кишень для зупинки транспорту загального користування та невідповідність типу зупинки маршрутного транспорту інтенсивності транспортного руху.

Збільшення кількості маршрутів та пасажирських транспортних засобів на них призводять до перевантаження не лише вулично-дорожньої мережі міст, а й зупинок маршрутного транспорту. Велика кількість приватних маршрутів, де основним бажанням водіїв є взяти якомога більше пасажирів, призводить до недотримання заданих розкладом інтервалів руху. Внаслідок цього до зупинки може під'їхати одночасно 3, 4 і навіть більше маршрутних транспортних засобів. Зрозуміло, що існуючі параметри зупинки не дозволяють розмістити одночасно на зупинці таку кількість пасажирського транспорту в результаті чого виникають затори, збільшується час обслуговування пасажирів та маршрутного транспорту, знижується безпека руху.

Процес руху маршрутного пасажирського транспорту на магістральній вулиці міста в зоні розміщення зупинки маршрутного транспорту, розділяють на такі етапи: в'їзд на зупинковий майданчик, посадка та висадка пасажирів, виїзд із зупинки. В'їзд та виїзд із зупинки дуже часто можуть бути пов'язані із додатковими витратами часу, причинами яких є різні перешкоди та затримки, що здебільшого викликані наявністю насиченого або щільного транспортним потоку на самій проїзній частині вулиці, відсутністю достатнього місця для

зупинки маршрутного пасажирського транспорту (недостатні розміри зупинкового майданчика або порушення правил зупинки самим маршрутним транспортом), забороненою зупинкою або стоянкою легкових та вантажних транспортних засобів в зоні розміщення зупинок.

Під'їзд та очікування можливості в'їзду на зупинковий майданчик маршрутного транспорту не лише призводить до збільшення витрат часу для пасажирів і транспортних засобів (нетехнологічні витрати часу), а й створює суттєві перешкоди для всього транспортного потоку, що рухається по проїзній частині вулиці.

Затримки, які виникають через взаємні перешкоди між пасажирським транспортом, спостерігаються майже на всіх зупинках, де обслуговується більше семи маршрутів, а також у випадках спільного використання зупинок автобусами та тролейбусами. У таких ситуаціях також важливими є інтенсивність руху маршрутного пасажирського транспорту і кількість місць для стоянки.

У багатьох випадках також спостерігається порушення правил зупинки маршрутним транспортом. Коли водій заїжджає на вільну зупинку, він часто займає середню частину зупинкового майданчика. Це створює незручності для інших маршрутних транспортних засобів, які змушені зупинитися для посадки та висадки пасажирів, не маючи можливості повноцінно в'їхати на зупинковий майданчик. В результаті частково або повністю перекривається інша смуга руху.

У роботах [11, 101] зазначено, що місця для перебування пасажирського транспорту на зупинках мають різну продуктивність. Перше місце характеризується найвищою продуктивністю, тоді як продуктивність наступних місць поступово знижується. Внаслідок цього було введено поняття «ефективна кількість зупинкових місць», яке відповідає умовній кількості місць, що мають пропускну спроможність першого місця для зупинки.

Витрати часу на підготовку до виїзду із зупинки маршрутного транспорту та закриття дверей складають у середньому 5 секунд. Невиробничі витрати

часу при виїзді із зупинки часто виникають, коли зупинковий майданчик розміщений у кишені, і виїхати з неї на смугу руху проїзної частини при щільному транспортному потоці буває дуже складно. При розміщенні зупинки маршрутного транспорту на першій смузі проїзної частини затримки при виїзді виникають через чергу, що утворюється, коли попередній транспортний засіб виконує посадку та висадку пасажирів. Для виконання маневру об'їзду транспортного засобу, що здійснює стоянку на зупинці, та злиття з потоком, який рухається в іншій смузі, витрачається в середньому 5,4 секунди.

Необхідно відзначити, що пропускна спроможність магістральної вулиці значно залежить від пропускної спроможності лінії пасажирського транспорту. Однак, як зазначено у роботах [7, 55, 93], пропускна спроможність лінії громадського пасажирського транспорту зазвичай обмежується пропускною спроможністю зупинки маршрутного транспорту.

Пропускна спроможність зупинки маршрутного транспорту розраховується відповідно до схеми транспортної ситуації, зображеної на рис. 2.1 [7]. Максимальна пропускна спроможність зупинки досягається, коли транспортний засіб 2 рухається зі швидкістю V і під'їжджає до ЗМТ на відстані $l_6=l_n$. Водночас автобус 1 від'їхав від ЗМТ на відстань l_n .

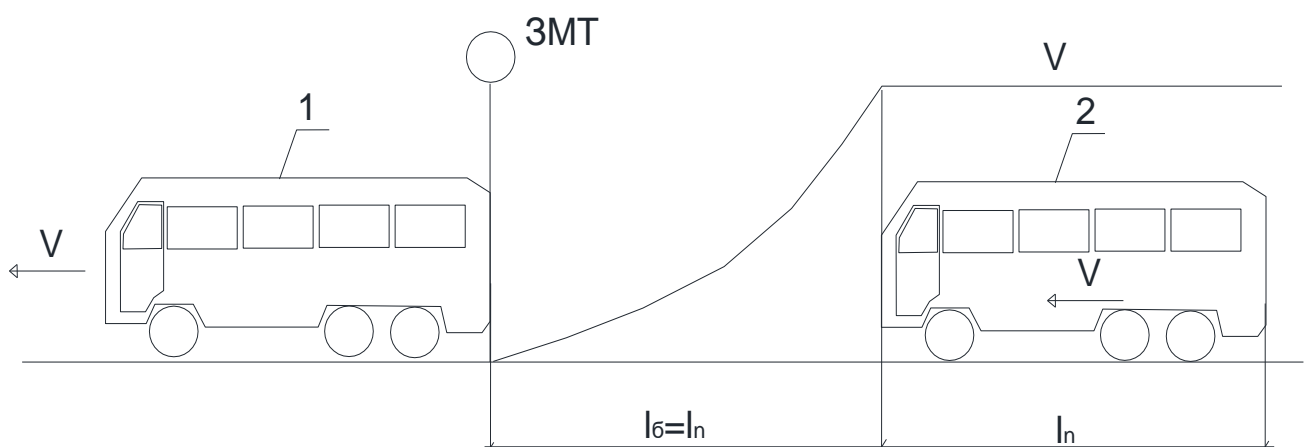


Рис. 2.1. Розрахункова схема визначення пропускної спроможності зупинки маршрутного транспорту: l_6 – відстань безпеки; l_n – довжина пасажирського транспортного засобу

На відстані l_n транспортний засіб 2 гальмує і зупиняється біля знаку на ЗМТ. Інтервал часу $t_{i.xb}$ між транспортними засобами, які проїжджають зупинку маршрутного транспорту з обслуговуванням пасажирів відповідно до цієї схеми, складається з:

1. Часу t_r (с), який витрачається на гальмування з уповільненням руху a_r :

$$t_r = \sqrt{2l_n/a_r}, \quad (2.1)$$

де t_r – час гальмування; a_r – уповільнення руху.

2. Час $t_{вд}$ (с) відчинення дверей ($t_{вд} = 1,5 - 2$ с).

3. Час t_{nb} (с) технічного простою, пов'язаний з посадкою та висадкою пасажирів:

$$t_{nb} = \rho_{on} m_p t_{nac} k_{нд} / n, \quad (2.2)$$

де ρ_{on} – середньогодинний коефіцієнт пасажирообміну зупинки маршрутного транспорту, який показує, яку частину розрахункової місткості складають вхідні та вихідні пасажирів, визначається за формулою 2.3; m_p – провізна спроможність транспортного засобу, пас.; t_{nac} – час, який витрачається на посадку та висадку одного пасажирів, приймається $t_{nac} = 0,9 - 1,2$ с; $k_{нд}$ – коефіцієнт нерівномірності посадки та висадки пасажирів по дверях транспортного засобу, приймається $k_{нд} = 1,2$; n – кількість дверей для входу та виходу з транспортного засобу.

$$\rho_{on} = R_{on} / N_{МТЗ} m_p, \quad (2.3)$$

де R_{on} – пасажирообіг зупинки маршрутного транспорту, визначається за формулою 2.4; $N_{МТЗ}$ – інтенсивність руху через зупинку маршрутного транспорту пасажирських транспортних засобів, авт./год;

$$R_{on} = (A_{вх} + A_{вих}) / T, \quad (2.4)$$

де $A_{вх}$, $A_{вих}$ – кількість пасажирів, які входять та виходять із транспортного засобу на зупинці маршрутного транспорту за одиницю часу; T – період спостереження.

4. Час $t_{зд} = 2 - 3$ с, який витрачається на закриття дверей транспортного засобу після закінчення посадки та висадки пасажирів.

5. Час $t_{зв}$, який витрачається на звільнення зупинкового майданчика, з прискоренням a_n :

$$t_{зв} = \sqrt{2l_n/a_n}, \quad (2.5)$$

де a_n – прискорення.

Мінімальний інтервал часу між транспортними засобами, які проїжджають через зупинку маршрутного транспорту, визначається:

$$t_{i.xb} = t_{\Gamma} + t_{вд} + t_{nb} + t_{зд} + t_{зв}, \quad (2.6)$$

де $t_{i.xb}$ – мінімальний інтервал часу між транспортними засобами.

Пропускна спроможність зупинки маршрутного транспорту:

$$P_{з\text{МТ}} = \frac{3600}{t_{i.xb}}, \quad (2.7)$$

де $P_{з\text{МТ}}$ – пропускна спроможність зупинки.

В результаті досліджень, проведених на кафедрі інфраструктури авіаційного транспорту Національного авіаційного університету, було встановлено, що час, який витрачається маршрутним транспортним засобом на заїзд до зупинки, може варіюватися від 4 до 125 секунд. Проте на зупинках із заїзною кишенею середній час обслуговування становить від 4 до 88 секунд. У таких умовах наявність кишені дозволяє скоротити середній час заїзду на зупинку приблизно на 30%.

Розрахунки, наведені у роботі [7], показали, що пропускна спроможність зупинки маршрутного транспорту на 30% нижча за теоретичну пропускну спроможність транспортної лінії. Залежно від пасажирообігу час стоянки транспортного засобу на зупинці може варіюватися від 3 до 60 секунд і навіть перевищувати ці межі.

Розрахункова пропускна спроможність зупинки маршрутного транспорту може бути дуже високою, проте при значній інтенсивності руху вона часто виявляється недостатньою. Важливо зазначити, що фактична пропускна

спроможність зупинки маршрутного транспорту зазвичай на 20% нижча через вплив різноманітних факторів на водія та транспортний засіб [7].

Наведена вище методика визначення пропускної спроможності стосується саме одиночного посадкового майданчика зупинки маршрутного транспорту. Для розрахунку подвійного посадкового майданчика зупинки маршрутного транспорту вводяться додаткові уточнюючі показники [7]:

$$P_{\text{под ЗМТ}} = P_{\text{ЗМТ}} \times k_p \times \varepsilon_p, \quad (2.8)$$

де $P_{\text{под ЗМТ}}$ – пропускна спроможність ЗМТ з подвійним посадковим майданчиком; k_p – коефіцієнт розосередження зупинки маршрутного транспорту, приймається: для одиночної – $k_p = 1$, для подвійної – $k_p = 2$; ε_p – коефіцієнт зниження пропускної спроможності за рахунок взаємних перешкод у русі транспортних засобів, які заїжджають на ЗМТ, приймається: для звичайних – $\varepsilon_p = 1$, для зчленованих – $\varepsilon_p = 0,8$, для здвоєних – $\varepsilon_p = 0,7$.

Для транспортних засобів із забороненим обгоном (тролейбуси) улаштування складних здвоєних ЗМТ менш ефективне. У роботі [7] наведені значення коефіцієнта зниження пропускної спроможності для ЗМТ, які обслуговуються троллейбусами.

Не рекомендується встановлювати коефіцієнт розосередження зупинкового майданчика більше ніж 3 [48], оскільки це може значно збільшити довжину зупинки маршрутного транспорту і створити незручності для пасажирів. При коефіцієнті $k_p = 3$ довжина зупинкового майданчика може досягати 80-100 метрів. Пропускна спроможність лінії маршрутного транспорту при використанні розосереджених зупинок можна оцінювати відповідно до табл. 2.1, залежно від типу автобуса та величини коефіцієнта розосередження.

Підвищення пропускної спроможності ліній маршрутного транспорту через розосередження по групах маршрутів можливе лише за умови належного транспортно-планувального рішення для магістральної вулиці. Зокрема, тротуари повинні бути відокремлені від проїзної частини зеленою смугою

шириною не менше 3 метрів, де в спеціальній кишені розміщується зупинка маршрутного транспорту. Смуга руху на проїзній частині, що прилягає до зупинки, повинна бути спеціалізованою для громадського пасажирського транспорту [48].

Таблиця 2.1

Пропускна спроможність ліній маршрутного транспорту при застосуванні розосереджених зупинок

Автобус	Пропускна спроможність ліній маршрутного транспорту при коефіцієнті розосередження		
	1	2	3
Малої місткості	130	210	275
Середньої місткості	150	240	315
Великої місткості	95	155	200
Дуже великої місткості (зчленовані автобуси)	115	185	240

Велика кількість наукових праць по тематиці визначення пропускної спроможності ЗМТ пов'язана з дослідженням затримки пасажирських транспортних засобів під час посадки та висадки пасажирів. Це свідчить про те, що час обслуговування пасажирів є найбільшим чинником, що впливає на затримки транспортного засобу на ЗМТ.

Крім того, необхідно уточнити, що на пропускну спроможність ЗМТ значно впливають характеристики транспортних засобів, які використовуються на маршрутах, зокрема конструктивні особливості (розмір та кількість дверей, висота підлоги) [18, 34]. У роботі [41, 42] запропонована модель для визначення часу обслуговування пасажирів на ЗМТ:

$$t_{об} = 90,26\gamma + 6,48n_{оп} + 1,89q_n + 67,55K_{CM}, \quad (2.9)$$

де $t_{об}$ – час обслуговування пасажирів, с; γ – коефіцієнт використання місткості пасажирського транспортного засобу; $n_{оп}$ – кількість зупинок маршрутного транспорту на маршруті руху; q_n – номінальна

пасажиромісткість транспортного засобу; K_{CM} – коефіцієнт змінності пасажирів по перегонам маршруту.

На основі проведеного аналізу наукових праць можна стверджувати, що існує велика кількість різноманітних методів для визначення часу обслуговування пасажирів. Це зумовлено тим, що час обслуговування пасажирів на зупинках маршрутного транспорту є випадковою величиною, на яку впливають технічні характеристики транспортного засобу, природно-кліматичні умови та людські фактори.

Знаходження транспортного засобу на зупинці маршрутного транспорту можна розділити на кілька етапів: гальмування та розгін, посадка та висадка пасажирів, відкриття та закриття дверей. У багатьох наукових роботах пропонується визначати ці етапи часу знаходження транспортного засобу на зупинці за допомогою методів регресійних залежностей.

У роботі [34] зазначено, що запропонований ними алгоритм розрахунку пропускної спроможності зупинки маршрутного транспорту дозволяє враховувати тип транспортного засобу, інтенсивність руху всіх транспортних засобів у потоці, пасажиропотік, організацію дорожнього руху, параметри вулично-дорожньої мережі та зупинки маршрутного транспорту, їхнє нерівномірне завантаження, а також наявність декількох маршрутних транспортних засобів на зупинковому майданчику. Відповідно до запропонованої методики, пропускну спроможність рекомендують розраховувати за формулою [41, 42]:

$$P_{кор} = P_{он} k_H \gamma_n k_{нер}, \quad (2.10)$$

де $P_{кор}$ – пропускна спроможність зупинки маршрутного транспорт руху, од/год; $P_{он}$ – пропускна спроможність одного місця обслуговування ТЗ на зупинці, яку визначають за формулою, од/год:

$$P_{он} = \frac{3600}{t_{обсл}}, \quad (2.11)$$

де $t_{\text{обсл}}$ – час обслуговування маршрутного транспортного засобу на зупинці, с.

$$t_{\text{обсл}} = t_n + t_{nb} + t_o, \quad (2.12)$$

де t_n – час, який витрачає маршрутний транспортний засіб на заїзд до зупинкового майданчика, с, визначається за формулою 2.13; t_{nb} – час посадки та висадки пасажирів на зупинці, с, визначається за формулою 2.14; t_o – час, який затрачається на від'їзд від зупинки, с, визначається за формулою 2.15.

$$t_n = 0,029P + 0,002N_{\text{мтз}} + 0,082L_{\text{зуп}} + 2,21B_k, \quad (2.13)$$

де P – пасажиромісткість маршрутного транспортного засобу, пас; $N_{\text{мтз}}$ – інтенсивність руху маршрутних транспортних засобів, од/год; $L_{\text{зуп}}$ – довжина зупинкового майданчика, м; B_k – ширина зупинкового майданчика (кишені), м.

$$t_{nb} = 0,248P - 0,002P^2 + 2,827P_{bux} - 0,134P_{bux}^2 + 2,358P_{bx} - 0,117P_{bx}^2, \quad (2.14)$$

де P_{bux} – кількість пасажирів, які виходять на зупинці з транспортного засобу, пас; P_{bx} – кількість пасажирів, що входять на зупинці в транспортний засіб, пас.

$$t_o = 0,053P + 0,027N_{\text{мтз}} + 0,067N_{\text{тз}} + 0,180L_{\text{зуп}} + 12,51B_k - 2,59B_{\text{пр ч}}, \quad (2.15)$$

де $N_{\text{тз}}$ – інтенсивність руху транспортних засобів на ділянці вулиці, од/год; $B_{\text{пр ч}}$ – ширина проїзної частини вулиці, м; k_H – коефіцієнт, який враховує знаходження одночасно декількох маршрутних транспортних засобів на зупинці. Приймається залежно від довжини зупинкового майданчика: до 15 м – $k_H = 2$, від 15 до 30 м – $k_H = 2 \dots 3$, від 30 до 50 м – $k_H = 3 \dots 4$, більше 50 м – $k_H = 4 \dots 5$; γ_n – коефіцієнт зниження пропускної спроможності за рахунок перешкод, які виникають при знаходженні на зупинці маршрутного транспорту одночасно декількох маршрутних транспортних засобів на зупинці. Цей коефіцієнт визначається за формулою [34]:

$$\gamma_n = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n t_{oli}}{\sum_{i=1}^n n_{li}}}{\frac{\sum_{i=1}^n t_{oHi}}{\sum_{i=1}^n n_{Hi}}}, \quad (2.16)$$

де n – кількість типів маршрутних транспортних засобів, які проїжджають через зупинку; t_{oli}, n_{li} – час, який витрачається на від'їзд від зупинки маршрутного транспорту при наявності на ній одного маршрутного транспортного засобу, с; t_{oHi}, n_{Hi} – час, який витрачається на від'їзд від зупинки маршрутного транспорту при наявності на ній зразу декількох маршрутних транспортних засобів, с; $k_{нер}$ – коефіцієнт, який враховує нерівномірність зайнятості зупинки маршрутного транспорту протягом періоду спостереження

$$k_{нер} = \frac{N_{MTЗ макс}}{N_{MTЗ сер}}, \quad (2.17)$$

де $N_{MTЗ макс}$ – максимальна інтенсивність вхідних потоків маршрутних транспортних засобів, яка була зафіксована за весь період спостереження, од/год, визначається за формулою 2.18; $N_{MTЗ сер}$ – середня інтенсивність вхідних потоків маршрутних транспортних засобів, од/год, визначається за формулою 2.19.

$$N_{MTЗ макс} = \frac{1}{t_{i.xb}}, \quad (2.18)$$

де $t_{i.xb}$ – інтервал між маршрутними транспортними засобами, виходячи із умов безпеки руху маршрутного пасажирського транспорту приймається 30 секунд.

$$N_{MTЗ сер} = \frac{1}{t_{m oi}}, \quad (2.19)$$

де $t_{m oi}$ – математичне очікування інтервалу між маршрутними транспортними засобами, які під'їжджають до зупинки, с,

$$t_{m oi} = 94,35 - 0,24N_{MTЗ} + 0,001N_{TЗ}, \quad (2.20)$$

Збільшення часу обслуговування маршрутних транспортних засобів на міських зупинках призводить до зниження пропускної спроможності не тільки

самої зупинки, а й усієї ділянки проїзної частини магістральної вулиці. Як показав аналіз проведених наукових праць, час обслуговування у значній мірі залежить від інтенсивності вхідних потоків маршрутних транспортних засобів та транспортних потоків, а також від параметрів зупинок маршрутного транспорту, вулично-дорожньої мережі, пасажирообігу. Змінюючи відповідні параметри, можна досягти оптимальної пропускної спроможності всієї ділянки магістральної вулиці в зоні впливу зупинок маршрутного транспорту.

Тому визначення оптимальної довжини зупинки маршрутного транспорту, яка б у повній мірі забезпечувала якісне та безпечне обслуговування пасажирів без створення зайвих перешкод і затримок як для маршрутного транспорту, так і для інших засобів, що рухаються на відповідній ділянці магістральної вулиці, є важливим. Крім довжини зупинки маршрутного транспорту, необхідно визначати також геометричні параметри інших елементів, а саме довжину та ширину зупинкового майданчика (кишені), ширину посадкового майданчика, оптимальну довжину перехідної ділянки на в'їзд та виїзд. Як уже було зазначено у даній роботі, усі ці параметри значно залежать від типу зупинки маршрутного транспорту.

2.2 Теоретичні дослідження параметрів зупинок маршрутного транспорту на вулично-дорожній мережі міст

У підпункті 2.1 був проведений аналіз основних методів, які дозволяють забезпечити належну пропускну спроможність зупинки маршрутного транспорту, враховуючи цілий ряд різноманітних факторів, а саме фактори, які тісно пов'язані з часом обслуговування пасажирських транспортних засобів на зупинці, числові значення яких можна зібрати та визначити. Розглядалися фактори впливу, які є найбільш суттєвими. Для часу під'їзду: інтенсивність вхідного потоку $N_{\text{мтз}}$, довжина зупинки $L_{\text{зуп}}$, ширина кишені B_k . Для визначення часу посадки та висадки пасажирів основним показником є кількість пасажирів, яка вийшла $P_{\text{вих}}$ або зайшла $P_{\text{вх}}$ в транспортний засіб на

відповідній зупинці. Для визначення часу від'їзду враховуються: інтенсивність руху транспортних засобів $N_{тз}$ на проїзній частині вулиці, довжина та ширина зупинки, а також ширина проїзної частини вулиці $B_{пр.ч.}$. Крім того, обов'язково враховується залежність часу обслуговування від типу маршрутного транспортного засобу.

На основі отриманих результатів можна визначити оптимальні розміри зупинкового майданчика, що, враховуючи названі фактори впливу, дозволить мінімізувати витрати часу обслуговування пасажирського транспорту на зупинці та підвищить пропускну спроможність всієї магістральної вулиці. Такий підхід буде розглянуто у наступних розділах даної роботи зокрема для вулично-дорожньої мережі міста Києва.

Враховуючи те, що крім геометричних розмірів зупинкового майданчика на умови обслуговування пасажирів суттєво впливають і розміри посадкового майданчика, необхідно відзначити, що територіально зупинки маршрутного транспорту включають посадковий майданчик, який використовується для очікування пасажирів, посадки та висадки. Відповідно до правил дорожнього руху [59], посадковий майданчик на зупинці маршрутного транспорту починається від місця установки дорожнього знаку (5.45.1) і закінчується у місці розміщення дорожнього знаку (5.45.2). Звідси виходить, що межі зупинки маршрутного пасажирського транспорту визначаються водієм саме довжиною посадкового майданчика.

У даній дисертаційній роботі у підпункті 1.3 зазначалося, що на даний час проєктування зупинок маршрутного транспорту у населених пунктах здійснюється відповідно до ДБН В 2.3-5:2018 [17] на автомобільних дорогах загального користування ДБН В 2.3-4:2015 [16], а також вимог та рекомендацій ГБН В.2.3-37641918-550:2018 [8]. У відповідних нормативних джерелах наведені параметри деяких елементів зупинки маршрутного транспорту, але у більшості випадків вони вказують на мінімальні геометричні розміри, які повинні бути для деяких її елементів.

Пропускна спроможність зупинки маршрутного транспорту залежить від кількості місць для можливого зупинення пасажирських транспортних засобів. У роботі [107] зазначено, що при лінійній схемі функціонування пропускна спроможність збільшується непропорційно збільшенню кількості місць для посадки та висадки пасажирів. Тому при обґрунтуванні оптимальних інженерно-планувальних рішень для зупинок маршрутного транспорту необхідно враховувати параметр ефективності кількості місць.

При лінійній схемі функціонування зупинки маршрутного транспорту рекомендується приймати не більше чотирьох місць для одночасної стоянки транспортних засобів на ній [107].

Виходячи з наведеного аналізу матеріалу, можна сказати, що довжина посадкового майданчика залежить від довжини зупинкового майданчика, а його ширина визначається величиною пасажирообігу зупинки та часом очікування пасажирів маршрутних транспортних засобів.

Як уже було відзначено у даній роботі, головною метою є удосконалення інженерно-планувальних рішень для зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст, що зводиться до визначення оптимальної довжини та ширини зупинкового та посадкового майданчиків. Відомо, що ці параметри залежать від типу зупинки.

Проаналізувавши наявні типи зупинок маршрутного транспорту на вулично-дорожній мережі міста Києва, слід відзначити, що 98% з них це переважно зупинки двох типів: з спеціально обладнаною кишенею (рис. 2.2 а) та розміщені на крайній правій смузі руху вздовж бортового каменю (рис. 2.2 б). Використання зупинок, які розміщені на крайній правій смузі руху вздовж бортового каменю, має свої переваги та недоліки. У таких зупинках відсутні параметри для в'їзду L_3 та виїзду L_B з кишені, а також є більші можливість вирішити питання щодо збільшення площі посадкового майданчика та улаштування велосипедної доріжки і тротуару. Тому, у залежності від типу ЗМТ, з кишенею чи без, будуть визначатися її геометричні розміри основних елементів.

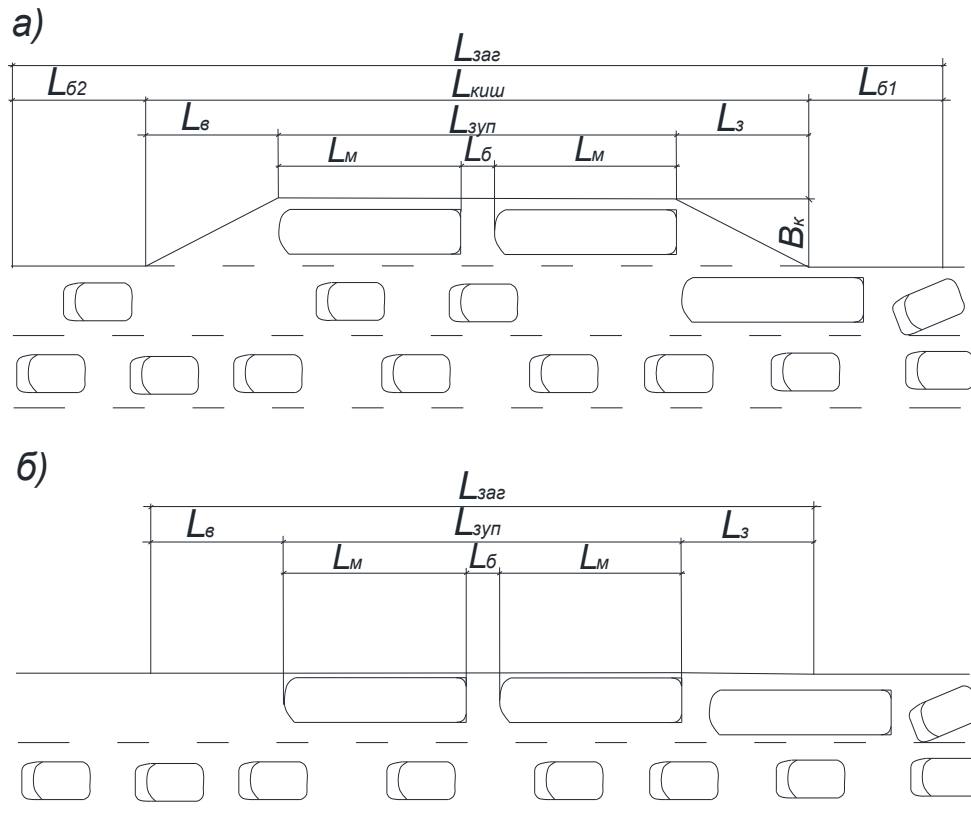


Рис. 2.2. Геометричні параметри зупинки маршрутного транспорту:

а) із спеціально обладнаною кишенею; б) розміщеною на крайній правій смузі руху поздовж бортового каменя: $L_з$ – довжина заїзної частини кишені, м; $L_в$ – довжина виїзної частини кишені, м; $L_м$ – довжина місця для зупинки пасажирського транспортного засобу, м; $L_б$ – відстань безпеки між транспортними засобами на зупинці, м; $L_{б1}$ – довжина ділянки для безпечного заїзду маршрутного пасажирського транспорту на зупинку, м; $L_{б2}$ – довжина ділянки для безпечного виїзду маршрутного пасажирського транспорту із зупинку, м; $L_{зуп}$ – довжина основної частини зупинки маршрутного транспорту, м; $L_м$ – довжина одного місця, м; $L_{киш}$ – довжина кишені на ЗМТ, м; $L_{заг}$ – загальна довжина зупинки маршрутного транспорту, м.

У розділі 1 даної роботи вже було зазначено, що для того щоб не погіршувати умови руху транспортних засобів у основному потоці по відповідній вуличній мережі та не знижувати її пропускну спроможність рекомендується зупинку маршрутного транспорту розміщувати у спеціальній кишені. Провівши аналіз вітчизняної та закордонної літератури щодо

проектування зупинок маршрутного транспорту [17, 42, 66, 103, 107] можна порівняти деякі параметри її елементів (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Основні параметри елементів зупинки маршрутного транспорту

Джерело	Значення параметрів, м									
	L_z	L_B	L_{61}	L_{62}	L_6	L_M	$L_{зуп}$	$L_{киш}$	$L_{заг}$	B_k
[16]	20	10-15	-	-	-	-	20-65	50-100	50-100	2,5
[47]	51-85	51-86	-	-	-	15-21	-	117-191	117-191	3,6
[49]	15-25	10-15	4,78	3,96	1	12	12	37-58	45,7-60,7	3
[50]	30-60	30-45	-	-	3-10	20	20	80-125	80-125	3

З таблиці 2.2 видно, що наведені параметри суттєво відрізняються за значенням у різних джерелах, а деякі з них навіть не визначені у чинній нормативній літературі. Тому однією із задач нашого дослідження є встановлення їх оптимальних значень з урахуванням особливостей руху транспортних потоків на міських магістральних вулицях.

На основі проведеного аналізу літературних джерел та результатів натурних спостережень за рухом транспортних засобів на магістральних вулицях Києва слід зазначити, що, крім типу зупинки маршрутного транспорту, важливе значення для визначення місця зупинки на ній має можливість маневру (заїзду, об'їзду або обгону).

Також слід враховувати ймовірність відмови в обслуговуванні транспортного засобу на зупинці, яка характеризується можливістю під'їзду до неї в момент, коли відсутні вільні місця для повної зупинки та виконання функціонального процесу висадки та посадки пасажирів. Інакше кажучи, на зупинці може виникнути черга з пасажирських транспортних засобів.

Розглянемо два можливі варіанти під'їзду громадського пасажирського транспорту до зупинки: без маневру та з маневром.

Під'їзд транспортного засобу на зупинку без виконання маневру (обгону) у більшій мірі характерний для зупинки, розміщеної на крайній правій смузі руху вздовж бортового каменю. Це явище спостерігається за умови відсутності на зупинці маршрутного транспорту та інших транспортних

засобів або при щільному транспортному потоці на усій ділянці вулиці. Тому, що при щільному транспортному потоці пасажирський транспорт рухається один за одним без обгону, на самій зупинці спостерігається, що транспортний засіб, який закінчив своє обслуговування пасажирів, очікує, коли стоячий перед ним транспортний засіб почне рух і звільнить смугу для подальшого руху. У таких умовах на більшості зупинок маршрутного транспорту буде спостерігатися формування груп пасажирських транспортних засобів, які майже одночасно приїдуть на наступну зупинку. Це призводить до неорганізованого, хаотичного руху пасажирів на самій зупинці, які хочуть здійснити посадку в транспортний засіб за відповідним маршрутом або зробити пересадку на інший маршрут. Чим більше транспортних засобів під'їжджає до зупинки одночасно, тим більше часу витрачається на обслуговування пасажирів, що, в свою чергу, призводить до збільшення часу простою пасажирського транспорту. Додаткові простой маршрутного пасажирського транспорту при наявності більше ніж одного місця для стоянки будуть пов'язані з різницею у часі обслуговування пасажирів між транспортними засобами, які одночасно знаходяться на зупинці.

Зрозуміло, що тролейбусний транспорт на маршрутах буде рухатися один за одним без обгону, незалежно від режиму руху транспортного потоку на проїзній частині вулиці.

Коли рух транспортного потоку на магістральній вулиці характеризується вільним або частково пов'язаним режимом і великою інтенсивністю маршрутного пасажирського транспорту, спостерігається під'їзд на зупинку з маневруванням (обгоном). У цьому випадку, на відміну від попереднього, пасажирському транспорту не потрібно чекати, поки звільниться смуга руху. При наявності вільного місця на зупинці транспортний засіб відразу здійснює маневр для його зайняття. Проте це може призвести до додаткових часових втрат через виникнення перешкод між транспортними засобами.

Під'їзд на зупинку з маневруванням також може полягати в тому, що на час під'їзду всі місця для обслуговування зайняті, і відповідний транспортний

засіб стає в чергу для очікування. Коли одне з місць на зупинці звільняється, транспортний засіб займає його, здійснюючи маневри об'їзду інших транспортних засобів, які вже стоять на зупинковому майданчику. Деяким пасажирським транспортним засобам доводиться здійснювати навіть три маневри на зупинці маршрутного транспорту. По-перше, це маневр об'їзду транспортного засобу, який стоїть попереду; по-друге, заїзд на вільне місце на зупинковому майданчику; і по-третє, знову об'їзд транспортного засобу, який стоїть попереду, з метою звільнення зупинки.

Одним із основних недоліків є те, що більшість транспортних засобів, які рухаються по смузі, де здійснюється посадка та висадка пасажирів, вимушені перелаштовуватися на іншу смугу руху. Такий маневр зміни смуги руху пов'язаний із створенням перешкод на інших смугах і супроводжується додатковими витратами часу не тільки для легкових і вантажних автомобілів, але й для більшості маршрутних транспортних засобів.

Навіть на ділянках вулиць, де влаштовані відокремлені смуги для руху громадського пасажирського транспорту, спостерігається скупчення автомобілів та утворення заторів, особливо у місцях, де на відстані 50-100 метрів розміщено перехрестя, на якому виконується поворот праворуч або виїзд транспорту на головну вулицю. Відомо, що доцільність влаштування на міських магістральних вулицях відокремлених смуг для громадського транспорту визначається інтенсивністю руху маршрутних транспортних засобів, яка повинна складати 30-40 одиниць на годину в одному напрямку [78].

У випадку наявності влаштованої заїзної кишені на зупинці маршрутного транспорту заїзд пасажирських транспортних засобів здійснюється вільніше, тобто із сусідньої смуги. Проте при виїзді з кишені виникає затримка, пов'язана із зміною смуги руху.

Для встановлення залежності показників роботи зупинки маршрутного транспорту від геометричних параметрів, пасажирообміну, а також від параметрів вулично-дорожньої мережі, транспортних потоків і типів

маршрутних транспортних засобів, необхідно провести теоретичні та експериментальні дослідження показників руху в районі розміщення зупинки маршрутного транспорту.

Виявлення закономірностей руху транспортних засобів по смугах руху в зоні розміщення зупинки маршрутного транспорту сприятиме удосконаленню інженерно-планувальних рішень для цієї зупинки. Це дозволить підвищити її пропускну спроможність і покращити умови обслуговування пасажирів.

2.3 Вплив пішохідних і пасажирських потоків на інженерно-планувальне рішення зупинок маршрутного транспорту

У пункті 2.1 даної роботи зазначалося, що кількість пасажирів на зупинці маршрутного пасажирського транспорту, які очікують або здійснюють висадку та посадку, має значний вплив на час обслуговування пасажирського транспорту. Це, у свою чергу, суттєво впливає на пропускну спроможність всієї лінії руху маршрутного пасажирського транспорту та всієї ділянки вулиці.

Необхідно також відзначити, що у більшості випадків, крім пасажирів, які перебувають на зупинці маршрутного транспорту і виконують певні процеси (очікування, посадка, висадка), через зупинку проходять транзитні пішохідні потоки, що рухаються вздовж вулиці. Аналізуючи особливості функціонування зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст, слід зазначити, що суттєвий вплив на цей процес також має пасажирообіг і пішохідний потік.

Більшість посадкових майданчиків на зупинках маршрутного транспорту в містах України розміщені на пішохідних тротуарах, тому очікування пасажирів транспортним засобом, а також їх посадка і висадка здійснюється фактично з пішохідного тротуару. Це призводить до утворення конфліктних ситуацій між потоками пішоходів та людьми, які очікують на пасажирський транспорт або здійснюють посадку та висадку з нього (рис. 2.3) [82].

На даний момент при проектуванні вулиць у населених пунктах основна увага приділяється транспортним потокам, надаючи перевагу автомобільному транспорту, а пішохідні потоки часто залишаються на другому плані. Це призводить до неналежного вирішення деяких питань, що стосуються ефективного планування тротуарів, і, як наслідок, до погіршення умов безпеки і комфорту пішохідного руху на вулицях міст. Одним із найбільших місць утворення конфліктності у міському пішохідному русі є саме місця розміщення та зони впливу зупинок маршрутного транспорту.



Рис. 2.3. Пішохідний рух у зоні розміщення зупинки маршрутного транспорту

Вивчення та аналіз закономірностей пішохідного руху у місцях розміщення зупинок маршрутного пасажирського транспорту є одним із основних шляхів удосконалення інженерно-планувальних рішень посадкових майданчиків. Такий підхід дозволить виявити характерні особливості руху пішоходів через зупинки маршрутного пасажирського транспорту та мінімізувати витрати часу на шляху переміщення не лише пішоходів, а й пасажирів маршрутного транспорту.

Пішохідне переміщення є одним із функціональних процесів, характерних для вуличного простору будь-якого населеного пункту. Для руху людей у межах вулиці передбачені тротуари, пішохідні доріжки, а також наземні, підземні та надземні пішохідні переходи для перетину проїзної частини. У загальному обсязі міських переміщень частка пішохідного руху складає приблизно 26-30%, причому пішоходи є найчисельнішою групою серед учасників дорожнього руху [65].

Одним із параметрів, що визначає рівень сервісу пішохідного переміщення на вулицях міста, є швидкість руху пішохода. Відомо, що швидкість руху пішоходів залежить від багатьох факторів, серед яких можна виділити такі: інтенсивність пішохідного потоку, відповідність ширини пішохідної комунікації, уклон, наявність перешкод на шляху руху. Крім того, на швидкість руху пішоходів впливають такі фактори, як температура повітря, час доби, вік, стан здоров'я, мета пересування, дорожні умови та стан навколишнього середовища.

Швидкість руху пішохідного потоку залежить від його щільності та характерних особливостей шляху переміщення. Незалежно від умов, тип шляху суттєво впливає на швидкість руху пішоходів. Діапазон швидкості пішоходів коливається від 0,33 до 1,8 м/с [65].

Інтенсивність пішохідного руху змінюється в залежності від функціонального призначення вулиці або дороги та розташування на них об'єктів тяжіння. Особливо висока інтенсивність руху пішоходів спостерігається на головних і торгових вулицях, а також у зоні транспортно-пересадочних вузлів.

Щільність пішохідного потоку визначається ступенем свободи руху [67]:

- вільний рух – 0,3 чол./м²;
- допустимо вільний рух – 0,31-0,6 чол./м²;
- щільний рух – 0,61-1,0 чол./м²;
- дуже щільний рух – 1,01-1,5 чол./м²;
- затор (тіснява, юрба) – 1,51-3,0 чол./м².

Вільний рух пішоходів можливий за умови щільності: одна людина на 2-2,5 м². При більшій щільності рух пішоходів стає ускладненим. Максимальне значення щільності складає 7,4-9,2 чол/м² [48].

Розглядаючи умови взаємного впливу між пішохідними потоками, які рухаються вздовж вулиці по тротуару, та людьми, що здійснюють посадку та висадку з громадського пасажирського транспорту або очікують на нього, необхідно звернути увагу на закономірності формування пішохідних потоків.

Серед закономірностей формування пішохідних потоків [82, 100] можна виокремити наступні:

- більша частина пішохідних потоків є цілеспрямованою і має мету тяжіння, таку як зупинка пасажирського транспорту, станція метро, торговий центр, прохідна підприємства, стадіон тощо;

- пішоходи вибирають найкоротший шлях;

- пішоходи рухаються з індивідуальною швидкістю, з урахуванням віку, статі, ситуації;

- пішоходи тримаються на певній відстані один від одного, дистанція залежить від щільності потоку пішоходів і швидкості руху.

За видом рух на тротуарах у зоні розміщення зупинок маршрутного транспорту може бути [43-45, 79, 82]:

- одиночним, коли вздовж тротуару, який прокладено через зупинку маршрутного транспорту, рухаються пішоходи із значним інтервалом;

- масовим, який характеризується інтенсивним рухом пішоходів в одному або декількох напрямках;

- невпорядкованим, коли рух людей на відповідно невеликій території здійснюється в різних напрямках,

- хаотично;

- потоковим, що характеризується інтенсивним масовим рухом пішоходів в одному напрямку відносно тривалий час;

- вільним, коли кожна людина, яка бере участь у русі, в будь-який момент може змінити напрямок та швидкість свого руху;

- щільним, коли індивідуальна свобода дій пішохода обмежена іншими людьми, які рухаються в загальному потоці;
- довготривалим, коли людський потік рухається в певному напрямку відносно довгий час;
- короткочасним, за умови, що основна маса людей починає та закінчує рух у відносно короткий проміжок часу (вихід та вхід у транспортний засіб).

Необхідно зазначити, що з перерахованих видів руху значний вплив на зниження швидкості переміщення пішоходів у зоні розміщення зупинки маршрутного транспорту має масовий, неупорядкований, потоковий та обмежений рух пішоходів.

Розглядаючи рух пішоходів по тротуару в місцях розміщення зупинки маршрутного транспорту, необхідно виділити дві основні зони – зону руху та контактну зону.

Зона руху характеризується простором, відведеним для цілеспрямованого руху людей до конкретної мети. Оптимальна ширина зони руху залежить від розмірів очікуваних потоків, при цьому щільність потоку не повинна перевищувати 0,8 чол./м², що забезпечується швидкістю пересування 1,1-1,2 м/с. Контактна зона – це ділянка, що прилягає до зупинки маршрутного транспорту. Для цієї території характерна наявність хаотичного, спрямованого в різні боки, циклічного руху [65, 82].

Важливою умовою оптимальної організації пішохідного руху в контактній зоні (у зоні розміщення зупинки маршрутного транспорту) є врахування взаємозв'язку між пішохідними потоками, які рухаються вздовж тротуару, та рухом, що відбувається під час висадки та посадки людей у пасажирський транспортний засіб. Як показує практика, тільки правильне врахування цих умов дозволяє досягти максимуму доцільності прийнятих заходів щодо організації руху пішоходів у відповідній зоні.

Для того, щоб правильно організувати рух пішоходів у межах зупинки маршрутного транспорту, необхідно враховувати психологічні аспекти поведінки людей. Щодо поведінки пішоходів загалом під час руху, то вона є

складно прогнозована і навіть у щільному потоці є важко керованою. Як відомо, рух людських потоків – це такий процес, на який значний вплив має психологічний та фізичний стан людей, що беруть участь у русі.

Нами було проведено натурні спостереження за двостороннім рухом людських потоків уздовж тротуару, який проходить через посадковий майданчик зупинки маршрутного транспорту [82]. На основі отриманих результатів дослідження та їхнього аналізу можна стверджувати, що основні принципи організації руху пішохідних потоків у зоні розміщення зупинки маршрутного транспорту базуються на:

- забезпеченні самостійних шляхів для руху пішоходів уздовж вулиць поза зупинкою;
- облаштуванні зупиночних пунктів та пересадочних вузлів пасажирського транспорту;
- комплексній організації руху людей на підходах до зупинки маршрутного транспорту і на самому посадковому майданчику.

Застосування ефективних методів з організації руху пішохідних потоків на вулицях міст має важливе значення для забезпечення належних умов руху не тільки самих пішоходів, а й пасажирів громадського транспорту та руху усіх транспортних засобів у потоці. У більшості випадків невідповідність прийнятих інженерно-планувальних рішень зупинок маршрутного транспорту призводить до конфліктності між усіма учасниками вуличного руху. Тому під час проєктування зупинок маршрутного транспорту необхідно здійснювати моделювання пішохідного руху з урахуванням умов поведінки людей саме в зоні їхнього безпосереднього контакту.

Використовуючи отримані результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень створимо модель впливу та зв'язку між учасниками вуличного руху в зоні розміщення зупинки маршрутного транспорту. Фактично до учасників вуличного руху в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту можна віднести такі три групи людей: водії, пасажирів, пішоходи (рис. 2.4).

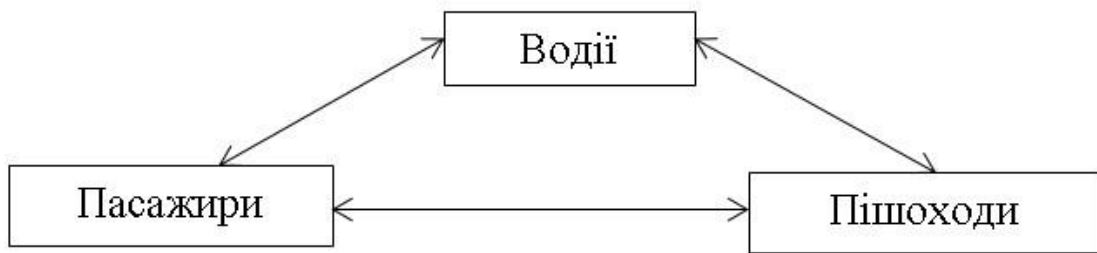
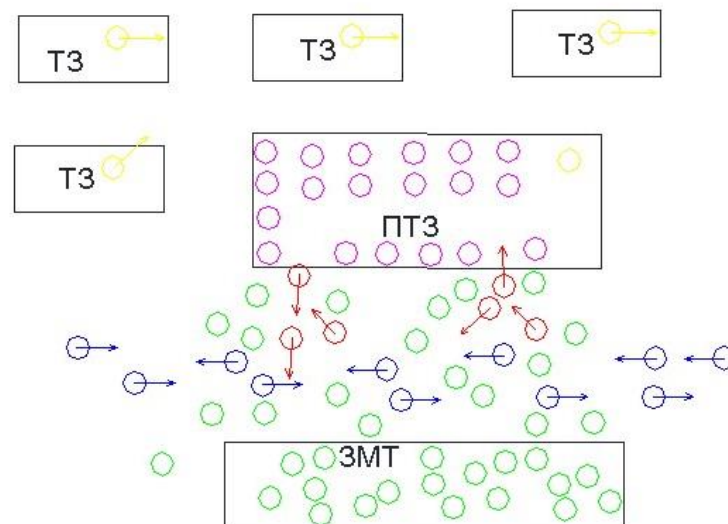


Рис. 2.4. Модель впливу та зв'язку між учасниками вуличного руху

Для більш детального та повноцінного аналізу впливу між учасниками вуличного руху розглянемо більш поширену ситуацію впливу та зв'язку між людьми, що спостерігається на магістральних вулицях міст, а саме в місцях розміщення зупинок маршрутного транспорту (рис. 2.5). У нашому дослідженні ми розглядаємо двосторонній рух пішоходів уздовж тротуару та рух людей, які здійснюють посадку та висадку з транспортного засобу на посадковому майданчику зупинки.



- Люди, які перебувають у маршрутному транспорті
- Люди, які очікують маршрутний транспортний засіб
- Люди, які заходять на зупинці в маршрутний транспортний засіб або виходять з нього
- Люди, які проходять по тротуару через зупинку маршрутного транспорту
- Водії транспортних засобів

Рис. 2.5. Вплив та зв'язок між людьми на вулиці міста у місці розміщення зупинки маршрутного транспорту

На основі проведеного аналізу ситуацій впливу та зв'язку між учасниками вуличного руху в місці розміщення зупинки маршрутного транспорту можна відтворити схему взаємозв'язку та конфліктів, яка дозволить зрозуміти та конкретизувати умови поведінки людей враховуючи їхні потреби та дії (рис. 2.6). Ураховуючи підходи щодо конкретизації умов поведінки необхідно розглядати водіїв за двома категоріями: водії не пасажирських транспортних засобів та пасажирських транспортних засобів, а до групи пасажирів необхідно віднести людей, які перебувають в салоні пасажирського транспортного засобу або здійснюють посадку, висадку чи очікування транспортного засобу на зупинці. Тоді до групи пішоходи належать люди, які здійснюють рух вздовж вулиці через зупинку маршрутного транспорту або люди, що підходять до зупинки і перейдуть в категорію пасажирів або відходять від неї.

У системі обслуговування пасажирів на зупинці маршрутного транспорту можна встановити певний зв'язок між усіма категоріями споживачів. Виявлений зв'язок дозволяє проаналізувати конфлікти між усіма учасниками руху у зоні впливу зупинки та встановити пріоритетність у цьому зв'язку, що, в свою чергу, дасть змогу оптимізувати інженерно-планувальні рішення посадкових майданчиків.

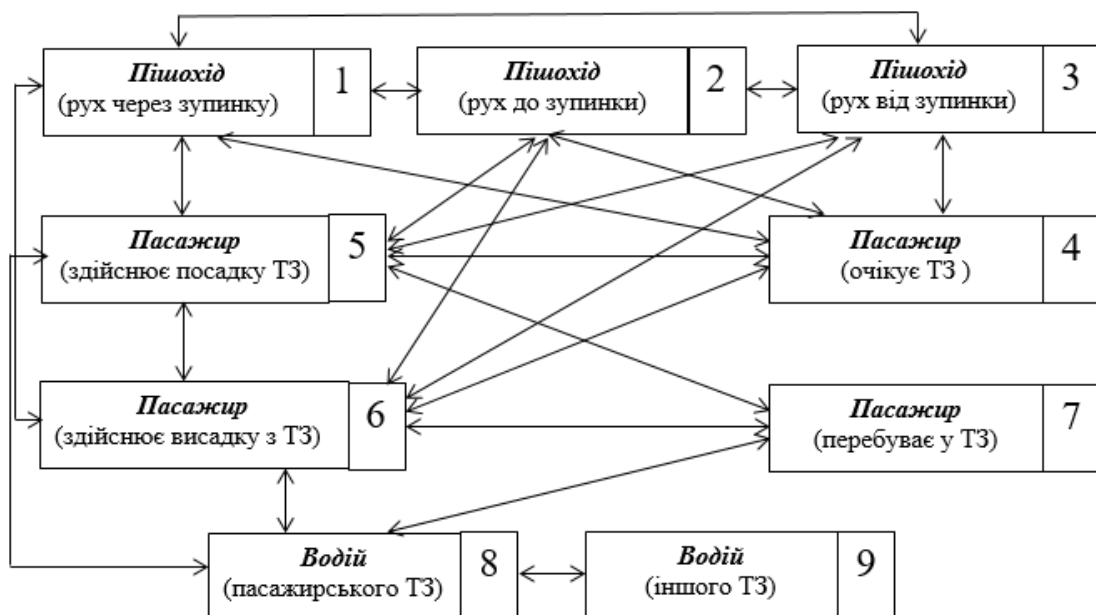


Рис. 2.6. Схема зв'язку між учасниками руху у зоні впливу зупинки маршрутного транспорту

Найкраще відповідний зв'язок можна проаналізувати на основі використання теорії графів [28]. Взявши за основу схему зв'язку між учасниками руху в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту (рис. 2.6), подаємо її у вигляді графу зв'язку (рис. 2.7). Умовно приймаємо за вершину графу відповідну групу учасників (пішоходів, пасажирів, водіїв), а ребро графу позначає зв'язок впливу однієї групи учасників на іншу. Зрозуміло, що в кожній групі також спостерігається взаємозв'язок та взаємовплив між її учасниками. Для кращого розуміння подаємо відповідний зв'язок у вигляді матриці інцидентності орієнтованого графу (рис. 2.8).

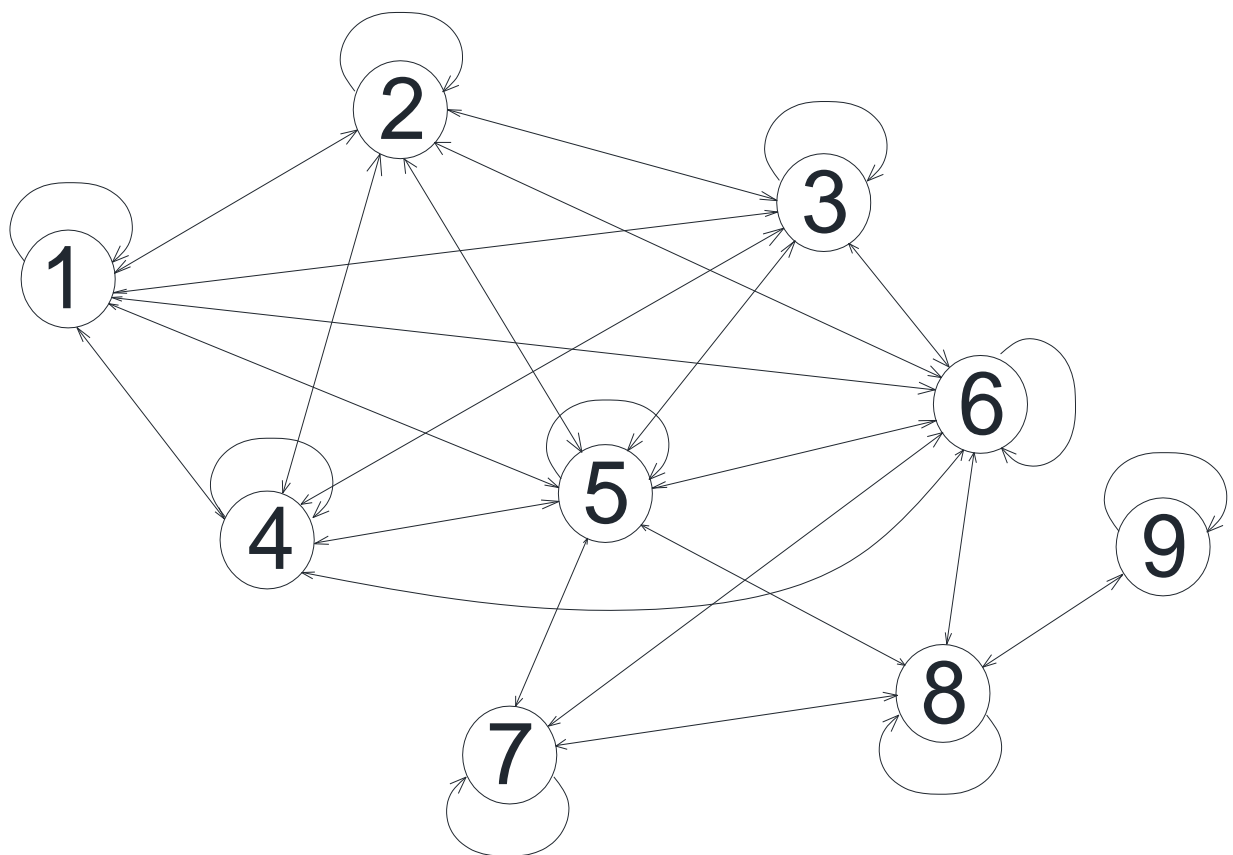


Рис. 2.7. Граф зв'язку між учасниками руху в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту

З теорії графів відомо, що кількість зв'язків вершини називається ступенем (degree). Ступінь вершини є кількісною мірою її важливості, виходячи з кількості зв'язків, які належать цій вершині. Тому на основі графа, утвореного внаслідок аналізу існуючих зв'язків між усіма учасниками руху в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту, можна визначити ступені вершин:

$deg v_i=2$ таких вершин належить (9);

$deg v_i=4$ таких вершин належить (7);

$deg v_i=5$ таких вершин належить (8);

$deg v_i=6$ таких вершин належить (1,2,3,4);

$deg v_i=8$ таких вершин належить (5,6).

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Рис. 2.8. Матриця зв'язку між учасниками руху в зоні впливу

Отримані ступені вершин, фактично дають можливість характеризувати складність створення комфортних та зручних умов для обслуговування пішоходів і пасажирів на міських вулицях в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту. Виходячи із отриманих показників ступенів (degree) можна їх розподілити за відповідними рівнями ієрархії, які будуть характеризувати пріоритетність задоволення потреб відповідної групи учасників. На основі проведеного аналізу встановлено, що учасники руху, які впливають на функціонування зупинки маршрутного транспорту, за своєю ієрархією розподілені на п'ять рівнів. Перший рівень ієрархії отримують елементи {5, 6}, на другому рівні – {1,2,3,4}, на третьому – {8}, на четвертому – {7} і на п'ятому – {9}. Звідси можна стверджувати, що рівні ієрархії відповідних груп учасників руху вказують на їхнє значення у забезпеченні належних умов обслуговування транспортних засобів та пасажирів на зупинках маршрутного транспорту, а також у забезпеченні належних умов руху для транспортних і пішохідних потоків на відповідній вулиці. Виходячи з описаної взаємодій графу зв'язку (рис. 2.7) та матриці зв'язку між учасниками руху в зоні впливу зупинки (рис. 2.8), можна розробити математичну модель, яка включатиме

змінні для кожного типу учасників і взаємозв'язки між ними. Математична модель зв'язку між учасниками руху в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту враховує взаємодію між різними типами учасників руху, а саме пішоходами, пасажирами та водіями.

Для зручності введемо наступні позначення: R_1 – пішохід, який рухається через зупинку, R_2 – пішохід, який рухається до зупинки, R_3 – пішохід, який рухається від зупинки, P_4 – пасажир, який очікує транспортний засіб, P_5 – пасажир, який здійснює посадку у транспортний засіб, P_6 – пасажир, який здійснює висадку із транспортного засобу, P_7 – пасажир, який перебуває у транспортному засобі, D_1 – водій пасажирського транспортного засобу, D_2 – водій іншого транспортного засобу.

Взаємодії між цими учасниками описується системою рівнянь, яка враховує вплив кожного типу учасника на інших:

Наприклад, вплив на пішохода, який рухається через зупинку (R_1) можна описати таким чином:

$$W_{R_1} = \alpha_{11}R_1 + \alpha_{12}R_2 + \alpha_{13}R_3 + \alpha_{14}P_4 + \alpha_{15}P_5 + \alpha_{16}P_6 \quad (2.21)$$

де α_{ij} – коефіцієнт впливу учасника j на учасника i .

Таким чином, для кожного типу учасників можна записати аналогічні рівняння:

$$W_{R_2} = \alpha_{21}R_1 + \alpha_{22}R_2 + \alpha_{23}R_3 + \alpha_{24}P_4 + \alpha_{25}P_5 + \alpha_{26}P_6 \quad (2.22)$$

$$W_{R_3} = \alpha_{31}R_1 + \alpha_{32}R_2 + \alpha_{33}R_3 + \alpha_{34}P_4 + \alpha_{35}P_5 + \alpha_{36}P_6 \quad (2.23)$$

$$W_{P_4} = \alpha_{41}R_1 + \alpha_{42}R_2 + \alpha_{43}R_3 + \alpha_{44}P_4 + \alpha_{45}P_5 + \alpha_{46}P_6 \quad (2.24)$$

$$W_{P_5} = \alpha_{51}R_1 + \alpha_{52}R_2 + \alpha_{53}R_3 + \alpha_{54}P_4 + \alpha_{55}P_5 + \alpha_{56}P_6 \quad (2.25)$$

$$W_{P_6} = \alpha_{61}R_1 + \alpha_{62}R_2 + \alpha_{63}R_3 + \alpha_{64}P_4 + \alpha_{65}P_5 + \alpha_{66}P_6 \quad (2.26)$$

$$W_{P_7} = \alpha_{71}P_7 + \alpha_{72}P_5 + \alpha_{73}P_6 + \alpha_{74}D_1 \quad (2.27)$$

$$W_{D_1} = \alpha_{81}D_1 + \alpha_{82}P_7 + \alpha_{83}P_5 + \alpha_{84}P_6 + \alpha_{85}D_2 \quad (2.28)$$

$$W_{D_2} = \alpha_{91}D_1 + \alpha_{92}D_2 \quad (2.29)$$

Для кожного учасника W_i є сумарним впливом, який відчуває цей учасник. Коефіцієнти α_{ij} потрібно визначити експериментально або на основі

статистичних даних.

Таким чином, отримана система рівнянь описує взаємозв'язки та впливи між різними типами учасників руху в зоні зупинки маршрутного транспорту. Для її вирішення можуть бути використані методи лінійної алгебри або чисельні методи, залежно від складності моделі та наявних даних.

Проведений аналіз впливу пішохідних і пасажирських потоків на функціонування зупинок маршрутного транспорту свідчить про необхідність обов'язкового врахування обсягу вхідних і вихідних потоків з пасажирських транспортних засобів при проєктуванні та удосконаленні їхніх інженерно-планувальних рішень.

Висновок до розділу 2

Пропускна спроможність лінії міського пасажирського транспорту у багатьох випадках обмежується пропускною спроможністю зупинки маршрутного транспорту на яку суттєвий вплив мають випадкові процеси під'їзду та виїзду пасажирських транспортних засобів, час обслуговування (посадки та висадки пасажирів).

Для удосконалення інженерно-планувальних рішень зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст необхідно провести експериментальні дослідження, які полягають у вивченні роботи основних пасажироутворюючих зупинок маршрутного транспорту та виявити залежні показники їхньої роботи, а саме час обслуговування маршрутних транспортних засобів та їхню пропускну спроможність від характерних факторів.

Вивчення закономірностей людського руху та дослідження пішохідних потоків необхідні для забезпечення ефективного проєктування зупинок маршрутного транспорту, що дозволить під час проєктування зупинок маршрутного транспорту, які розміщуються на магістральних вулицях міст, визначити оптимальні геометричні розміри посадкового майданчика, враховуючи особливості неупорядкованого щільного пішохідного руху всіх учасників, а також застосувати доцільні заходи з організації руху пішоходів у контактній зоні переміщення.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ТА ЛЮДЕЙ У ЗОНІ РОЗМІЩЕННЯ ЗУПИНКИ МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ

Як вже зазначалося в цій роботі, для вирішення сучасних завдань зі збільшення пропускної спроможності міської магістральної вуличної мережі необхідно розглянути питання забезпечення мінімальних часових витрат маршрутного пасажирського транспорту, зокрема часу обслуговування пасажирів на зупинках.

Наразі на маршрутах міського пасажирського транспорту можна зустріти різноманітний рухомий склад із різними експлуатаційно-технічними характеристиками. Більшість відповідних транспортних засобів відрізняються багатьма параметрами: довжиною, провізною спроможністю, кількістю дверей, призначених для обслуговування пасажирів, висотою шасі (рівнем заходу пасажирів). Безумовно, всі ці чинники безпосередньо впливають на час, який витрачається транспортними засобами та пасажирами в процесі обслуговування на зупинках маршрутного транспорту.

На основі отриманих результатів теоретичного дослідження у розділі 2 можна стверджувати, що для подальшого виконання дисертаційної роботи необхідно провести емпіричні дослідження, які дозволять встановити часові витрати, пов'язані з обслуговуванням пасажирів на зупинках маршрутного транспорту.

Тому подальші дослідження необхідно спрямувати на встановлення закономірностей витрат часу спричинені:

- особливостями та умовами розподілення транспортних засобів по смугах руху;
- взаємними перешкодами між пасажирським транспортом, який перебуває на зупинці;
- взаємними перешкодами між транспортом;

- під'їздом транспортного засобу на зупинку;
- виїздом транспортного засобу з зупинки;
- входом пасажирів до транспортного засобу;
- виходом пасажирів з транспортний засобу;
- очікуванням транспортним засобом пасажирів на ЗМТ;
- взаємними перешкодами між пасажирами та пішоходами на зупинці.

Отримані результати дозволяють визначити оптимальні параметри зупинок маршрутного транспорту, що, у свою чергу, призводить до збільшення пропускної спроможності всієї вулично-дорожньої мережі міста.

Для отримання необхідної достовірної інформації, яка була потрібна для виконання відповідного аналізу та встановлення закономірностей і особливостей функціонування зупинок маршрутного транспорту на кафедрі реконструкції аеропортів та автошляхів протягом періоду 2018-2023 років було виконане обстеження 221 зупинки на вулично-дорожній мережі міста Києва. Результати отримані в наслідок проведених спостережень були нами опрацьовані та взяті для подальшого дослідження у даній роботі.

3.1 Дослідження впливу транспортного потоку на пропускну спроможність зупинки маршрутного транспорту

Розглядаючи втрати, спричинені взаємними перешкодами між транспортними засобами, особливу увагу слід приділити теорії транспортних потоків, а саме особливостям і закономірностям руху транспортних засобів на вулично-дорожній мережі міст. Однією з причин збільшення часу, який транспортні засоби витрачають на вулицях міст, є затори, що виникають переважно через зростання інтенсивності руху транспортних потоків та недостатню пропускну спроможність елементів вулично-дорожньої мережі.

Варто зазначити, що затори як затримка у русі транспортних засобів призводять до економічних втрат, таких як зниження ефективності перевезень вантажів, втрати часу транспортними засобами, пасажирами та водіями,

збільшення витрат пального, а також забруднення навколишнього середовища. Затор характеризується витратами часу, довжиною черги та кількістю транспортних засобів у ній. Механізми утворення заторів під впливом зовнішніх та внутрішніх факторів транспортного процесу, які спричиняють затримку руху, були розглянуті у багатьох працях вітчизняних і закордонних фахівців. [5, 14, 19, 51, 78, 95].

Аналізуючи закономірності руху транспортних засобів на вулицях міст при вирішенні завдань організації дорожнього руху, завжди враховують залежність характеристик транспортного потоку, зокрема залежність між швидкістю, інтенсивністю та щільністю [5]. Варто зазначити, що ці характеристики не можуть повністю відтворити всю складність процесів, що відбуваються в транспортному потоці, зокрема ті, що пов'язані з його складом, технічним станом проїзної частини вулиці, навколишнім середовищем та іншими факторами. У цій роботі ми не плануємо детально розглядати й аналізувати причини виникнення заторів та закономірності руху транспортних засобів на вулицях міст, а будемо спиратися на існуючі наукові напрацювання.

У подальших дослідженнях наша увага буде зосереджена виключно на визначенні витрат часу, спричинених взаємними перешкодами між транспортними засобами в зоні розташування зупинки маршрутного транспорту, де спостерігається суттєвий вплив на рух транспортного потоку, спричинений роботою громадського пасажирського транспорту.

Витрати часу, спричинені взаємними перешкодами між транспортними засобами, слід розглядати за двома підходами. Перший підхід стосується витрат, пов'язаних із перешкодами, що виникають через рух транспорту в зоні впливу пасажирської зупинки. Основними факторами, які впливають на витрати часу громадського транспорту, є: інтенсивність руху, щільність і склад потоку, кількість смуг руху, наявність або відсутність смуги для громадського транспорту, ширина смуг, а також погодні умови.

Для того щоб оцінити витрати часу, спричинені взаємними перешкодами між транспортними засобами на вулично-дорожній мережі міста в зоні

розташування зупинки маршрутного транспорту, необхідно також розглянути особливості розподілу транспортних засобів по смугах руху.

Розподіл транспортних засобів по смугах руху є дуже нерівномірним на всіх типах міських магістральних вулиць. На розподіл транспортних засобів по ширині проїзної частини міських вулиць та утворення транспортних потоків впливають такі фактори: загальна інтенсивність руху, склад транспортного потоку, кількість смуг руху в одному напрямку, діючі правила дорожнього руху, способи організації лівих і правих поворотів на перехрестях, а також розташування зупинок громадського транспорту [77, 78].

Характерною особливістю транспортного потоку в міському середовищі є наявність у його складі значної кількості громадського транспорту, який змушений здійснювати зупинки через кожні 300-800 метрів, а також велика кількість перехресть в одному рівні, де дозволено виконувати повороти ліворуч і праворуч [77].

З метою встановлення закономірностей розподілу ТЗ по смугах руху на магістральних вулицях міста Києва нами було проведено натурні обстеження транспортних потоків у місцях розташування зупинок маршрутного транспорту.

Головним завданням проведеного експерименту було визначення закономірностей розподілу транспортних засобів по смугах руху в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту, з урахуванням кількості смуг на проїзній частині вулиці.

Проведені дослідження дозволили встановити коефіцієнти розподілу транспортних засобів по ширині проїзної частини (завантаження смуг) для відповідних міських магістральних вулиць, де розташована зупинка маршрутного транспорту, залежно від кількості смуг руху на проїзній частині. Завантаження смуг руху на проїзній частині вулиці визначено у відсотках від сумарної інтенсивності руху в одному напрямку, а також встановлено вплив інтенсивності пасажирського маршрутного транспорту на розподіл транспортних засобів по смугах руху.

Обстеження проводилися на магістральних вулицях Києва з чотирма, трьома та двома смугами руху в одному напрямку, з урахуванням наявності або відсутності заїзної кишені на зупинках маршрутного транспорту та кількості маршрутів, що перевищує п'ять. Однією з умов проведення спостереження за рухом транспорту на магістральній вулиці був рух транспортного потоку у вільному або частково пов'язаному режимі.

Опрацьовані результати спостережень дозволяють виявити певні особливості та закономірності впливу пасажирського транспорту на ЗМТ і транспортний потік, що рухається вздовж вулиці.

На магістральних вулицях міста Києва, які мають дві смуги руху в одному напрямку та кишеню для зупинки, розподіл транспортних засобів по смугах відбувається наступним чином: перша (права) смуга – 37,53% від загальної кількості, друга (ліва) смуга – 62,47%. Враховуючи тип транспортних засобів, розподіл мав наступні значення: легкові транспортні засоби, що рухались по першій смузі, склали 34,66%, по другій смузі – 65,34%; вантажні автомобілі розподілилися наступним чином: перша смуга – 44,74%, друга смуга – 55,26%; розподіл громадського пасажирського транспорту склав для першої смуги 100%, для другої смуги – рух громадського транспорту відсутній (рис. 3.1). Склад транспортного потоку: легкові транспортні засоби складають 90,13% від загальної кількості транспорту; громадський транспорт – 3,40%; вантажний транспорт – 6,47%.

На вулицях міста, які мають дві смуги руху в одному напрямку та не мають кишені для зупинки, розподіл транспортних засобів по смугах наступний: перша (права) смуга – 13,69% від загальної кількості, друга (ліва) смуга – 86,31%. Враховуючи тип транспортних засобів, розподіл мав наступні значення: легкові транспортні засоби, що рухались по першій смузі, склали 6,47%, по другій смузі – 93,53%; вантажні автомобілі розподілилися наступним чином: перша смуга – 23,47%, друга смуга – 76,53%; розподіл громадського пасажирського транспорту склав для першої смуги 100 %, для другої смуги – рух громадського транспорту відсутній (рис. 3.2). Склад

транспортного потоку: легкові транспортні засоби складають 81,19% від загальної кількості транспорту; громадський транспорт – 5,26%; вантажний транспорт – 13,55%.

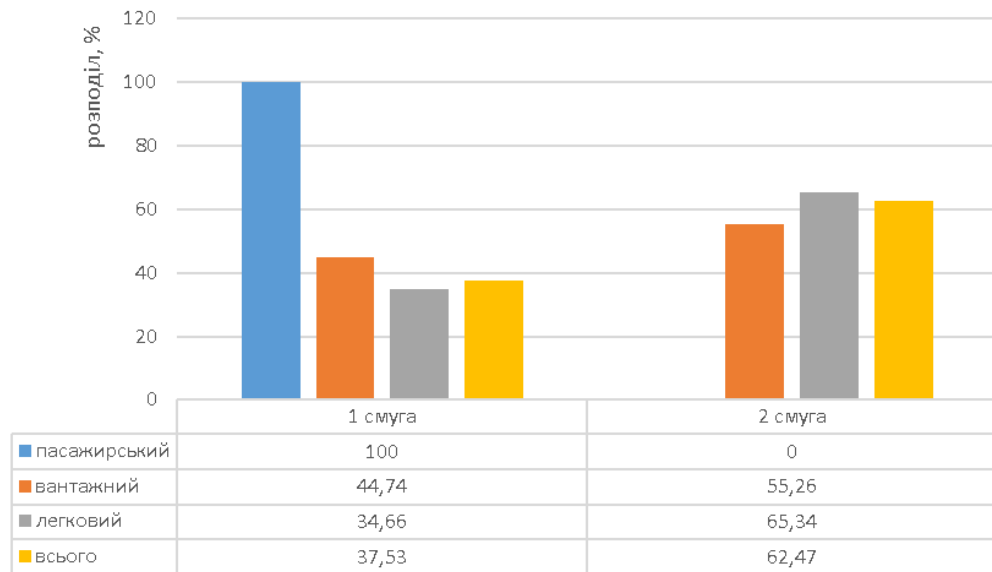


Рис.3.1. Діаграма розподілення ТЗ по смугах руху (дві смуги) на магістральних вулицях, які мають кишеню на ЗМТ

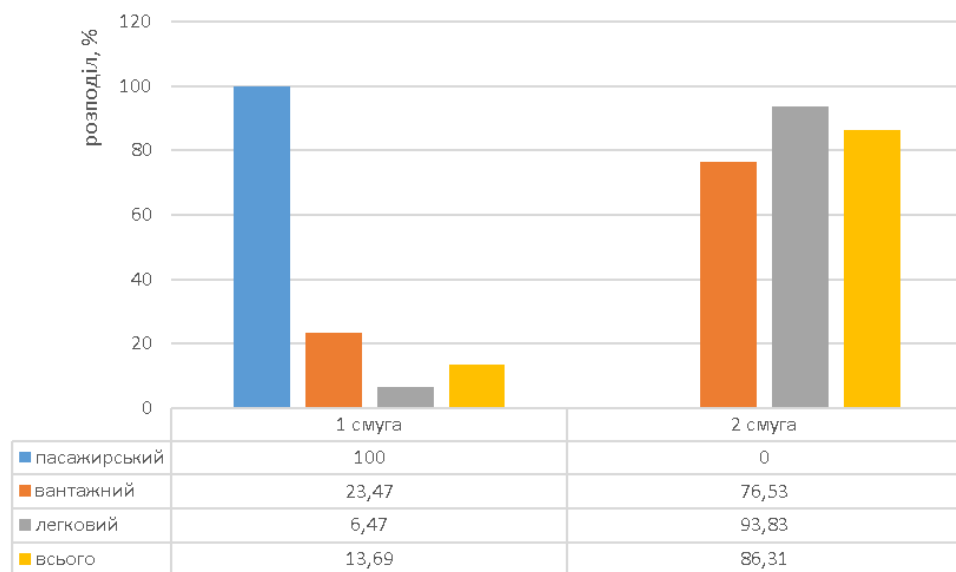


Рис. 3.2. Діаграма розподілення ТЗ по смугах руху (дві смуги) на магістральних вулицях, які не мають кишеню на ЗМТ

На магістральних вулицях, які мають три смуги руху в одному напрямку та кишеню для зупинки, розподіл транспортних засобів по смугах відбувається таким чином: перша (права) смуга – 26,61% від загальної кількості, друга (середня) смуга – 36,08%, третя (ліва) смуга – 37,31%. Враховуючи розподіл

транспортних засобів по смугах руху відповідно до їхнього складу, показники розподілилися наступним чином: для легкових транспортних засобів – по першій смузі здійснювали рух 22,93%, по другій смузі – 35,67%, по третій смузі – 41,40%; вантажні автомобілі рухалися таким чином: перша смуга – 20,21%, друга смуга – 56,48%, третя смуга – 23,32%; пасажирський транспорт (тролейбуси, автобуси, маршрутні таксі): по першій смузі руху – 100%, по другій і третій смугах рух громадського транспорту відсутній (рис. 3.3).

Склад транспортного потоку: легкові транспортні засоби складають 84,30% від загальної кількості транспорту; громадський транспорт – 3,13%; вантажний транспорт – 12,57%.

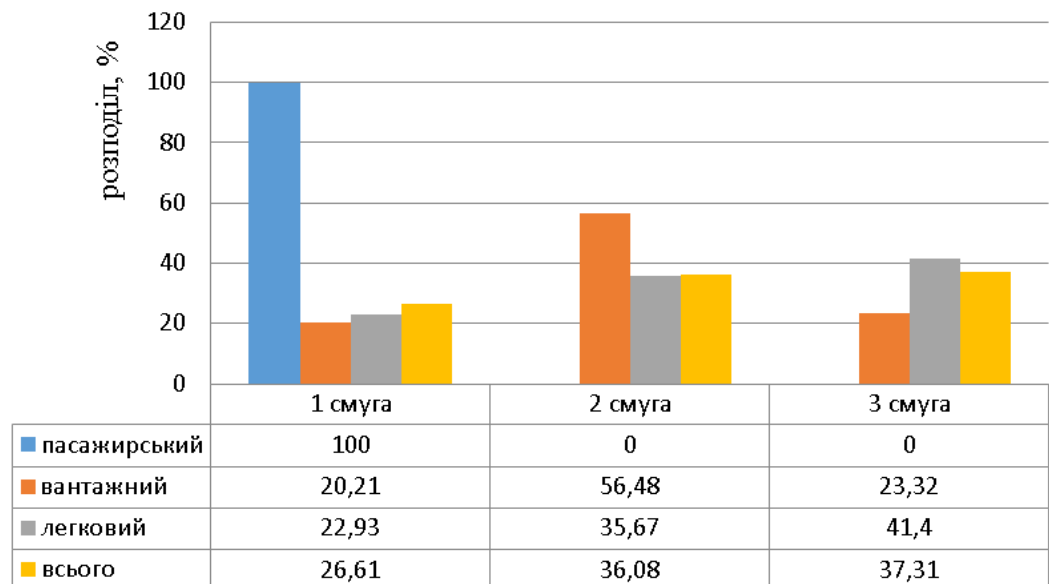


Рис. 3.3. Діаграма розподілення ТЗ по смугах руху (три смуги) на магістральних вулицях, які мають кишеню на ЗМТ

На вулицях міста, які мають три смуги руху в одному напрямку та не мають кишені для зупинки, розподіл транспортних засобів по смугах відбувається наступним чином: перша (права) смуга – 10,69% від загальної кількості, друга смуга – 41,17%, третя смуга – 48,14%. Враховуючи розподіл транспортних засобів по смугах руху відповідно до їхнього складу, показники розподілилися таким чином: для легкових транспортних засобів – по першій смузі здійснювали рух 7,27%, по другій смузі – 41,42%, по третій смузі – 51,31%; вантажні автомобілі рухалися таким чином: перша смуга – 19,26%,

друга смуга – 51,64%, третя смуга – 29,10%; пасажирський транспорт (тролейбуси, автобуси, маршрутні таксі): по першій смузі руху – 96,55%, по другій смузі – 3,45% (громадський транспорт, що обминав інший ТЗ на зупинці), по третій смузі – рух громадського транспорту відсутній (рис. 3.4).

Склад транспортного потоку: легкові транспортні засоби складають 89,40% від загальної кількості транспорту; громадський транспорт – 2,79%; вантажний транспорт – 7,81%.

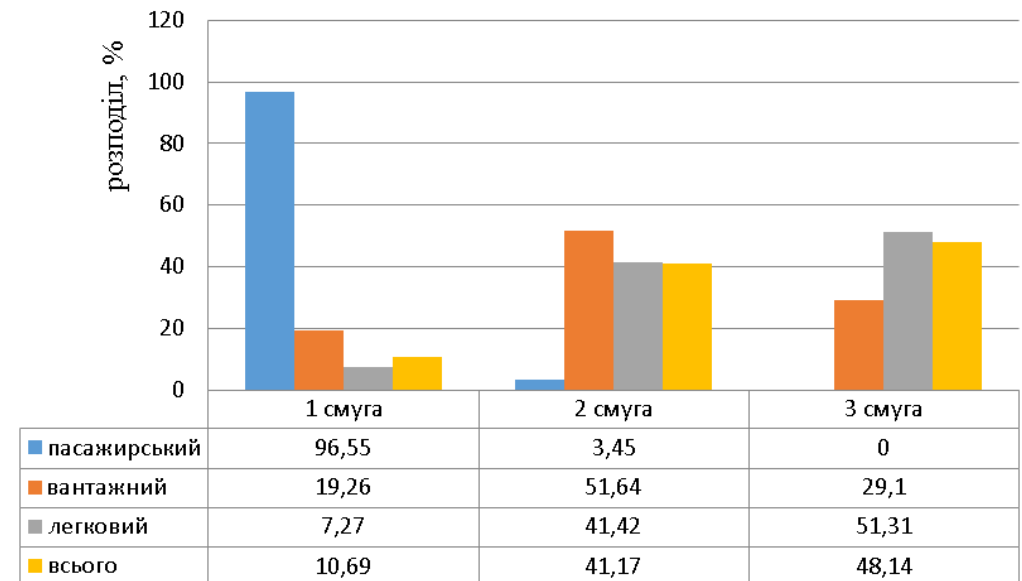


Рис. 3.4. Діаграма розподілення ТЗ по смугах руху (три смуги) на магістральних вулицях, які не мають кишеню на ЗМТ

На чотирьохсмуговій магістральній вулиці загальноміського значення безперервного руху, яка має влаштовану кишеню для зупинки маршрутного транспорту, транспортні засоби по смугах руху розподілилися наступним чином: по першій смузі – 16,37%, по другій смузі – 25,53%, по третій смузі – 29,74%, по четвертій смузі – 28,36% від загальної кількості.

По видах транспортних засобів розподіл відбувся наступним чином: для легкових автомобілів – по першій смузі рухалося 11,19%, по другій смузі – 26,32%, по третій – 29,68%, по четвертій – 32,82% від усіх легкових автомобілів; для вантажних ТЗ – по першій смузі спостерігався рух 15,69%, по другій смузі – 27,45%, по третій – 38,56%, по четвертій смузі – 18,30%; розподіл руху громадського пасажирського транспорту відбувався так: по

першій смузі – 92,42%, по другій смузі – 7,58%, по третій – 0%, по четвертій – рух громадського транспорту був повністю відсутній (рис. 3.5).

Склад транспортного потоку: легкові транспортні засоби складають 76,05% від загальної кількості транспорту; громадський транспорт – 5,35%; вантажний транспорт – 18,60%.

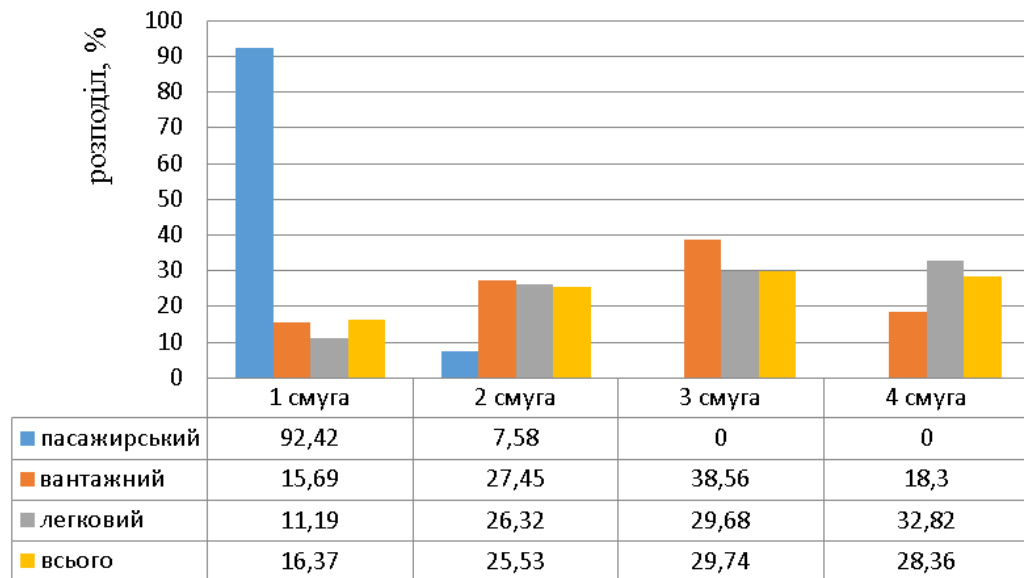


Рис. 3.5. Діаграма розподілення ТЗ по смугах руху (чотири смуги) на магістральних вулицях, які мають влаштовану кишеню на ЗМТ

На вулиці з чотирма смугами руху, які не мають влаштованої кишені для зупинки маршрутного транспорту, транспортні засоби по смугах руху розподілилися наступним чином: по першій смузі – 5,88%, по другій смузі – 29,23%, по третій смузі – 33,80%, по четвертій смузі – 31,09% від загальної кількості. На основі отриманих показників можна визначити фактичний розподіл інтенсивності по смугах руху.

Розподіл транспортних засобів по смугах руху був таким: для легкових автомобілів – по першій смузі 0,75%, по другій смузі – 28,10%, по третій – 33,88%, по четвертій – 37,27% від усіх легкових автомобілів; для вантажних ТЗ – по першій смузі спостерігався рух 1,96%, по другій смузі – 32,35%, по третій – 48,04%, по четвертій смузі – 17,65%; розподіл руху громадського пасажирського транспорту відбувався так: по першій смузі – 71,21%, по другій

смузі – 28,79%, по третій та четвертій смугах – рух масового пасажирського транспорту був повністю відсутній (рис. 3.6).

Склад транспортного потоку: легкові транспортні засоби складають 75,24% від загальної кількості транспорту; громадський транспорт – 7,46%; вантажний транспорт – 17,30%.

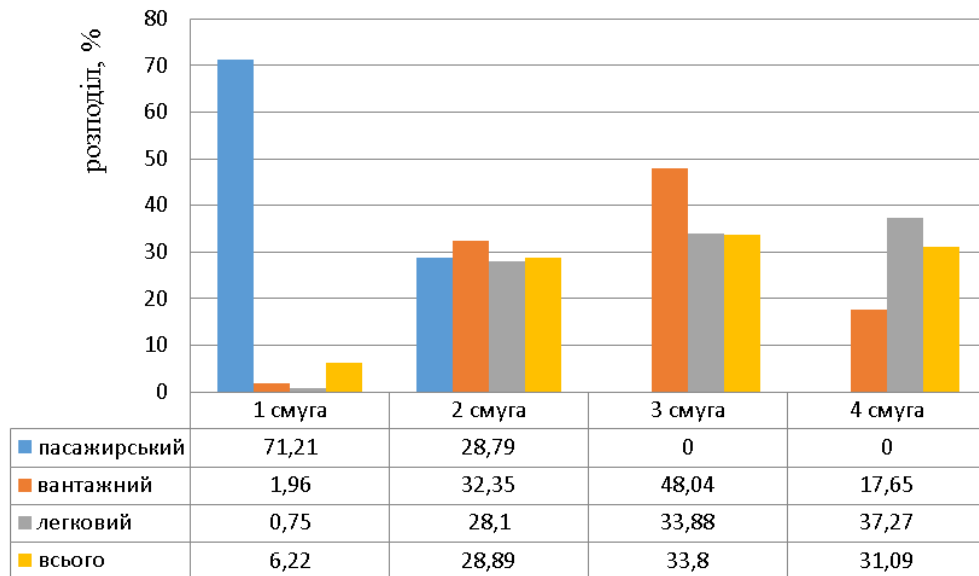


Рис. 3.6. Діаграма розподілення ТЗ по смугах руху (чотири смуги) на магістральних вулицях, які мають влаштовану кишеню на ЗМТ

Як уже було зазначено в наукових працях [6, 31, 32, 76, 77], однією з важливих характеристик експлуатації автомобільних доріг і магістральних вулиць є завантаженість смуг руху транспортними засобами. Завантаженість смуг руху суттєво впливає на умови маневрування транспортних засобів і залежить від особливостей та закономірностей розподілу автомобілів по кожній смузі.

Відомо, що завантаженість смуг на міських магістральних вулицях значно впливає на швидкість руху транспортного потоку по кожній смузі. Результати обстеження показують, що водії прагнуть обрати ту смугу, яка дозволяє їм рухатися швидше; чим швидше рухається потік по смузі, тим більше водіїв буде бажати приєднатися до нього.

Проведені спостереження щодо завантаження проїзної частини транспортом показали, що наявність пасажирського транспорту в потоці, який переважно рухається в крайній правій смузі, зменшує бажання водіїв легкових

автомобілів використовувати цю смугу. Це пояснюється тим, що громадський транспорт рухається з меншою швидкістю і зазвичай зупиняється на зупинках, які розташовані або відразу за перехрестям, або на перегоні. У результаті перша смуга не завантажується легковими автомобілями в повній мірі в зоні розміщення зупинок громадського транспорту. Крім того, якщо пасажирський транспорт має щільність більше 6 транспортних засобів, вантажні автомобілі також переміщуються на другу та третю смуги руху.

Для проведення аналізу та визначення пропускної спроможності вулиць, а також для впровадження заходів з управління транспортним рухом на магістральних вулицях загальноміського та районного значення можна використовувати методику, запропоновану в роботах [31, 32]. Ця методика базується на визначенні коефіцієнта смуговості для певних категорій вулиць та доріг.

Проаналізувавши результати обстеження інтенсивності руху транспортних засобів на вулицях міста Києва, де одним із факторів впливу на транспортні потоки була наявність зупинки маршрутного транспорту, ми отримали значення коефіцієнтів смуговості для відповідних ділянок в залежності від кількості смуг руху (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Коефіцієнт смуговості отриманий у результаті обстеження
магістральних вулиць міста Києва**

Кількість смуг руху	Коефіцієнт смуговості					
	1:2	1:3	1:4	2:3	2:4	3:4
2 смуги з кишенею	1,66	-	-	-	-	-
2 смуги без кишені	6,30	-	-	-	-	-
3 смуги з кишенею	1,36	1,4	-	1,03	-	-
3 смуги без кишені	3,85	4,50	-	1,17	-	-
4 смуги з кишенею	1,56	1,82	1,73	1,17	1,11	0,95
4 смуги без кишені	4,65	5,44	5	1,17	1,08	0,92

На основі отриманих результатів (табл. 3.1) можна визначити фактичні показники розподілу інтенсивності руху по смугам. Це, у свою чергу, дозволяє

визначити коефіцієнт завантаження для кожної смуги руху, а також оцінити потребу в облаштуванні заїзної кишені на зупинці маршрутного громадського транспорту.

Аналіз отриманих даних показує, що відсутність заїзної кишені для громадського транспорту призводить до збільшення кількості транспортних засобів на другій, третій та четвертій смугах у порівнянні з ділянкою, де є відповідна кишеня.

За результатами експериментальних даних була встановлена залежність коефіцієнта смуговості k_c (для другої смуги) від інтенсивності руху маршрутного пасажирського транспорту в потоці на двосмуговій ділянці міської магістральної вулиці з облаштованою кишенею (рис. 3.7).

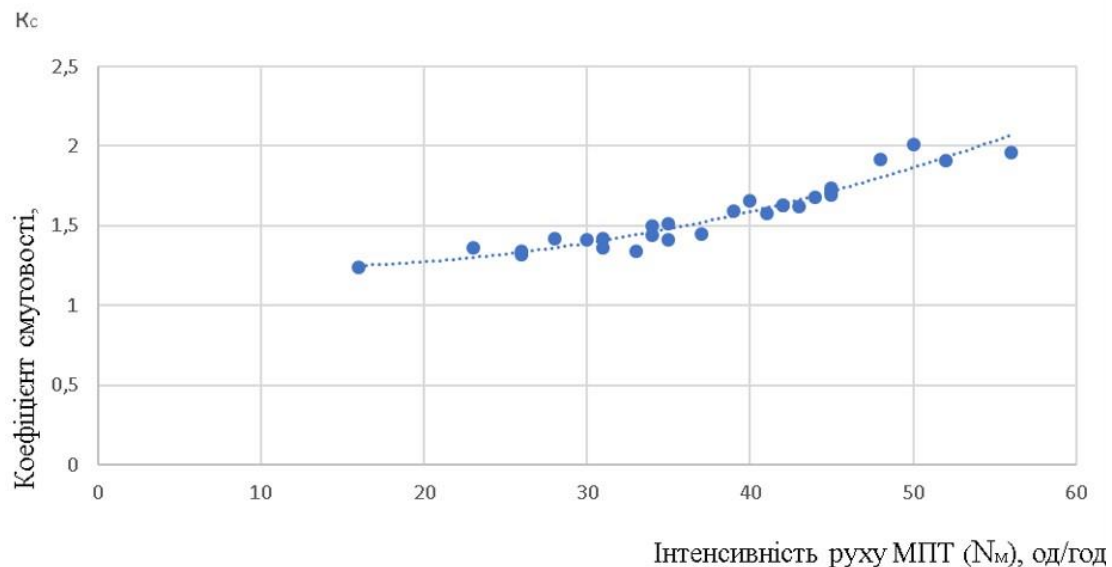


Рис. 3.7. Залежність коефіцієнту смуговості k_c (для другої смуги руху) від інтенсивності руху маршрутного пасажирського транспорту через зупинку облаштовану кишенею

Подана на рис. 3.7 залежність була апроксимована поліномною лінією тренду другого ступеня, яка описується рівнянням:

$$k_c = 0,0004N_{MT3}^2 + 0,0082N_M + 1,28, \quad (3.1)$$

де k_c – коефіцієнт смуговості; N_{MT3} – інтенсивність руху маршрутного пасажирського транспорту, од/год.

Отримане поле кореляції вказує на існування зв'язку, що підтверджується коефіцієнтом детермінації $R^2=0,924$.

Відповідний аналіз залежності коефіцієнту смуговості k_c від інтенсивності руху маршрутного пасажирського транспорту, був проведений для магістральних вулиць, на яких розміщена зупинка маршрутного транспорту, що не має заїзної кишені (рис. 3.8).

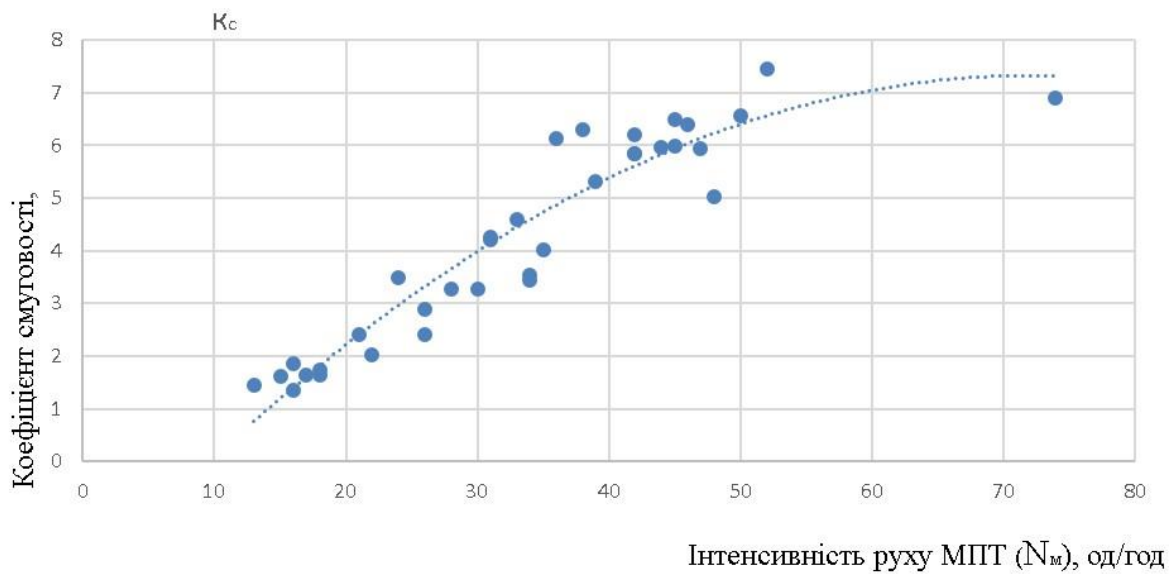


Рис. 3.8. Залежність коефіцієнту смуговості k_c (для другої смуги руху) від інтенсивності руху маршрутного пасажирського транспорту через зупинку без кишені

Залежність, зображена на рис. 3.8, була також апроксимована поліномною лінією тренду другого ступеня, внаслідок чого було отримано рівняння::

$$k_c = -0,0019N_{MT3}^2 + 0,2708N_M - 2,4476 \quad (3.2)$$

Коефіцієнт детермінації складає $R^2=0,901$.

Використовуючи отримані регресійні залежності (3.1, 3.2), можна зробити висновок, що наявність заїзної кишені на зупинці дозволяє зменшити завантаженість другої, третьої та четвертої смуг руху. Однак є певні умови, які можуть вказувати на те, що влаштування такої кишені не є доцільним. Доцільність улаштування кишені значною мірою залежить від інтенсивності руху маршрутного пасажирського транспорту на відповідній ділянці вулиці.

Зокрема, при інтенсивності руху громадського пасажирського транспорту до 17 од/год і при кількості МТЗ, що перевищує 71 од/год, улаштування заїзної кишені не є доцільним. У випадку, якщо кількість МТЗ перевищує зазначене значення, доцільніше влаштувати смугу для громадського транспорту.

Також, за результатами аналізу отриманих даних, встановлено, що зупинки маршрутного транспорту без кишені значно впливають на розподіл транспортних засобів по смугах руху. Зокрема, завантаженість першої смуги знижується в середньому: для вулиць з двома смугами на 23%, з трьома смугами – на 12%, з чотирма смугами – на 10%. Однак слід зазначити, що при щільному та пов'язаному русі закономірності розподілу транспортних засобів значно відрізняються від вільного та частково пов'язаного режиму. У таких випадках більшість транспортних засобів розподіляються по всіх смугах рівномірно. Переїзд з однієї смуги в іншу спостерігається тільки при повній зупинці руху на цій смузі. При заторі на чотирьохсмуговій магістральній вулиці в середньому розподіл транспортних засобів по смугах виглядає наступним чином: по першій смузі – приблизно 21%, по другій – 23%, по третій – 25%, по четвертій – 31%. Це пояснюється тим, що при утворенні затору швидкість руху знижується одночасно по всіх смугах, і легкові автомобілі починають рухатись за вантажним та пасажирським транспортом, заповнюючи недовантажені першу та другу смуги. При утворенні затору кількість транспортних засобів на першій смузі в середньому збільшується на 13%, на другій – на 3,5%, що зменшує завантаження на третій смузі на 7,5% та на четвертій – на 9%.

Узагальнюючи результати дослідження, можна зробити висновок, що улаштування заїзної кишені на зупинці маршрутного транспорту є доцільним на магістральних вулицях міста з однією, двома або трьома смугами руху в одному напрямку. Це дозволить збільшити пропускну спроможність таких вулиць і підвищити завантаженість першої смуги руху на 15-25%.

3.2 Дослідження витрат часу пасажирським транспортом спричинених взаємними перешкодами між ними на міських зупинках маршрутного транспорту.

Крім витрат часу, які виникають через взаємний вплив транспортних засобів на вуличній мережі міст, важливим аспектом при організації руху є взаємний вплив часу руху та перебування на зупинці пасажирського транспорту.

Взаємний вплив між транспортними засобами на зупинці часто визначається умовами під'їзду та виїзду транспортного засобу з місця висадки та посадки пасажирів. Тому взаємний вплив пасажирського транспорту на зупинці розглядатимемо разом із витратами часу на під'їзд до зупинки та від'їзд з неї.

До витрат часу, що мають другорядне значення, належать витрати, пов'язані з транспортними перешкодами між транспортними засобами на зупинці. Основними факторами, які спричиняють такі витрати часу, є: кількість маршрутів громадського транспорту, тип і розмір пасажирського транспорту, інтенсивність руху, наявність або відсутність кишені для зупинки, а також погодні умови.

Розглянемо два можливі варіанти перебування пасажирського транспортного засобу на зупинках. Перший варіант стосується зупинок, які призначені для одночасного обслуговування лише одного транспортного засобу. Відомо, що кожний транспортний засіб витрачає певний час на під'їзд, від'їзд від зупинки та обслуговування пасажирів на ній. Відповідно, інші пасажирські транспортні засоби, які під'їжджають до зупинки, фактично не можуть заїхати на неї, поки вона не буде повністю звільнена попереднім транспортним засобом. Таким чином, на такій зупинці спостерігається утворення черги певної довжини, що негативно впливає на рух усіх транспортних засобів на даній ділянці вулиці, зокрема зменшує її пропускну спроможність. У деяких випадках процес висадки та посадки пасажирів

відбувається з порушенням правил дорожнього руху, що створює небезпеку для пасажирів і всіх транспортних засобів, які рухаються по проїзній частині (рис. 3.7).

Ефективність роботи зупинки визначається, зокрема, забезпеченням максимальної пропускної спроможності.

Пропускна спроможність зупинки маршрутного транспорту визначається за формулою [107]:

$$P_{\text{зМТ}} = \frac{3600}{\sum t_{\text{в}}}, \quad (3.3)$$

де $\sum t_{\text{в}}$ – сумарна затримка пасажирського транспорту на зупинці.



Рис. 3.7. Порушення правил дорожнього руху пасажирським транспортом при висадці та посадці пасажирів на зупинці

На магістральних вулицях крупних і найкрупніших міст України більшість зупинок маршрутного транспорту спроектована для одночасного обслуговування декількох пасажирських транспортних засобів. Однак однією з особливостей їх функціонування є те, що для деяких місць стоянки транспортних засобів виникають додаткові простої, пов'язані з взаємними перешкодами, які виникають внаслідок одночасного перебування на зупинці декількох маршрутних транспортних засобів. У більшості випадків при такій

ситуації виникає потреба у маневруванні пасажирського транспорту, що призводить до додаткових витрат часу. Це може бути ситуацією, коли автобус або тролейбус, який під'їхав до зупинки, може зайняти місце, що тільки звільнилося та знаходиться між двома стоячими на зупинці транспортними засобами (рис. 3.8), тільки після виконання маневру.

У такому випадку пропускна спроможність зупинки маршрутного транспорту визначається за формулою [107]:

$$P_{з\text{мт}} = \frac{3600}{\Sigma t_{\text{в}}} \times k_n \times N_m, \quad (3.4)$$

де k_n - коефіцієнт неефективного використання місць обслуговування на зупинці маршрутного транспорту; N_m - число місць на зупинці для одночасного обслуговування маршрутного транспорту.

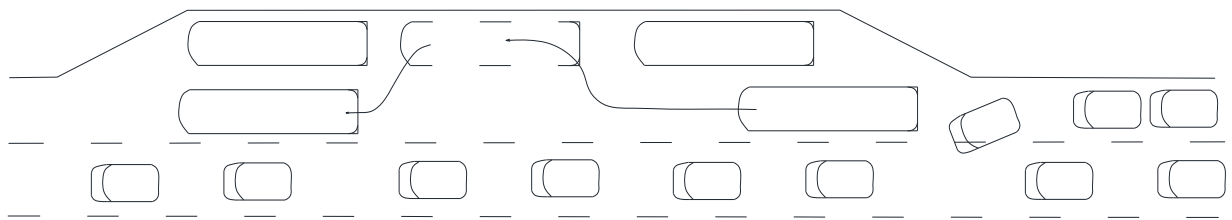


Рис. 3.8. Схема маневрування транспортних засобів на вуличній мережі в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту

У роботі [107] зазначено, що на практиці існує декілька ситуацій неефективного використання місць для обслуговування пасажирського транспорту на зупинці:

1. Транспортний засіб зупинився відразу при в'їзді, тим самим залишаючи вільними (не зайнятими) місця для зупинки пасажирського транспорту перед собою.

2. Неправильне зайняття місця зупинки пасажирським транспортом, коли на трьох запроєктованих місцях розміщено тільки два транспортних засоби тощо.

3. Ігнорування наявного вільного місця на зупинці, для того щоб його зайняти необхідно виконати маневр по об'їзду пасажирського транспортного

засобу, який стоїть попереду. Це викликає певні складності для під'їзду великогабаритних пасажирських транспортних засобів.

Звідси виходить, що коефіцієнт неефективності використання зупинки залежить від вище наведених факторів і його можна визначити за формулою:

$$k_n = k_{nt} \times k_{nm}, \quad (3.5)$$

k_{nt} – коефіцієнт, який враховує зниження пропускної спроможності зупинки маршрутного транспорту за рахунок взаємних втрат та конфліктів між пасажирським транспортом; k_{nm} – коефіцієнт, який враховує зниження пропускної спроможності зупинки маршрутного транспорту за рахунок неефективного використання місць для обслуговування.

Коефіцієнт k_{nt} рекомендується приймати, як параметр витрати часу, отриманого внаслідок утворення конфліктності між пасажирськими транспортними засобами на зупинці [107].

Одним із чинників, що призводить до збільшення часових витрат в наслідок конфліктності між транспортними засобами у зоні впливу зупинки маршрутного пасажирського транспорту є розміщення поруч біля них регульованих перехресть [40, 55, 100].

При інтенсивності руху маршрутного пасажирського транспорту більше 50 одиниць за годину та при заборонному червоному такті світлофора від 80 секунд відбувається накопичення маршрутного пасажирського транспорту на перехресті. У результаті цього пасажирський транспорт під'їжджає до зупинки маршрутного транспорту групами по три-чотири транспортні засоби одночасно, і в більшості таких випадків це призводить до додаткових часових витрат та затримки всього транспортного потоку.

Відомо, що на подвійних зупинках, де передбачено декілька місць для стоянки (три-чотири), виникає утворення взаємних перешкод між пасажирським транспортом, збільшення часу посадки та висадки пасажирів, а також збільшення відстані на переміщення пасажирів, які не знають, у якому саме місці зупиниться потрібний їм маршрутний транспортний засіб.

Відомо, що у результаті збільшення кількості місць на зупинці маршрутного транспорту їхня пропускна спроможність зростає непропорційно до їхньої кількості. Дані про зниження ефективності функціонування зупинки маршрутного транспорту наведені в таблиці 3.2 [100, 102].

Таблиця 3.2

Ефективність використання місць на зупинці маршрутного транспорту

Число місць ЗМТ	ЗМТ без кишені		ЗМТ з кишенею		Середнє число місць
	Ефективність, %	Загальне число місць	Ефективність, %	Загальне число місць	
1	100	1,0	100	1,0	1,0
2	85	1,85	85	1,85	1,85
3	60	2,45	75	2,60	2,52
4	20	2,65	65	3,25	2,90
5	5	2,70	50	3,75	3,22

Відповідна методика [100, 102] враховує дуже багато факторів і має велику кількість табличних і довідникових даних, які також можуть бути використанні нашими фахівцями для проектування міських зупинок маршрутного транспорту.

З наведених рекомендацій [100, 102] зрозуміло, що влаштовувати на зупинці маршрутного транспорту більше ніж чотири місця для стоянки пасажирського транспорту не є ефективним рішенням.

Користуючись результатами проведених нами досліджень, можна зробити висновок, що при одночасному знаходженні на зупинці п'яти маршрутних транспортних засобів витрати часу на посадку та висадку пасажирів збільшуються від 30 до 50%.

Як зрозуміло з вище наведеного тексту, що для встановлення коефіцієнту неефективності k_n , нам необхідно визначити параметр часу конфліктності $t_{\text{конф}}$. Одна із існуючих методик, яка дозволяє визначити час конфліктності, наведена у роботі [107], але на нашу думку ця методика має свої недоліки, а саме, значну трудоемкість при виконанні розрахунків та здійсненні аналізу отриманих даних.

Час конфліктності пов'язаний з фізичною взаємодією пасажирських транспортних засобів, що створює взаємні перешкоди. У даному випадку необхідно розглянути ситуацію, в якій основним фактором, що впливає на пропускну спроможність зупинки, є затримка маршрутного транспорту через перешкоди, спричинені взаємним впливом одного транспортного засобу на інший. Врахувати та проаналізувати відповідну затримку можна на основі даних, отриманих в результаті обстежень та збору експериментальних даних.

Провівши дослідження витрат часу, спричинених взаємними перешкодами між пасажирським транспортом у місті Києві, ми розглянули два види зупинок: зупинку, яка має спеціально облаштовану кишеню (рис. 2.2 а), та зупинку, розміщену на крайній правій смузі руху вздовж бортового каменю (рис. 2.2 б).

Відмінність заїзду транспортного засобу на зупинку чи виїзду з неї, при наявності спеціально облаштованої кишені, обов'язково супроводжується виконанням маневру, що дає можливість в більшості випадків кожному транспортному засобу після закінчення обслуговування пасажирів не очікувати звільнення смуги руху попереднім транспортним засобом, а відразу виконувати маневр його об'їзду та обминати попереду стоячий автобус (між тролейбусним транспортом відповідний маневр не можливий).

Треба відмітити, що у такому випадку можуть мати місце і додаткові затримки, які саме і пов'язані із взаємними перешкодами між пасажирськими транспортними засобами (коли автобус закінчив висадку та посадку пасажирів і готовий виїхати з місця зупинки, але йому заважає інший транспортний засіб, який виконує перед ним маневр виїзду або стоїть).

Як вже зазначалося у другому розділі, при розміщенні зупинки маршрутного транспорту на крайній правій смузі руху, у більшості випадків при інтенсивному русі транспорту немає можливості виконати маневр об'їзду стоячого автобуса чи тролейбуса. Пасажирському транспортному засобу доводиться чекати, поки транспортний засіб, що знаходиться перед ним, закінчить процес обслуговування пасажирів і почне рух. Звідси зрозуміло, що

залежно від схеми функціонування зупинки маршрутного транспорту суттєво змінюються фактори, які впливають на її пропускну спроможність та час затримки. Тому необхідно визначити фактори, що впливають на режим роботи конкретної зупинки маршрутного транспорту.

Аналізуючи результати проведеного спостереження, можна відзначити, що не завжди, навіть при наявності облаштованої кишені, пасажирський громадський транспорт має можливість виконати маневр виїзду з місця стоянки без перешкод. У більшості випадків це спричинено великою інтенсивністю транспорту на сусідніх смугах. Хоча згідно з пунктом 17.4 «Правил дорожнього руху України» [59] зазначено, що в населених пунктах водії інших транспортних засобів зобов'язані зменшити швидкість або зупинитися, наближаючись до автобуса, мікроавтобуса або тролейбуса, що розпочинає рух від зупинки в заїзній кишені, насправді більшість водіїв продовжують рух, не звертаючи уваги на включений поворотний сигнал пасажирського транспорту, що вказує на потребу у виконанні маневру для виїзду з зупинки. Лише при початку здійснення маневру виїзду транспортний потік може зупинитися, надавши можливість пасажирському транспорту виїхати на смугу руху і продовжити рух. Проведені спостереження показали, що витрати часу на такий маневр складають: в середньому 15 секунд при щільному транспортному потоці, незалежно від його складу, та 11 секунд при пов'язаному потоці. Це в деяких випадках навіть перевищує час, витрачений на висадку та посадку пасажирів на даній зупинці.

Для проведення аналізу та встановлення закономірностей і особливостей перебування маршрутного транспорту на зупинці ми визначили показники середніх витрат часу, необхідних пасажирському транспорту: для заїзду на зупинку, перебування на зупинці для очікування та обслуговування пасажирів, а також для виїзду із зупинки. Відповідні дані наведені в таблиці 3.3. Для збору необхідних даних ми обстежили 628 одиниць різних видів маршрутного пасажирського транспорту, зокрема 316 одиниць автобусів малої або

середньої місткості та 178 одиниць автобусів великої та дуже великої місткості, 134 – тролейбуси.

Таблиця 3.3

Середні витрати часу маршрутним транспортним засобом на зупинці

Кількість смуг руху	Вид транспортного засобу	Тип зупинки	витрати часу, с.			
			заїзд на зупинку	виїзд із зупинки	час стоянки	всього
2 смуги руху	автобус малої або середньої місткості	з кишенею	9	12	17	38
		без кишені	5	6	14	25
	автобус великої та дуже великої місткості	з кишенею	24	15	12	51
		без кишені	12	10	13	35
	тролейбус	з кишенею	14	9	14	37
		без кишені	8	7	12	27
3 смуги руху	автобус малої або середньої місткості	з кишенею	8	11	15	34
		без кишені	6	8	11	25
	автобус великої та дуже великої місткості	з кишенею	10	13	10	33
		без кишені	9	9	21	39
	тролейбус	з кишенею	12	14	12	38
		без кишені	11	9	17	37
4 смуги руху	автобус малої або середньої місткості	з кишенею	4	11	10	25
		без кишені	5	8	9	22
	автобус великої та дуже великої місткості	з кишенею	10	10	18	38
		без кишені	11	6	17	34
	тролейбус	з кишенею	10	7	17	34
		без кишені	14	8	13	35

Обстеження проводилося періодично раз на три місяці протягом року, враховуючи сезонність. Разом із часовими витратами перебування транспортного засобу на зупинці враховувалися інтенсивність руху на даній ділянці вулиці та кількість маршрутних транспортних засобів, що перебували на зупинці під час фіксації.

Аналізуючи результати, отримані внаслідок проведеного обстеження, можна зазначити, що у більшості випадків на втрати часу пасажирським транспортом на зупинці впливають: наявність або відсутність заїзної кишені,

габарити пасажирського транспорту та кількість транспортних засобів, що перебувають на зупинці одночасно та здійснюють посадку, висадку або очікування пасажирів.

Також потрібно зазначити, що час перебування пасажирського транспортного засобу на зупинці слід розділяти на основний та надлишковий. Основний час характеризується середнім значенням витрат часу на під'їзд, виїзд та стоянку транспортного засобу, залежно від інженерно-планувальних рішень зупинки та умов організації руху на ній. Надлишковий час – це час, що перевищує нормативні витрати. Тому можна прийняти, що саме надлишковий час і визначає час конфліктності $t_{\text{конф}}$.

Зрозуміло, що саме надлишковий час перебування пасажирського транспорту на зупинці і спонукає до утворення конфліктності. Тому для виконання подальшого дослідження, необхідно виявити існуючі закономірності між часом конфліктності $t_{\text{конф}}$ та часом перебування $t_{\text{ст зуп}}$ транспортних засобів на зупинці маршрутного транспорту.

Відповідний аналіз отриманих експериментальних результатів (див. Додаток В), які враховують перебування на зупинці маршрутного транспорту з кишенею одночасно двох транспортних засобів наведений на рисунку 3.9, одночасного перебування на зупинці з кишенею трьох транспортних засобів – рис. 3.10 та чотирьох транспортних засобів – рис. 3.11.

Отримані результати аналізу витрат часу $t_{\text{конф}}$ у залежності від часу перебування пасажирського транспорту на зупинці $t_{\text{ст зуп}}$ з кишенею наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Результати аналізу витрат часу $t_{\text{конф}}$ на ЗМТ з кишенею

Кількість МТЗ на ЗМТ	Регресійна модель	Коефіцієнт детермінації, R^2
Два	$t_{\text{конф}} = -0,012t_{\text{стзуп}}^2 + 0,651t_{\text{стзуп}} - 0,606$	0,908
Три	$t_{\text{конф}} = -0,007t_{\text{стзуп}}^2 + 0,51t_{\text{стзуп}} - 1,065$	0,892
Чотири	$t_{\text{конф}} = 0,018t_{\text{стзуп}}^2 + 0,04t_{\text{стзуп}} + 2,98$	0,900

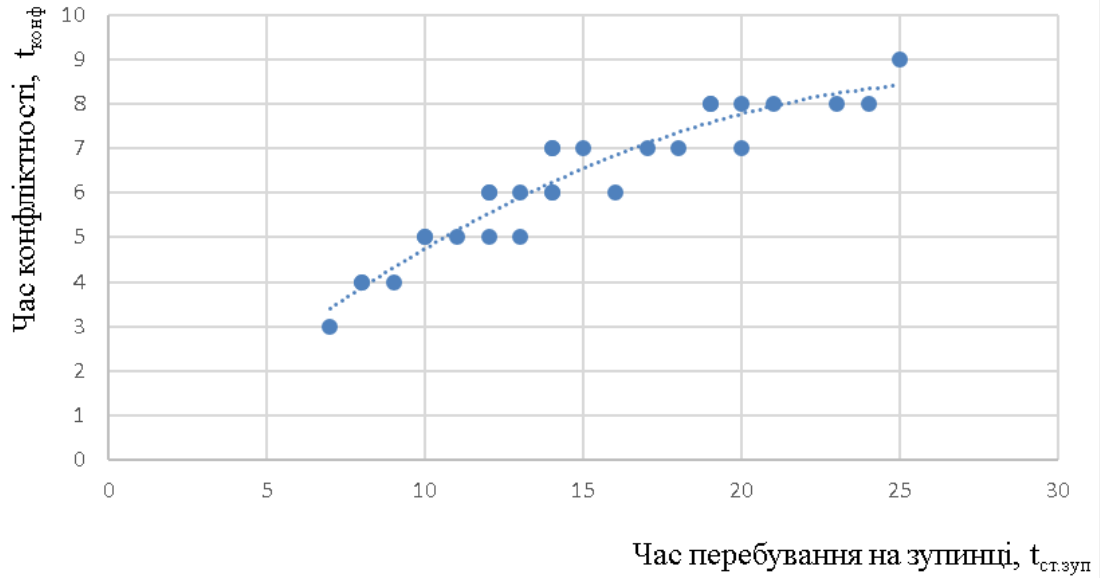


Рис. 3.9. Залежність витрат часу ($t_{конф}$) від часу перебування на зупинці маршрутного транспорту ($t_{ст.зуп}$) з кишенею одночасно двох пасажирських транспортних засобів

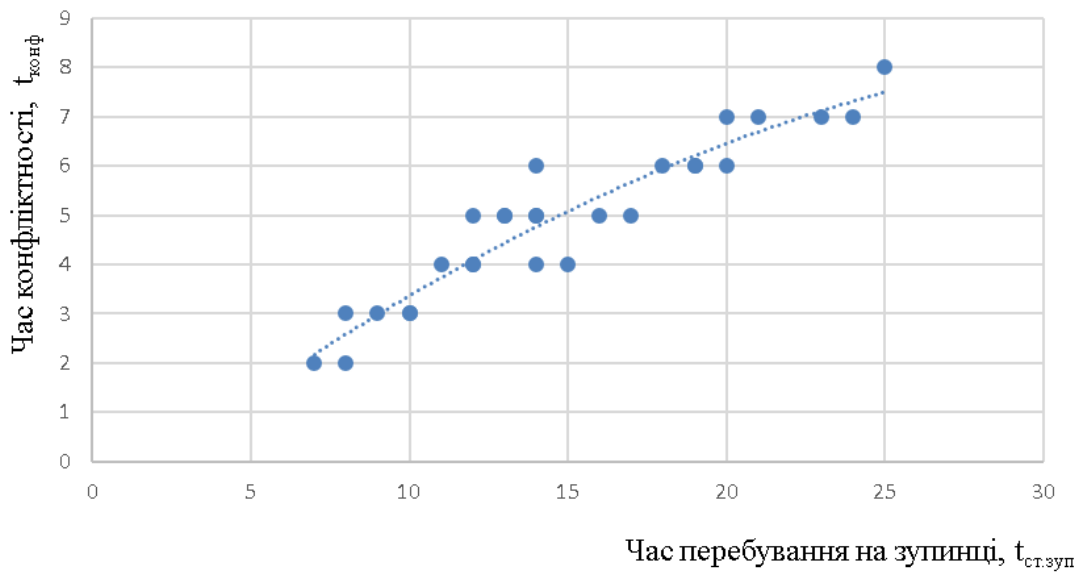


Рис. 3.10. Залежність витрат часу ($t_{конф}$) від часу перебування на зупинці маршрутного транспорту ($t_{ст.зуп}$) з кишенею одночасно трьох пасажирських транспортних засобів

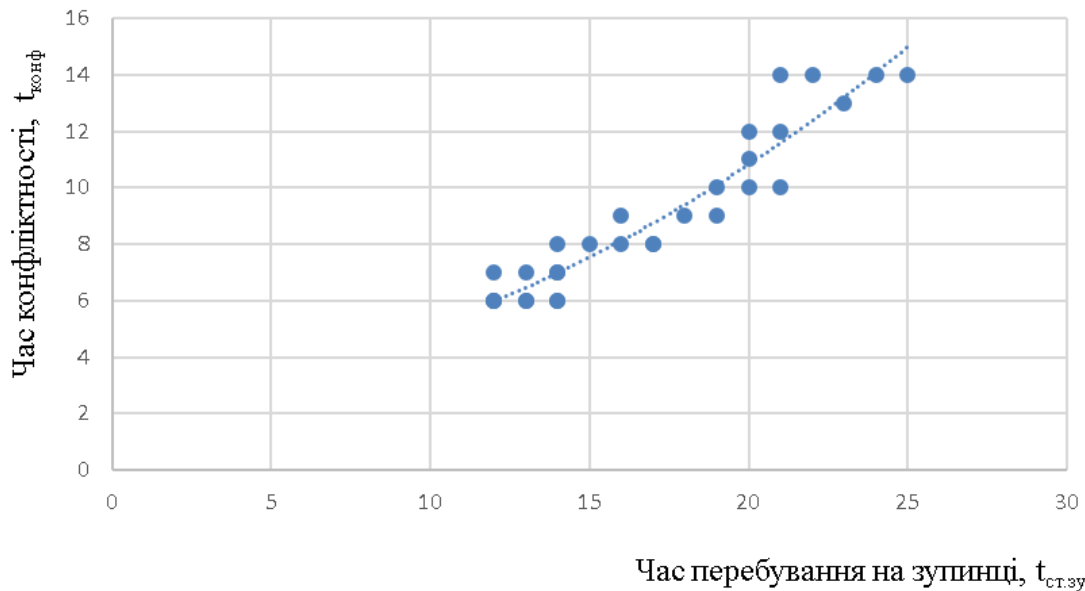


Рис. 3.11. Залежність витрат часу ($t_{конф}$) від часу перебування на зупинці маршрутного транспорту ($t_{стзуп}$) з кишенею одночасно чотирьох пасажирських транспортних засобів

Тепер подібний аналіз виконуємо для зупинок маршрутного транспорту, які не мають кишені для заїзду (див. Додаток В). Залежність витрат часу $t_{конф}$ від часу перебування на зупинці маршрутного транспорту $t_{стзуп}$ без кишені представлено при одночасному перебуванні двох транспортних засобів на рисунку 3.12, трьох транспортних засобів – на рис. 3.13 та чотирьох транспортних засобів – на рис.3.14.

Отримані результати аналізу витрат часу $t_{конф}$ у залежності від часу перебування $t_{стзуп}$ пасажирського транспорту на зупинці без кишені наведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Результати аналізу витрат часу $t_{конф}$ на ЗМТ без кишені

Кількість МТЗ на ЗМТ	Регресійна модель	Коефіцієнт детермінації, R^2
Два	$t_{конф} = 0,0192t_{стзуп}^2 + 0,136t_{стзуп} + 5,831$	0,907
Три	$t_{конф} = 0,021t_{стзуп}^2 + 0,124t_{стзуп} + 4,98$	0,902
Чотири	$t_{конф} = 0,0148t_{стзуп}^2 + 0,009t_{стзуп} + 5,04$	0,881

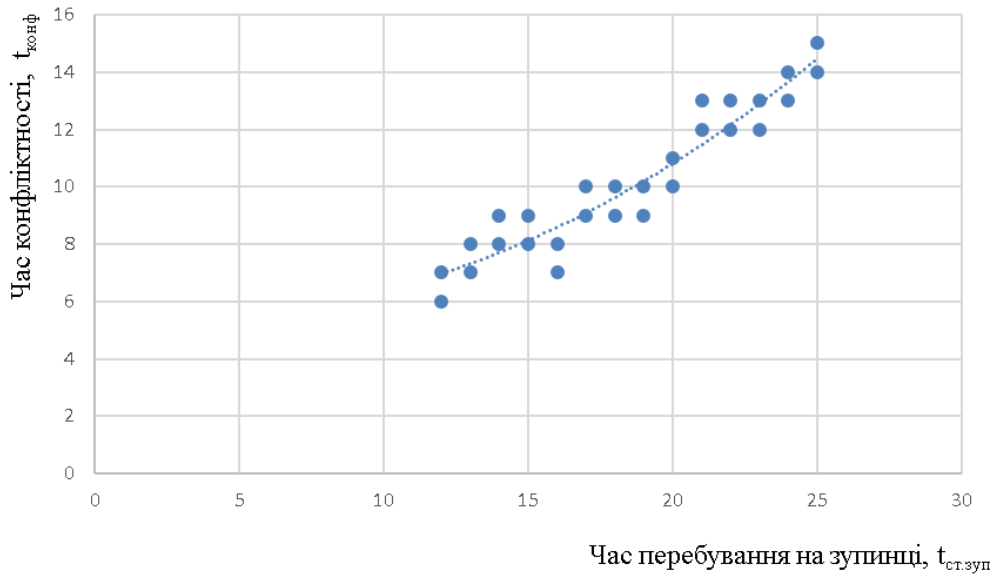


Рис. 3.12. Залежність витрат часу ($t_{конф}$) від часу перебування на зупинці маршрутного транспорту ($t_{ст.зуп}$) без кишені одночасно двох пасажирських транспортних засобів

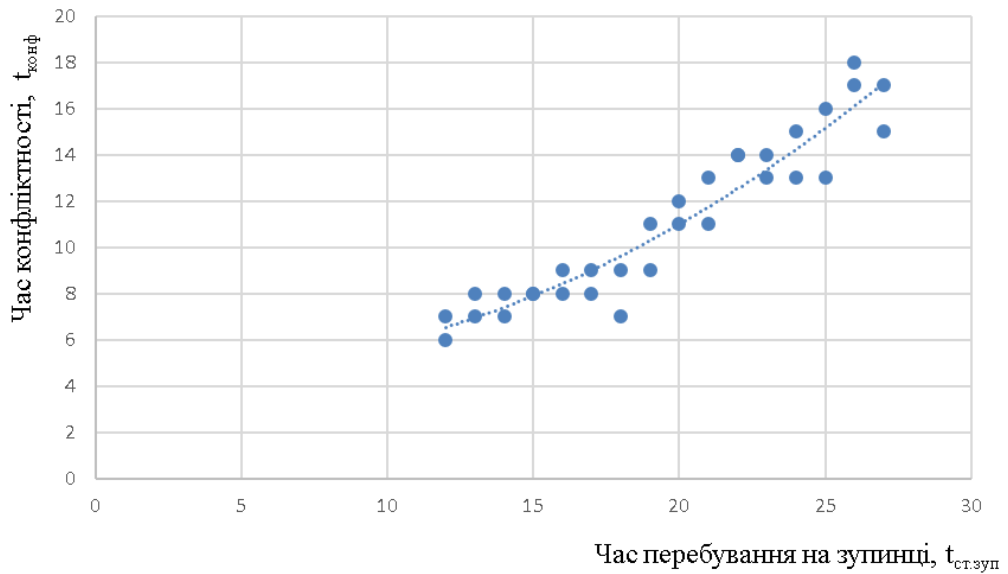


Рис. 3.13. Залежність витрат часу ($t_{конф}$) від часу перебування на зупинці маршрутного транспорту ($t_{ст.зуп}$) без кишені одночасно трьох пасажирських транспортних засобів

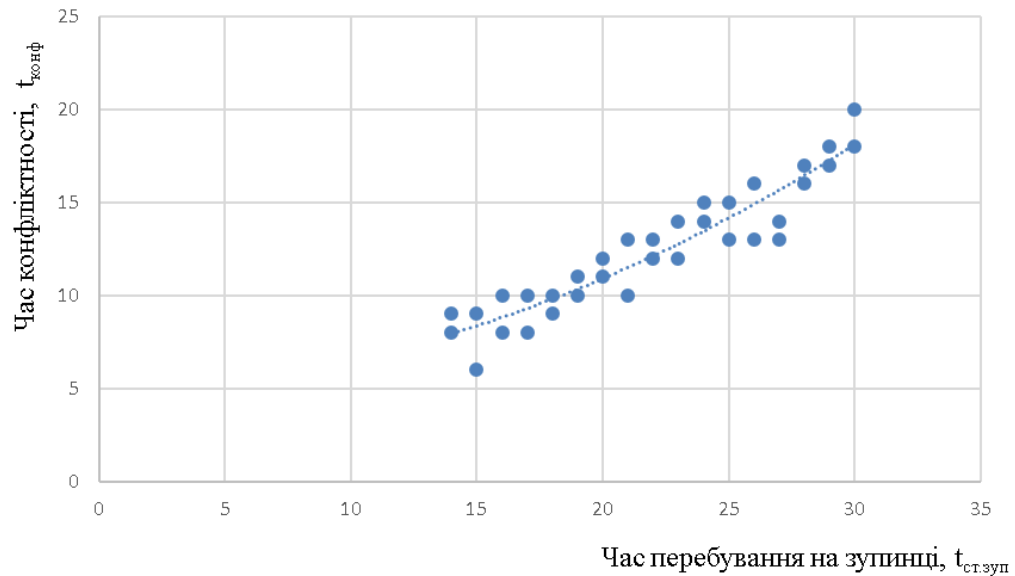


Рис. 3.14. Залежність витрат часу ($t_{\text{конф}}$) від часу перебування на зупинці маршрутного транспорту ($t_{\text{ст.зуп}}$) без кишені одночасно чотирьох пасажирських транспортних засобів.

У результаті проведеного аналізу та встановленою нами залежністю між витратами часу, які спричинені конфліктністю між пасажирським транспортом під час їхнього одночасного перебування на зупинці (два, три, чотири транспортних засоби), можна визначити яка саме схема (рис. 1.11) забезпечить найменші витрати часу. Це дозволить здійснити обґрунтування доцільності прийнятого проектного інженерно-планувального рішення для зупинки маршрутного транспорту.

3.3 Затрати часу на вхід, вихід пасажирів та їх очікування маршрутним транспортом

Як вже зазначалося у попередніх розділах цієї дисертаційної роботи, одним із основних факторів, що впливають на час перебування пасажирського транспорту на зупинці, є процес входу і виходу пасажирів, а також стоянка маршрутного транспорту з очікуванням людей, які можуть ще підійти і скористатися маршрутом. Час входу та виходу пасажирів потрібно враховувати після відкриття дверей транспортного засобу і входу до салону

останньої людини, яка очікувала на відповідний маршрут. Однак, окрім часу, який пасажирський транспортний засіб витрачає на посадку та висадку пасажирів, також витрачається час на очікування інших пасажирів.

Таким чином, час стоянки пасажирського транспортного засобу на зупинці включає час, витрачений на: відкриття дверей, вихід пасажирів, вхід пасажирів, очікування пасажирів, закриття дверей. Отже, наше дослідження слід спрямувати на встановлення затрат часу, необхідного для обслуговування пасажирів на зупинці та часу стоянки пасажирського транспортного засобу.

Проводячи обстеження для визначення часу стоянки транспортного засобу на зупинці, було виявлено, що в транспортно-пересадочних вузлах спостерігаються додаткові витрати часу, пов'язані з очікуванням пасажирів. Цей факт спостерігався в 23% усіх проведених нами спостережень.

Очевидно, що транспортний засіб, який перебуває на зупинці, створює затримку для іншого пасажирського транспорту, що під'їхав до зупинки, але не може зайняти місце на ній. Таким чином, очікування пасажирів на зупинці призводить до створення перешкод не тільки для громадського транспорту, а й для інших транспортних засобів, які рухаються по сусідніх смугах.

Для проведення відповідного дослідження нами було обстежено 84 маршрути пасажирського транспорту в місті Київ. Спостереження проводилися у найбільш завантажені пасажирами години доби та дні тижня. Дослідження здійснювалося шляхом фіксації на відеокамеру з подальшою обробкою та аналізом отриманих результатів. Основним завданням цього дослідження було встановлення закономірностей, що пов'язані з часом, який витрачає пасажирський транспорт на зупинці, очікуючи та обслуговуючи пасажирів.

У таблицях наведених у додатку Г подані результати проведеного нами експерименту, які фіксують затрачений час пасажирським транспортом на обслуговування пасажирів (вхід у ТЗ, вихід з ТЗ) та очікування ним людей на зупинці.

Опрацьовані результати спостереження, як кореляційне поле згрупованих даних подані для малих та середніх автобусів – рис. 3.15, великих та дуже великих – рис. 3.16 і для тролейбусів – п рис. 3.16.

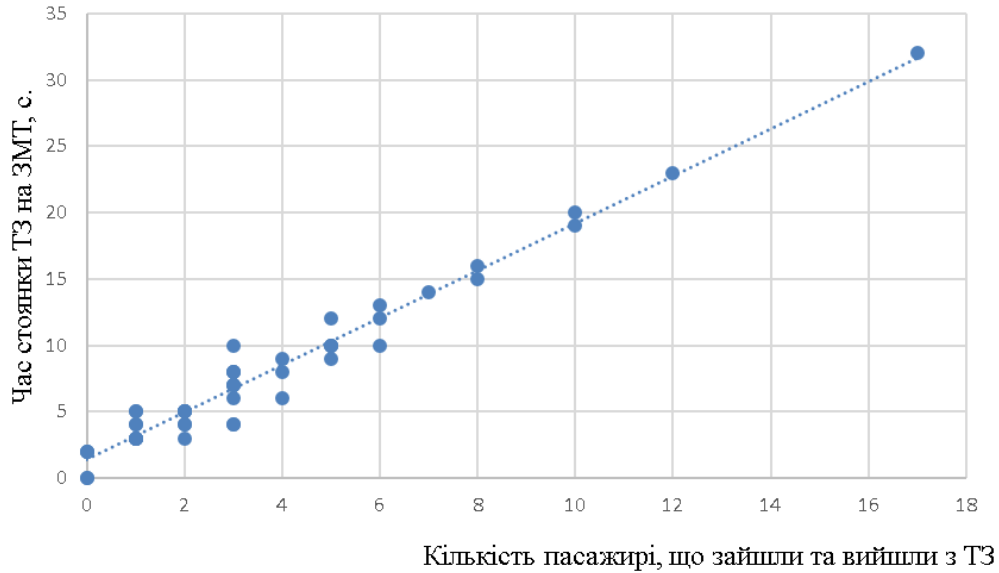


Рис. 3.15. Поле кореляції кількості пасажирів, які входять та виходять з малого або середнього автобуса (маршрутного таксі), до часу стоянки його на ЗМТ

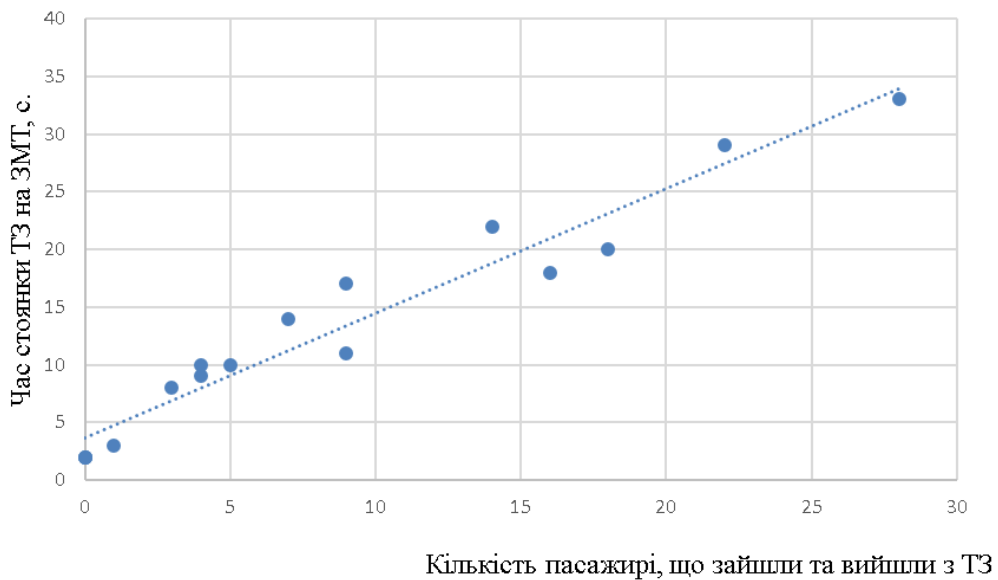


Рис. 3.16. Поле кореляції кількості пасажирів, які входять та виходять з великого або дуже великого автобуса, до часу стоянки його на ЗМТ

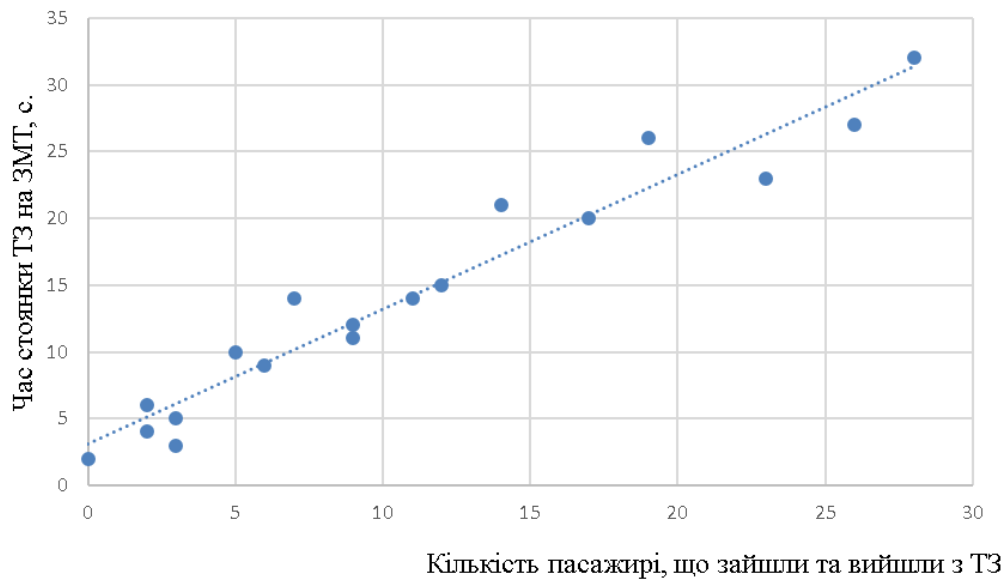


Рис. 3.17. Поле кореляції кількості пасажирів, які входять та виходять з тролейбусу до часу стоянки його на ЗМТ

З виконаного регресійного аналізу видно, що існує лінійна залежність між часом стоянки транспортного засобу на зупинці та кількістю пасажирів, які входять та виходять з автобуса чи тролейбуса (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Регресійні моделі між часом стоянки транспортного засобу на зупинці та кількості пасажирів, які входять та виходять

Тип пасажирського транспортного засобу	Регресійна модель	Коефіцієнт детермінації, R^2
Автобус малий та середній	$t_{ст} = 1,7839N_{пас} + 1,3467$	0,9631
Автобус великий та дуже великий	$t_{ст} = 1,079N_{пас} + 3,685$	0,9432
Тролейбус	$t_{ст} = 1,0098N_{пас} + 3,3115$	0,9423

За отриманими значеннями коефіцієнту детермінації можна стверджувати, що 94-96% варіації часу стоянки пасажирського транспорту на зупинці можна пояснити кількістю людей, які входять і виходять з транспортного засобу. Це свідчить про дуже високий рівень кореляції між часом стоянки та кількістю пасажирів.

Однак, хоча існує значний лінійний зв'язок (див. табл. 3.6) між часом стоянки на зупинці та кількістю пасажирів, які входять і виходять, не можна ігнорувати й інші важливі фактори, що впливають на час стоянки тролейбусів або автобусів на зупинці. До таких факторів відносяться: наповненість салону маршрутного транспортного засобу та інтервал руху за відповідним маршрутом або напрямом.

Такий фактор впливу, як інтервал руху між маршрутним транспортом, немає суттєвої дії на час очікування пасажирями транспортних засобів. Це підтверджується відсутністю існування кореляційного зв'язку.

У нашому випадку ми не враховували вплив наповнюваності салону на витрати часу щодо входу та виходу пасажирів. Використовували усереднені показники, які дозволили отримати відповідні регресійні рівняння (табл. 3.6). На нашу думку, є виправданим, оскільки під час спостережень було зафіксовано, що навіть на одному маршруті протягом одного періоду часу можуть курсувати транспортні засоби з різною кількістю пасажирів. Це значно ускладнило б врахування цього фактору для подальших розрахунків, зокрема визначення часу на вхід і вихід пасажирів.

Однак для точнішого визначення часу очікування пасажирів на зупинці завантаженість салону є суттєвим фактором. Аналіз отриманих експериментальних даних підтверджує важливість цього показника, оскільки він може значно вплинути на загальний час перебування транспортного засобу на зупинці.

Для цього, спочатку потрібно проаналізувати коли саме водій пасажирського транспорту, після закінчення процесу виходу та входу пасажирів, залишається стояти на місці з відчиненими дверима, очікуючи ще пасажирів, які можуть підійти найближчим часом та скористатися послугою цього маршруту. Витрати часу на очікування пасажирським транспортним засобом на зупинці – це фактично проміжок часу, який визначається після закінчення одночасного входу пасажирів, які перебували на зупинці, в транспортний засіб до закриття дверей та початку моменту руху ТЗ. Як

показали результати проведених спостережень, дуже часто цей час перевищує суму всіх інших затримок разом взятих.

Можна зазначити, що факт додаткової стоянки та очікування пасажирів на зупинці планується та встановлюється самим водієм. За результатами спостережень були встановлені фактори (чинники), які саме впливають на час очікування пасажирів транспортними засобами на зупинці.

До таких факторів можна віднести:

- ✓ наповненість пасажирами салону транспортного засобу;
- ✓ інтервал руху між пасажирським транспортом одного маршруту;
- ✓ під'їзд пасажирського транспортного засобу, який дублює маршрут;
- ✓ організація системи оплати проїзду пасажирами;
- ✓ інтенсивність підходу пасажирів;
- ✓ вирівнювання інтервалу руху між транспортними засобами одного маршруту;
- ✓ індивідуальна особливість водія пасажирського транспорту;
- ✓ незадоволення пасажирів у тривалому очікуванні (стоянка ПТЗ).

Виділені вище фактори та причини, які впливають на час очікування пасажирів, у більшій мірі є випадковою величиною, на яку впливає людський фактор. І тому, вони фактично не мають закономірностей впливу, крім фактору – наповнення пасажирами салону транспортного засобу. Тому взявши за основу результати проведеного дослідження (див. Додаток Г) було побудоване поле кореляції наповнення салону пасажирського транспорту та часу очікування пасажирів на зупинці рис. 3.18.

В результаті чого отримана залежність, яка має вигляд:

$$t_{\text{очік}} = 0,0094H_{\text{ТЗ}}^2 - 1,7161H_{\text{ТЗ}} + 80,91 \quad (3.6)$$

де $t_{\text{очік}}$ – час очікування пасажирів (стоянка ПТЗ) на зупинці, с.;
 $H_{\text{ТЗ}}$ – наповненість салону транспортного засобу пасажирами, %.

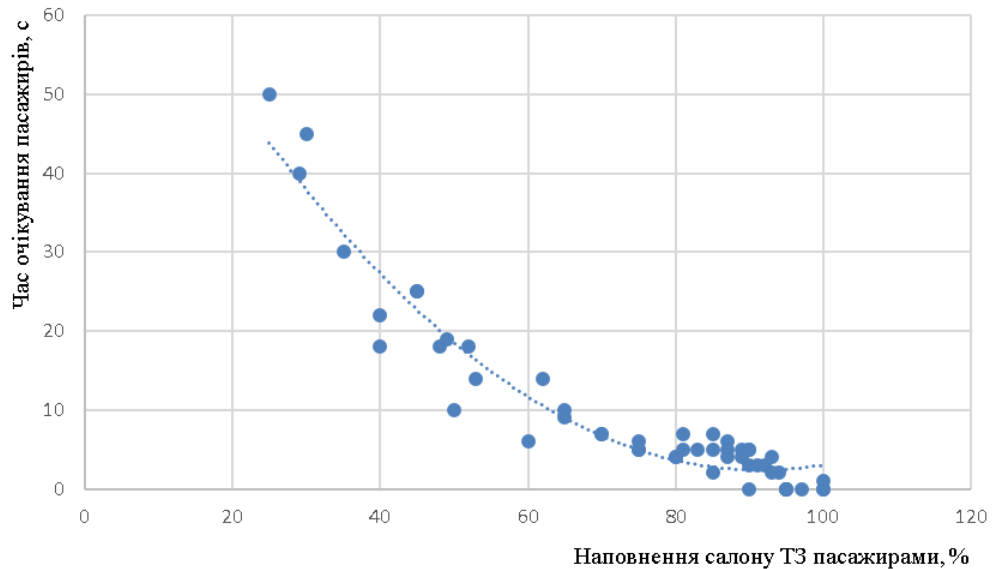


Рис. 3.18. Поле кореляції наповнення салону пасажирського транспорту та часу очікування пасажирів (стоянки ПТЗ) на зупинці

Це модель вказує на високий ступінь зв'язку, який існує між наповнення салону пасажирями та часом, який витрачається на очікування пасажирів на зупинці. Це підтверджується коефіцієнтом детермінації $R^2=0,9257$.

Визначення витрат часу, які спричинені перешкодами між пішохідним рухом по тротуару в зоні зупинки та рухом пасажирів на зупинці, здійснюється шляхом дослідження місця розміщення павільйону зупинки по відношенню до місця посадки пасажирів. Відповідне дослідження нами буде виконано у 4 розділі даної роботи.

Перераховані фактори дають можливість визначити загальний час перебування пасажирського транспорту на зупинці та дозволяють встановити вплив пасажирського транспорту на рух транспортного потоку на відповідній ділянці вулиці з доцільним прийняттям інженерно-планувальних рішень ЗМТ.

Висновки до розділу 3

Інтенсивний рух пасажирського громадського транспорту, особливо при виконанні маневрів заїзду та виїзду або стоянки на зупинці маршрутного транспорту, призводить до поперечного ущільнення та зменшення дистанції

між транспортними засобами на першій та другій смугах руху. Це викликає змушений перерозподіл транспортних засобів на відповідній ділянці вулиці і зменшує її пропускну спроможність. Тому при проектуванні та розробці заходів з організації дорожнього руху на міських вулицях обов'язково необхідно враховувати пропускну спроможність розміщених на них зупинок маршрутного транспорту.

Улаштування заїзної кишені на зупинці маршрутного транспорту є доцільним на магістральних вулицях, які мають одну, дві або три смуги руху в одному напрямку. Заїзна кишеня дозволяє збільшити пропускну спроможність першої смуги руху на 15-20% на таких вулицях.

Проте на пропускну спроможність самої зупинки впливають не тільки наявність чи відсутність кишені, а й особливості її функціонування. Важливим є можливість автобуса виконувати маневр об'їзду іншого пасажирського транспорту, що стоїть попереду.

Розміщення більше ніж чотирьох місць для стоянки на зупинці маршрутного транспорту є малоефективним рішенням. Це призводить до збільшення часових витрат через конфліктність між пасажирськими транспортними засобами.

Для визначення пропускну спроможності зупинки маршрутного транспорту необхідно враховувати такі фактори: час, витрачений на конфліктність між транспортними засобами під час їхнього одночасного перебування на зупинці; час заїзду транспортного засобу на зупинку; час на відкриття дверей; час для виходу та входу пасажирів; час очікування пасажирів (стоянка транспортного засобу); час на закриття дверей; час виїзду із зупинки.

Отримані в результаті проведеного дослідження регресійні рівняння вказують на наявність тісного зв'язку між деякими величинами та параметрами. Це дозволяє виконати розрахунки та зробити прогноз можливих ситуацій, які можуть бути спричинені умовами обслуговування пасажирів на зупинці маршрутного транспорту.

РОЗДІЛ 4

УДОСКОНАЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ МІСЬКИХ ЗУПИНОК МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ

4.1 Визначення розрахункових параметрів довжини зупинкового майданчика

Як уже зазначено в цій роботі, на пропускну спроможність міських магістральних вулиць і доріг значний вплив мають параметри зупинок маршрутного транспорту, пасажиропотік, інтенсивність руху громадського пасажирського транспорту та кількість маршрутів, що проходять через відповідну зупинку. З попередніх розділів відомо, що зупинка маршрутного транспорту має суттєвий вплив на всі транспортні засоби, які рухаються вздовж відповідної вулиці. Зона впливу зупинки маршрутного пасажирського транспорту на проїзну частину міської вулиці максимально складає 400 метрів [108]. Довжина зони впливу залежить від постійних показників, а саме, від геометричних параметрів самого майданчика на зупинці маршрутного транспорту, та змінних показників, які розглядалися в розділі 3, таких як збільшення часових витрат на обслуговування пасажирів, час стоянки пасажирського транспорту на зупинці, інтенсивність його руху та витрати часу внаслідок можливих конфліктів між транспортними засобами, як на самій зупинці, так і в транспортному потоці.

Збільшення часових витрат на обслуговування пасажирів, стоянку, заїзд і виїзд пасажирського транспорту значною мірою спричинено неефективним використанням місць для стоянки пасажирського транспорту на самій зупинці (див. табл. 3.2).

Необхідно зазначити, що неефективне використання місць стоянки маршрутного транспорту при обслуговуванні пасажирів значною мірою зумовлене геометричною різноманітністю пасажирського транспорту, що

значно впливає та призводить до збільшення витрат часу при виконанні маневру заїзду, виїзду та визначення місця для стоянки на самій зупинці.

При проєктуванні зупинок маршрутного транспорту на міських вулицях необхідно враховувати технічні характеристики та розміри пасажирських транспортних засобів (автобуси малого, середнього, великого та дуже великого класу), які обслуговують пасажирів на зупинках.

За результатами проведеного нами обстеження було здійснено розподіл зупинок маршрутного транспорту в місті Києві залежно від виду пасажирського транспорту, який саме зупиняється на зупинці (див. табл. 1.3). Під час проведення дослідження ефективність використання місць була визначена шляхом аналізу залежності часу відправлення автобуса від інтенсивності потоку по крайній правій смузі, номінальної місткості та коефіцієнта, який враховує факт маневрування з метою об'їзду транспортного засобу, що стоїть попереду [108].

Таким чином, необхідно розглянути умови роботи зупинок маршрутного транспорту за наявності різних видів рухомого складу. Це дозволяє визначити закономірності витрат часу, а також врахувати вплив площі статичного та динамічного габаритів пасажирського транспортного засобу на інженерно-планувальні рішення зупинки громадського транспорту.

Для визначення площі динамічного габариту користуємося формулою [35]:

$$\delta = b(l + t_p v + cv^2 + a), \quad (4.1)$$

де b – ширина, необхідна для руху пасажирського транспорту, м; l – довжина пасажирського транспортного засобу, м; t_p – час реакції водія, с; c – коефіцієнт гальмування, який залежить від системи гальмів, їхнього стану та тертя шин з поверхнею проїзної частини; a – інтервал безпеки між двома транспортними засобами, м; v – швидкість руху транспортного засобу, м/с.

Площа статичного габариту пасажирського маршрутного транспортного засобу визначається із врахуванням розмірів самого транспортного засобу та необхідного інтервалу безпеки між двома транспортними засобами.

При сучасних підходах до проектування зупинок маршрутного транспорту на вулицях великих і найбільших міст необхідно враховувати не лише пропускну спроможність зупинок, інтенсивність руху, час перебування транспортного засобу на зупинці, а й вид пасажирського транспортного засобу та його площу статичного габариту (рис. 4.1).

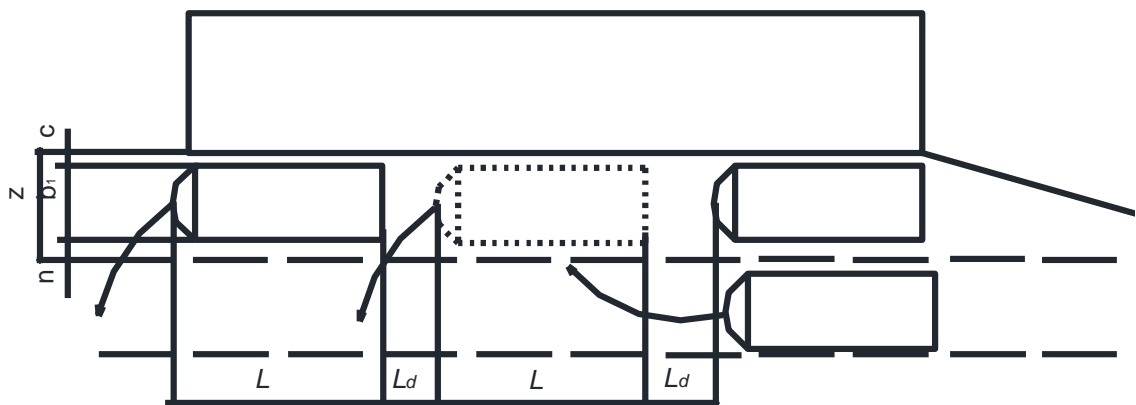


Рис. 4.1. Схема розміщення транспортних засобів на зупинці

Площу статичного габариту можна визначити за формулою:

$$s_g = z(l + l_d), \quad (4.2)$$

де z – ширина, необхідна для стоянки пасажирського транспорту на зупинці маршрутного транспорту, м; l – довжина пасажирського транспортного засобу, м; l_d – відстань між двома пасажирськими транспортними засобами на стоянці, м.

Як уже зазначено в попередніх розділах роботи, на зупинці одночасно можуть перебувати декілька пасажирських транспортних засобів. При цьому вони можуть мати різний габарит довжини та різні інтервали між ними, що залежать від умов їх маневрування з урахуванням потрібного зазору безпеки.

У ГБН В.2.3-37641918-550:2018 [8] зазначено, що при проектуванні зупинки повинні обов'язково враховуватися клас і тип маршрутного транспортного засобу з найбільшими параметрами. Розглянемо, як саме можна

визначити маршрутний транспортний засіб найбільших параметрів, який зупинятиметься на відповідній зупинці.

У зв'язку з вищезазначеним, для вдосконалення вимог щодо проєктування зупинок маршрутного транспорту на вулицях населених пунктів виникає необхідність введення поняття «розрахунковий пасажирський транспортний засіб» (РПТЗ) [108]. Розрахунковий пасажирський транспортний засіб – це транспортний засіб, розміри та динамічні якості якого застосовуються при проєктуванні зупинок маршрутного транспорту.

Найвний пасажирський вуличний транспорт, який здійснює обслуговування пасажирів у містах, залежно від моделі автобусів і тролейбусів (табл. 4.1 та табл. 4.2), має свою довжину та ширину.

Таблиця 4.1

Довжина та ширина автобусів залежно від їхньої моделі

Клас автобусів	Модель автобуса	Довжина, м	Ширина, м
середнього та малого класу	Богдан - А-092	7,4	2,39
	Богдан – А221.12	8,21	2,3
	Богдан - 144.5	9,6	2,5
великого класу	ЛАЗ - 52527	11,4	2,5
	МАЗ 103-060	12,0	2,5
	ЛАЗ А-183D1	12,0	2,5
	МАЗ 203-065	12,0	2,5
	ЛАЗ А-191 F0	13,2	2,5
особливо великого класу	Богдан - А-231	14,6	2,5
	Маз107467	15,0	2,5
	ЛАЗ А-291	17,2	2,5
	МАЗ 105	18,0	2,5
	ЛАЗ А-292 D1	18,75	2,5

Довжина та ширина тролейбусів залежно від їхньої моделі

Клас тролейбуса	Модель тролейбуса	Довжина, м	Ширина, м
великого класу	К12.04	11,5	2,5
	Skoda 14 TP	11,3	2,5
	ЛАЗ Е-183D1	12,0	2,5
	МАЗ 103 Т	12,0	2,5
	Е-186	12,0	2,5
	Т70110	12,0	2,5
	ПМЗ Т2	12,1	2,5
особливо великого класу	Тролейбус Е-231	15,0	2,5
	Skoda 15 TP	17,7	2,5
	К 12.03	18,2	2,5
	ЛАЗ Е-301D1	18,75	2,5
	Т90110	18,75	2,5

Для обґрунтування розмірів «розрахункового пасажирського транспортного засобу» було проведено спостереження та зібрано дані щодо роботи зупинок маршрутного транспорту в місті Києві. Для обстеження були вибрані зупинки, які обслуговують більше п'ятнадцяти маршрутів.

Отримані дані було опрацьовано методом математичної статистики, після чого було визначено накопичену частоту розподілу (табл. 4.3 і табл. 4.4).

Відповідно до рис. 4.2, довжина міських автобусів при 75%-му забезпеченні становить 9,3 м, а при 95%-му забезпеченні – 16,5 м. Ширина майже всіх автобусів однакова і складає 2,5 м.

На рис. 4.3 показано, що довжина міських тролейбусів при 95%-му забезпеченні становить 18,1 м. Ширина всіх тролейбусів однакова і складає 2,5 м.

Таблиця 4.3

Результати обробки дослідження довжини автобусів

Згрупована довжина автобусів, м	Частота	Частість, %	Накопичена частість, %
7,4-8,8	1104	56,6	56,6
8,9-10,3	336	17,2	73,8
10,4-11,7	48	2,5	76,2
11,8-13,1	160	8,2	84,4
13,2-14,5	64	3,3	87,7
14,6-16,0	112	5,7	93,4
16,1-17,4	48	2,5	95,9
17,5-18,8	80	4,1	100,0
Сума	1952	100,0	

Таблиця 4.4

Результати обробки дослідження довжини тролейбусів

Згрупована довжина тролейбусів, м	Частота	Частість, %	Накопичена частість, %
11,3-12,4	64	13,8	13,8
12,5-13,4	0	0	13,8
13,5-14,5	0	0	13,8
14,6-15,6	0	0	13,8
15,7-16,7	0	0	13,8
16,8-17,7	112	24,1	37,9
17,8-18,8	288	62,1	100
Сума	464	100	

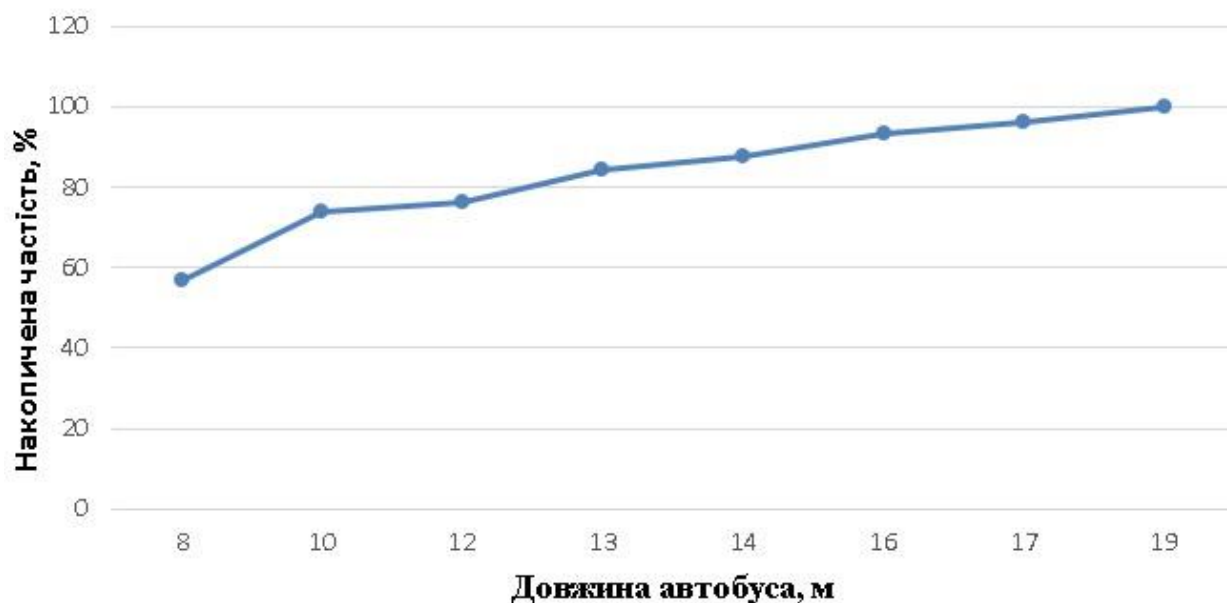


Рис. 4.2. Кумулятивна крива довжини міських автобусів



Рис.4.3. Кумулятивна крива довжини тролейбусів

Дуже важливим показником при визначенні площі статичного габариту на зупинках маршрутного транспорту є інтервал між двома транспортними засобами, які стоять на зупинці. За результатами проведених спостережень були зібрані дані щодо відстані між двома пасажирськими транспортними засобами, які перебувають на зупинці маршрутного транспорту і здійснюють посадку та висадку пасажирів. Отримані дані також були опрацьовані методом математичної статистики, після чого було визначено накопичену частоту розподілу (табл. 4.5) та побудовано кумулятивну криву (рис. 4.4).

Таблиця 4.5

Результати обробки дослідження відстані між двома пасажирськими транспортними засобами, які перебувають на зупинці

Згрупована відстань між пасажирським транспортом, м	Частота	Частість, %	Накопичена частість, %
1,0-1,1	24	12	12
1,2-1,3	26	13	25
1,4-1,5	50	25	50
1,6-1,7	52	26	76
1,8-1,9	28	14	90
2,0-2,1	20	10	100
Сума	200	100	

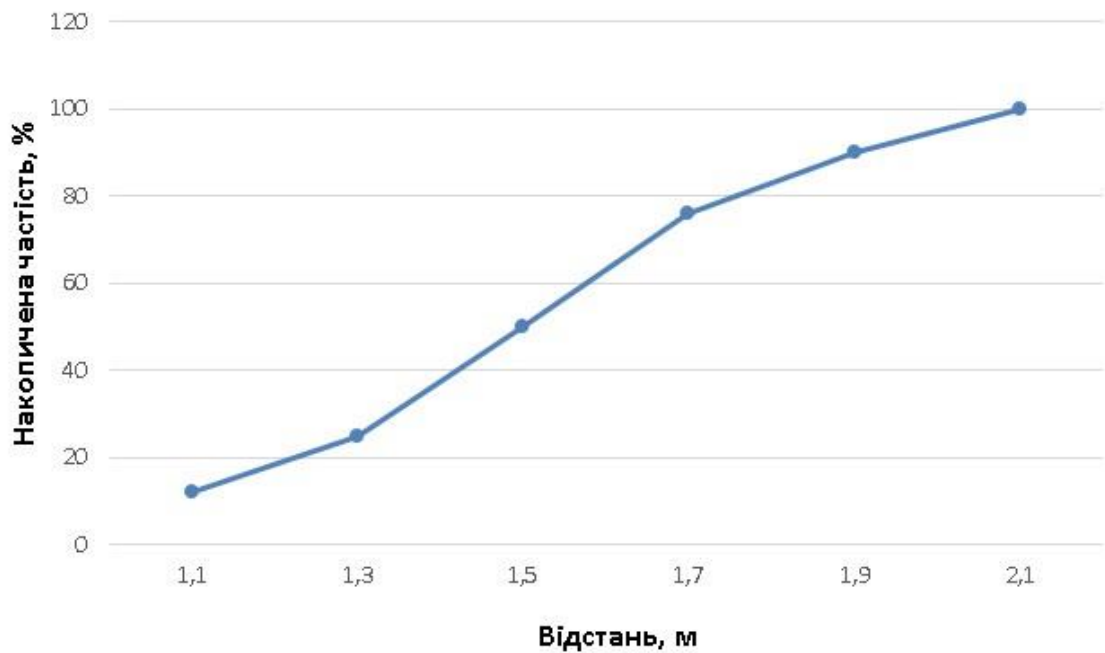


Рис.4.4. Кумулятивна крива розподілу відстані між двома пасажирськими транспортними засобами, які перебувають на зупинці

Під час визначення розподілу відстані між двома пасажирськими транспортними засобами, які перебувають на зупинці, побудова кумулятивної кривої дозволяє оцінити, яку відстань потрібно забезпечити для безпеки між транспортними засобами на зупинці, а також визначити оптимальні розміри майданчика для посадки пасажирів і місця для зупинки маршрутних транспортних засобів. Отримане значення 95%-ї забезпеченості відстані між двома пасажирськими транспортними засобами, які перебувають на зупинці (рис. 4.4), становить максимальну прийнятну відстань і складає в нашому дослідженні 1,65 м.

Виходячи з викладеного матеріалу у відповідному пункті дисертаційного дослідження, можна зробити висновок, що для будь-якого населеного пункту, на основі проведених обстежень, можна визначити розміри розрахункового пасажирського транспортного засобу, що є необхідним для визначення розміру зупинкового майданчика.

При проектуванні зупинок маршрутного транспорту необхідно враховувати довжину та ширину пасажирського транспорту, оскільки вони мають важливе значення і дозволяють визначити оптимальну площу

динамічних та статичних габаритів пасажирського транспортного засобу. Такий підхід дозволяє враховувати особливості розміщення транспортних засобів на зупинках маршрутного транспорту залежно від умов їхнього функціонування. Це допоможе оптимізувати параметри місць висадки та посадки пасажирів, а також місця стоянки пасажирського транспорту, що, у свою чергу, зменшить час перебування транспортного засобу на зупинці.

4.2 Визначення місця розміщення павільйону зупинки маршрутного пасажирського транспорту

Як уже зазначалося в цій дисертаційній роботі, одним із факторів, який призводить до неефективного використання довжини посадкового майданчика на зупинці маршрутного транспорту, є взаємні перешкоди, що виникають між пасажирами транспортного засобу, які здійснюють посадку-висадку або підхід до нього, та рухом пішоходів, що переміщуються вздовж вулиці по тротуару через ЗМТ (рис. 2.5).

За результатами проведеного дослідження в пункті 2.3 можна зазначити, що одним із чинників, який призводить до збільшення конфліктних ситуацій між пасажирами та пішоходами, є місце розташування павільйону на самій зупинці.

У процесі спостережень було виявлено, що в більшості випадків, коли на зупинці відсутні транспортні засоби, водій, який під'їжджає, зупиняє свій автобус навпроти павільйону, незалежно від того, де він розміщений: на початку, в середині чи наприкінці зупинкового майданчика. Пасажирський транспортний засіб, який першим прибуває на зупинку, завжди намагається зайняти найбільш вигідне положення для себе, саме навпроти павільйону. Це зумовлено тим, що більшість пасажирів, які очікують на свій маршрутний транспорт, перебувають у самому павільйоні або поруч з ним. Очевидно, що водій прагне покращити якість надання послуг пасажиром, мінімізуючи відстань для їхнього переміщення на зупинці.

На зупинках маршрутного транспорту, де павільйон зміщений на початок і відсутня кишеня для заїзду, часто виникає ситуація, коли транспортний засіб, що зупинився першим, створює чергу для інших транспортних засобів, які під'їхали відразу за ним, навіть якщо є вільне місце перед ним. У результаті часто спостерігається ситуація, коли пасажирський транспорт, що під'їхав пізніше, змушений чекати звільнення зупинки (рис. 4.5). Це призводить до зменшення пропускної спроможності самої зупинки та збільшення часу, який пасажир витрачають на підхід до автобуса та відхід від нього.

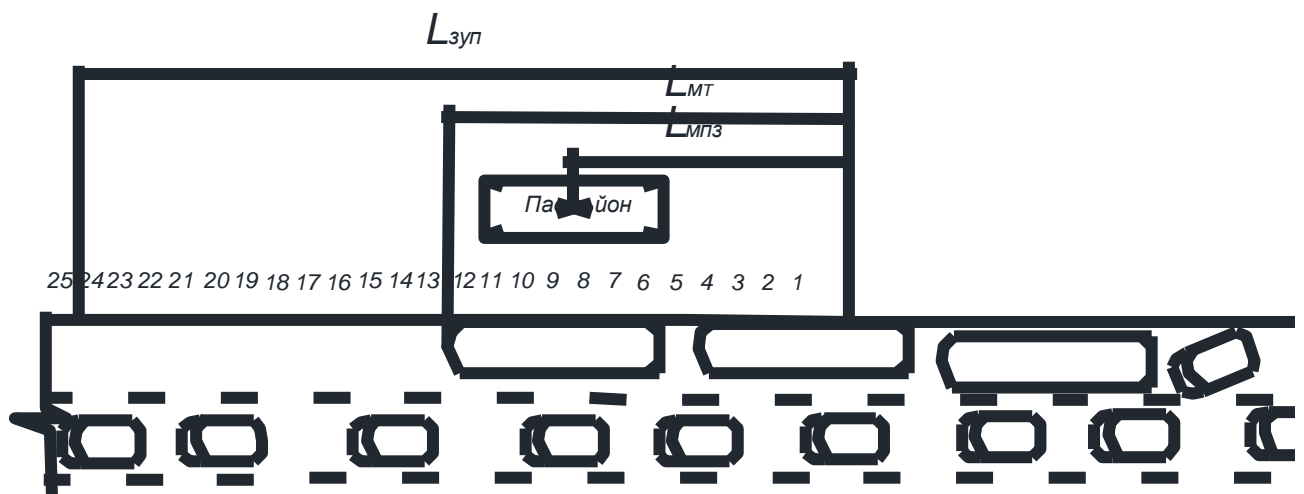


Рис. 4.5. Розміщення павільйону на зупинці маршрутного транспорту

Проведений нами експеримент був спрямований на встановлення місця (точки) зупинки пасажирського транспортного засобу (L_{MT}) відповідно до місця розташування павільйону ($L_{МПЗ}$) на ЗМТ. Місце розташування павільйону визначалося як відстань від початку зупинки до середини павільйону. Точка зупинки пасажирського транспортного засобу визначалася як відстань від початку зупинки до переднього бампера автобуса або тролейбуса.

Результати проведеного експерименту щодо впливу місця розташування павільйону зупинки на точку зупинки пасажирського транспортного засобу підтвердили, що між цими показниками існує тісний лінійний зв'язок (рис. 4.6). Це підтверджується отриманим коефіцієнтом детермінації, який має

значення 0,8962. На основі отриманих результатів була побудована відповідна залежність.

$$L_{mt} = 0,8262L_{mz} + 1,1723, \quad (4.3)$$

де L_{mz} – місце розміщення павільйону на зупинці маршрутного транспорту, м;

L_{mt} – точка зупинки маршрутного пасажирського транспортного засобу, м.

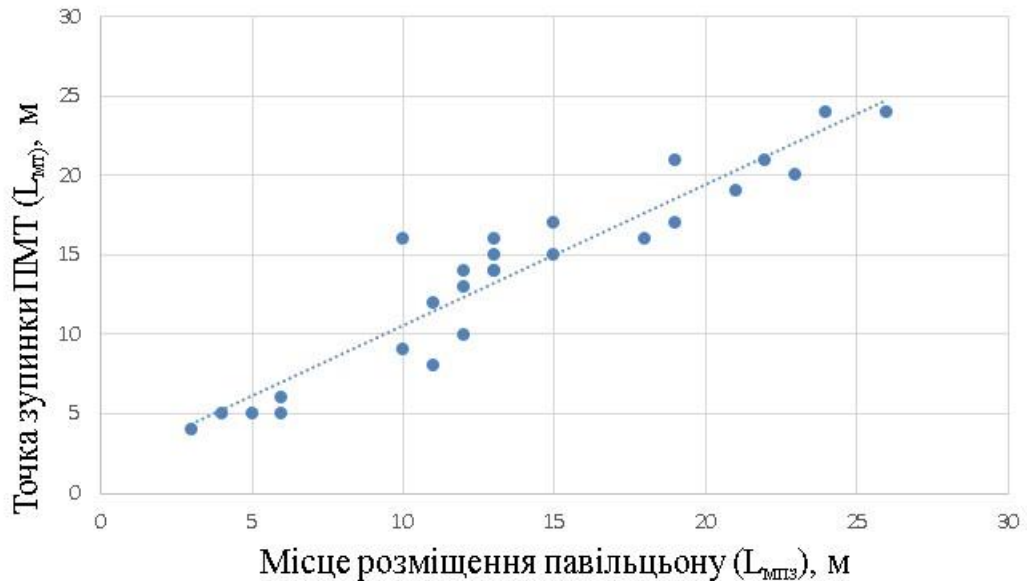


Рис. 4.6. Залежність точки зупинки пасажирського транспортного засобу від місця розміщення павільйону

Розміщення павільйону на початку або в середині зупинки маршрутного транспорту впливає на ефективність її роботи, що призводить до не повного використання частини довжини зупинкового майданчика. Для забезпечення ефективного використання всієї довжини зупинкового майданчика рекомендується розміщувати павільйон на відстані 3/4 від початку зупинкового майданчика.

4.3 Рекомендації з проєктування зупинок маршрутного транспорту на міських вулицях

Розробка рекомендацій з проєктування зупинок маршрутного транспорту полягає у визначенні її геометричних параметрів з урахуванням основних чинників, що впливають на ефективність її функціонування. Як було зазначено в пункті 1.4, основними планувальними елементами зупинки маршрутного транспорту є її зупинковий та посадковий майданчики. Тому основним завданням інженерно-планувальної організації зупинки маршрутного транспорту є визначення оптимальних розмірів саме цих майданчиків.

Проведені нами теоретичні та експериментальні дослідження підтверджують, що довжину посадкового майданчика розраховувати не потрібно. Його довжина повинна відповідати довжині зупинкового майданчика, тобто довжина посадкового майданчика завжди дорівнює довжині зупинкового майданчика. Відповідно до вимог ДБН [16], необхідно визначити тільки ширину посадкового майданчика. Як було зазначено в пункті 1.3, ширина посадкового майданчика повинна визначатися залежно від пасажирообігу на зупинці та часу очікування пасажирів маршрутних транспортних засобів. Головним показником для визначення ширини посадкового майданчика є розрахункова щільність пасажирів на зупинці маршрутного транспорту, яка відповідно до існуючих норм складає 2 особ/м^2 [16].

Отже, основним показником, який має суттєвий вплив на визначення оптимальних розмірів при проєктуванні міських зупинок маршрутного транспорту, є довжина зупинкового майданчика. Саме така довжина буде ефективно використовуватися за відповідних умов функціонування зупинки маршрутного транспорту.

Щодо забезпечення умов ефективного функціонування зупинки маршрутного транспорту, ці питання були розглянуті та обґрунтовані раніше в даній дисертаційній роботі. Зокрема, до таких умов належать:

- вимоги до проєктування заїзної кишені на міських вулицях. Для міських вулиць, які мають одну, дві або три смуги руху в одному напрямку, при інтенсивності руху транспорту по крайній правій смузі більше 400 авт/год та при інтенсивності руху маршрутного транспорту від 17 од/год до 71 од/год рекомендується влаштовувати заїзну кишеню;

- кількість місць для стоянки пасажирського транспорту повинна становити не більше 3 при відсутності заїзної кишені та не більше 4 за наявності.;

- оптимальна відстань розміщення павільйону на зупинці маршрутного транспорту повинна складати 3/4 довжини посадкового майданчика, відлік якої починається від початку зупинкового майданчика..

Враховуючи відповідні вимоги та маючи необхідні розрахункові параметри, можна визначити ефективну довжину зупинкового майданчика для пасажирських транспортних засобів одного виду:

$$L_{\text{еф.зуп}} = M_m \times l_{\text{рпгз}} + l_d \times (M_m - 1), \quad (4.4)$$

де $L_{\text{еф.зуп}}$ – ефективна довжина зупинкового майданчика на міській зупинці маршрутного транспорту, м; M_m – число місць на зупинці для одночасного обслуговування маршрутного транспорту, од; $l_{\text{рпгз}}$ – довжина розрахункового пасажирського транспортного засобу, м; l_d – відстань між двома пасажирськими транспортними засобами під час їхньої стоянки, м.

Відповідні розрахунки також можна виконати враховуючи умови, що зупинка маршрутного транспорту буде обслуговувати пасажирський транспорт різних видів. Тоді потрібно користуватися формулою:

$$L_{\text{еф.зуп}} = M_m \times \frac{\sum l_{\text{рпгз},i}}{n} + l_d \times (M_m - 1), \quad (4.5)$$

де $l_{\text{рпгз},i}$ – довжина розрахункового пасажирського транспортного засобу, що входить у i -ту комбінацію, м; n – кількість можливих видів пасажирських транспортних засобів, які обслуговує одна зупинка, од; M_m – число місць на зупинці для одночасного обслуговування маршрутного транспорту, од.

Як видно з наведених формул (4.4 та 4.5), одним з основних показників, що дозволяє визначити ефективну довжину зупинкового майданчика, є кількість місць для стоянки, які повинні бути передбачені та запроєктовані на зупинці маршрутного транспорту.

Виходячи з отриманих результатів у даній дисертаційній роботі, слід зазначити, що визначення кількості місць для стоянки транспортних засобів на зупинці є складним завданням, оскільки воно повинно враховувати різноманітні фактори, такі як кількість пасажирів, інтенсивність руху пасажирського транспорту, кількість маршрутів, наявність відповідної території та різноманітність видів пасажирського транспорту, що обслуговує відповідну зупинку. Основним показником є обсяг пасажирського потоку, який обслуговує зупинку. Аналіз даних про кількість пасажирів у різні години доби та дні тижня дозволяє визначити середній показник пасажирообігу на зупинці.

За результатами проведених досліджень можна оцінити витрати часу пасажирським транспортом на зупинках, які спричинені взаємними перешкодами, та визначити кількість місць для стоянки транспортних засобів, що відповідає піковим часам перевезення пасажирів. Це дозволяє прогнозувати необхідну кількість пасажирських транспортних засобів, які повинні зупинятися протягом години на відповідній зупинці, щоб забезпечити якісне обслуговування пасажирів.

Крім того, слід враховувати вплив транспортного потоку на пропускну спроможність зупинки. Дослідження показали, що існує пряма залежність між обсягом транспортного потоку та необхідною кількістю місць для стоянки. Виходячи з результатів, отриманих у розділі 3 даної дисертаційної роботи, можна визначити оптимальну кількість місць для стоянки пасажирського транспорту, яку слід запроєктувати на зупинці, враховуючи її індивідуальні та функціональні особливості.

Звідси,

$$M_m = \frac{N_{\text{мтз}} \times t_{\text{заг.вит}}}{3600}, \quad (4.6)$$

де M_m – число місць на зупинці для одночасного обслуговування маршрутного транспорту, од; $N_{\text{МТЗ}}$ – інтенсивність руху пасажирського транспорту через зупинку маршрутного транспорту, од/год; $t_{\text{заг.вит}}$ – середній показник загальний витрат часу на перебування пасажирського транспортного засобу на ЗМТ, с;

Тоді

$$t_{\text{заг.вит}} = t_n + t_{\text{вд}} + t_{\text{зд}} + t_o + t_{\text{ст}} + t_{\text{конф}} + t_{\text{очік}}, \quad (4.7)$$

- де t_n – час, який витрачається ПТЗ на заїзд до зупинкового майданчика, с; $t_{\text{вд}}$ – час затрачений на відчинення дверей, с; $t_{\text{зд}}$ – час затрачений на зачинення дверей, с; t_o – час, який витрачається на від'їзд від зупинки, с; $t_{\text{ст}}$ – час стоянки транспортного засобу на ЗМТ витрачений на вхід та вихід пасажирів, с; $t_{\text{конф}}$ – втрати часу пасажирським транспортом (час простою), які спричинені конфліктністю між ними, с; $t_{\text{очік}}$ – час очікування пасажирів на зупинці, с.

Ширина зупинкового майданчика, як уже зазначалося в пункті 1.3, відповідно до ДБНУ [17], повинна бути не менше ніж 3 м.

При проектуванні заїзної кишені довжина перехідної ділянки на в'їзд до зупинки необхідно приймати не менше 20 метрів, а на виїзд – не менше 15 м [17].

На основі проведеного аналізу та виконаних розрахунків можна визначити оптимальну довжину зупинкового майданчика для кожної зупинки маршрутного транспорту. Розміри зупинкового майданчика повинні бути адаптовані під конкретні потреби кожної зупинки індивідуально з урахуванням пасажирських потоків та інтенсивності руху пасажирського транспорту.

4.4 Оцінка ефективності інженерно-планувальної організації міських зупинок маршрутного транспорту

Міські зупинки маршрутного транспорту є одним із основних елементів вулично-дорожньої мережі та міської транспортної інфраструктури, який

впливає на комфорт та зручність користування громадським транспортом. Оптимальна інженерно-планувальна організація цих зупинок є важливим завданням для збереження ефективного функціонування системи транспорту всього міста. Тому у нашій роботі доцільно провести оцінку ефективності інженерно-планувальної організації міських зупинок маршрутного транспорту з метою вдосконалення умов функціонування міської магістральної вуличної мережі та підвищення задоволеності й комфортності користувачів громадським транспортом.

Для оцінки ефективності інженерно-планувальної організації міських зупинок маршрутного транспорту потрібно використовувати комплексний підхід, який включає в себе аналіз різних аспектів:

- оцінка обсягу пасажирського потоку на зупинках у різні години доби та різні дні тижня;
- аналіз часу очікування пасажирів на зупинках та визначення впливу різних факторів на цей показник;
- оцінка пропускнуої спроможності, яка базується на визначенні максимальної кількості місць стоянки пасажирських транспортних засобів на зупинках з урахуванням величини транспортного потоку, що рухається на даній ділянці вулиці.

Для здійснення такого аналізу розглянемо наступні критерії:

- час очікування пасажирів. Його можна виміряти середнім часом очікування пасажирів на зупинці до прибуття транспортного засобу.
- час перебування транспорту на зупинці. Це середній час, який транспортний засіб проводить на зупинці, включаючи час посадки та висадки пасажирів.
- кількість пасажирів, що користуються зупинкою. Цей показник може вказувати на привабливість зупинки пасажирами та динаміку змін у залежності від часу доби.
- прибуття транспорту відповідно до графіку. Оцінка того, наскільки точно транспортні засоби прибувають на зупинку згідно з розкладом.

➤ використання простору зупинки. Аналіз того, наскільки ефективно використовується простір зупинки для розміщення пасажирів і організації руху транспорту.

➤ задоволеність пасажирів. Оцінка задоволеності пасажирів обслуговуванням на зупинці проводиться за допомогою опитування або збору відгуків.

Впровадження результатів з удосконалення інженерно-планувальних рішень зупинок маршрутного транспорту призведе до отримання соціально-економічного ефекту, який полягатиме у зменшенні часових витрат роботи міського пасажирського транспорту, а також витрат часу самими пасажирами, які ним користуються.

Зважаючи на великий обсяг роботи, яку потрібно виконати для визначення ефективності інженерно-планувальної організації міських зупинок маршрутного транспорту, з урахуванням усіх факторів впливу, неможливо провести таку оцінку в повному обсязі. Це вимагало б проведення окремого наукового дослідження у вигляді нової дисертаційної роботи з економічних наук. Тому ми обмежимося лише ефектом, який можна отримати від зменшення витрат часу пасажирським транспортом і пасажирами, які ним користуються.

Для цього визначимо вартість оцінки від зменшення витрат часу пасажирами при користуванні вуличним громадським транспортом. Для проведення відповідного аналізу та визначення ефекту скористаємося методикою, наведеною у роботі [78].

$$B_{\text{іпо.зміт}} = N_{\text{пас}} \times \left(\frac{\Delta t}{3600}\right) \times m_{\text{ср}}, \quad (4.8)$$

де $B_{\text{іпо.зміт}}$ – ефект від впровадження інженерно-планувальної організації зупинки маршрутного транспорту, грн; $N_{\text{пас}}$ – кількість пасажирів громадського транспорту, маршрут руху яких проходив через ЗМТ, осіб/год; Δt – зниження середніх часових витрат, с; $m_{\text{ср}}$ – середня погодинна оплата праці за звітний період у відповідному населеному пункті, грн.

Визначення зниження середніх часових витрат можна здійснити як різницю між середніми часовими витратами після впровадження відповідних заходів та фактичними існуючими на даний час середніми часовими витратами:

$$\Delta t = t_{cp\text{ фак}} - t_{cp\text{ пер}}, \quad (4.9)$$

де $t_{cp\text{ фак}}$ – фактичні середні витрати часу одним пасажиром на зупинці маршрутного транспорту, с; $t_{cp\text{ пер}}$ – середні витрати часу після впровадження інженерно-планувальної організації на зупинці маршрутного транспорту, с.

Виконаний нами розрахунок економічного ефекту від впровадження заходів інженерно-планувальної організації зупинки маршрутного транспорту, на якій інтенсивність руху пасажирського транспорту становить $N_{MTЗ}=50$ од/год, показує, що економічний ефект у середньому складає 135 грн за одну годину, а за один рік – приблизно 590 тис. грн.

Впровадження ефективних заходів інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст є важливим кроком у покращенні якості роботи громадського транспорту та забезпеченні зручності й комфорту для пасажирів. У даній роботі були розглянуті різноманітні підходи до організації функціонування зупинок маршрутного транспорту. Застосування відповідних заходів сприяє покращенню руху транспорту, зменшенню заторів та затримок у русі, скороченню часу очікування пасажирів, а також підвищенню загального рівня комфорту транспортного обслуговування в місті. Ефективне планування зупинок маршрутного транспорту значно покращує умови обслуговування мешканців міста та робить громадський транспорт більш привабливим для користувачів.

Висновки до розділу 4

На основі результатів проведеного дослідження було рекомендовано враховувати технічні характеристики транспортних засобів під час

проектування зупинок маршрутного транспорту, зокрема статичні та динамічні габарити для оптимізації роботи зупинок і підвищення ефективності функціонування громадського транспорту.

Для визначення оптимальних розмірів зупинки маршрутного транспорту, на якій одночасно можуть перебувати декілька пасажирських транспортних засобів різних видів з певними інтервалами між ними, рекомендується ввести поняття «розрахунковий пасажирський транспортний засіб». Це дозволяє оптимізувати розміри та параметри зупинкового майданчика. Подальші дослідження в цьому напрямку можуть сприяти розвитку більш ефективних і зручних систем громадського транспорту, що, у свою чергу, покращить якість обслуговування та перевезення пасажирів.

Розташування павільйону суттєво впливає на місце зупинки першого транспортного засобу. В результаті дослідження була виявлена лінійна залежність між цими показниками, що дозволяє розробити модель для визначення оптимального місця розміщення павільйону на зупинці. Розміщення павільйону на початку або в середині зупинки маршрутного транспорту може призвести до неефективного використання території зупинкового майданчика. Рекомендується розміщувати павільйон на відстані $\frac{3}{4}$ довжини посадкового майданчика, взятої за відлік від початку зупинкового майданчика.

Основним завданням при проектуванні зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях великих та найбільших міст є визначення геометричних параметрів цих зупинок. Цей підхід базується на визначенні оптимальної кількості місць для одночасної стоянки пасажирських транспортних засобів на зупинці, що дозволяє визначити ефективну довжину самого зупинкового майданчика.

Оцінка ефективності інженерно-планувальної організації міських зупинок маршрутного транспорту є важливим етапом у вдосконаленні роботи громадського пасажирського транспорту та підвищенні пропускної спроможності міських вулиць.

ВИСНОВКИ ДО РОБОТИ

У дисертації наведене теоретичне узагальнення й нове вирішення наукової задачі.

У результаті проведеного дослідження отримані наступні результати, які в своїй сукупності свідчать про досягнення поставленої мети та вирішення сформульованих задач дослідження:

1. Основні завдання, поставлені в роботі, дозволили здійснити глибокий аналіз сучасного стану і виявити особливості та закономірності впливу місця розташування та планувального рішення зупинки маршрутного транспорту на рух транспортних потоків і пішоходів. Виявлено, що місце розташування та геометричні параметри зупинок мають значний вплив на загальну пропускну спроможність міських магістральних вулиць.

2. В ході досліджень було встановлено основні фактори, що впливають на пропускну спроможність магістральних вулиць в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту. Серед них виділяються геометричні параметри зупинок, потоки транспорту та пішоходів, а також характеристики інфраструктури міської вуличної мережі.

3. У процесі аналізу і узагальнення наукових досліджень було виявлено різноманітні інженерно-планувальні рішення щодо зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст. Дані висновки служать основою для подальшого розвитку і вдосконалення інженерної організації міського транспорту та міської вуличної мережі.

4. Комплекс експериментальних досліджень дозволив отримати значущі дані щодо часових витрат транспортними засобами та пасажирями на зупинках маршрутного транспорту та на проїзній частині вулиці в зоні їхнього впливу. Це дало можливість обґрунтувати систему заходів інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту, спрямовану на зменшення витрат часу пасажирів та мінімізацію впливу транспортного потоку на пропускну спроможність зупинки.

5. На основі проведених досліджень розроблено рекомендації з розрахунку оптимальної довжини зупинки маршрутного транспорту на основі врахування її індивідуальних та функціональних особливостей. Ці рекомендації можуть бути використані для покращення інженерно-планувальної організації міського транспорту та забезпечення комфорту та безпеки для користувачів громадського транспорту.

6. Проведені дослідження є важливими для розвитку міської транспортної інфраструктури та надають підстави для розробки ефективних стратегій та поліпшень у сфері обслуговування пасажирів на зупинках маршрутного транспорту та покращення руху транспортними засобами на усій вуличній мережі міста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Багацький Г. Ф. Міські вулиці та міський рух. Київ : Будівельник, 1967. 304 с.
2. Безлюбченко О. С., Гордієнко С. М., Завальний О. В. Планування міст і транспорт : навч. посібник. Харків : ХНАМГ, 2008. 156 с.
3. Безлюбченко О. С., Завальний О. В. Урбаністика : навчальний посібник. Харків : ХДАМГ, 2003. 254 с.
4. Білятинський О. А., Старовойда В. П., Хомяк Я. В. Проектування автомобільних доріг : підручник. Київ : Вища школа. 1998. Ч. 2. 416 с.
5. Білятинський О. А., Старовойда В. П., Хомяк Я. В. Проектування автомобільних доріг : підручник. Київ : Вища школа, 1997. Ч. 1. 518 с.
6. Богданов О. І., Роман С. В., Кизим С. С. Дослідження процесу розподілу руху по смугах багатосмугових міських магістралей. *Містобудування та територіальне планування*. 2006. № 23. С. 21–30.
7. Вдовиченко В. О. Ефективність функціонування міської пасажирської транспортної системи : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / НТУ. Київ, 2004.
8. ГБН В.2.3-37641918-550:2018 «Автомобільні дороги. Зупинки маршрутного транспорту. Загальні вимоги проектування». Київ : Міністерство інфраструктури України, 2018. 19 с.
9. Генеральний план міста Києва на період до 2020 р. : Основні положення / Київська міська державна адміністрація. Київ, 2001. 69 с.
10. Горбачов П. Ф., Воронков А. І., Колій О. С., Никитченко І. Н. Параметри руху маршрутного автомобільного пасажирського транспорту в центральній частині м. Харкова. *Вісник ХНАДУ*. 2013. № 60. С. 34–37.
11. Горбачов П. Ф., Колій О. С. Визначення часу затримки виїзду автобусу з зупиночного пункту в потік автомобілів. *Автомобільний транспорт*. 2014. № 35. С. 116–122.

12. Гордієнко С. М. Міський транспорт : конспект лекцій (для студентів денної та заочної форм навчання та слухачів другої вищої освіти, спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 98 с.
13. Григор'єв В. І., Матусевич І. О., Рейцен Є. О. Оптимізація розміщення об'єктів транспортної інфраструктури у містах України. *Безпека дорожнього руху*. 2004. Вип. 58. С. 169–175.
14. Гук В. І., Шкодовський Ю. М. Транспортні потоки: теорія їх застосування в урбаністиці. Харків : Золоті сторінки, 2009. 232 с.
15. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій» : док. чин. від 2019-11-01. Київ : Мінгрегіон України, 2019. 177 с.
16. ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги» : док. чин. від 2016-04-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2015. 104 с.
17. ДБН В.2.3-5-2018 «Вулиці та дороги населених пунктів» : док. чин. від 2018-09-01. Київ : Мінрегіон України, 2018. 55 с.
18. Доля В. К. Пасажирські перевезення : підручник. Харків : Форт, 2011. 504 с.
19. Дослідження транспортних потоків в аспекті заторових станів дорожнього руху : монографія / В. М. Першаков, А. О. Белятинський, О. В. Степанчук, Р. В. Кротов. Київ : НАУ, 2015. 176 с.
20. ДСТУ 2587:2021 «Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови» : затверджено та надано чинності наказом від 11 лютого 2021 р. № 49, введено в дію 1 серпня 2021 року. Київ : УкрНДНЦ, 2021. 102 с.
21. ДСТУ 2610-94 «Пасажирські автомобільні перевезення. Терміни та визначення». Київ : Держстандарт України, 1994. 28с.
22. ДСТУ 2935:2018 «Безпека дорожнього руху. Терміни та визначення понять» : док. чин. від 2021-01-01. Київ : Український науково-дослідний інститут стандартизації, 2018. 22 с.

23. ДСТУ 4100:2021 «Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування». Київ : Національний стандарт України, 2021. 42 с.

24. ДСТУ 8752:2017 «Безпека дорожнього руху. Проект організації дорожнього руху. Правила розроблення, побудови, оформлення. Вимоги до змісту». Київ : Національний стандарт України, 2017. 36 с.

25. ДСТУ 9214:2023 «Автомобільні дороги. Терміни та визначення понять». Київ : Національний стандарт України, 2023. 28 с.

26. Дубова С. В. Вплив АСУР на ефективність функціонування транспортних потоків. *Містобудування та територіальне планування*. Київ : КНУБА, 1998. № 3. С. 76–83.

27. Дубова С. В., Васильєва А. Ю., Сильчук В. А. Методи обмеження легкового транспорту в містах. *Містобудування та територіальне планування*. Київ : КНУБА, 2009. № 32. С. 121–127.

28. Єрмол'єв Ю. М., Мельник І. М. Експериментальні задачі на графах. Київ : Наукова думка, 1968. 176 с.

29. Єрмак О. М. Розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту : автореф. ... дис. канд. техн. наук : 05.22.01 / Харківська нац. акад. міськ. господарства. Харків, 2010. 14 с.

30. Заблоцький Г. А. Транспорт в місті. Київ : Будівельник, 1986. 96 с.

31. Запорожцева О. В. Удосконалення принципів визначення пропускної спроможності багатосмугових автомагістралей : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.11. Харків, 2016. 145 с.

32. Запорожцева О. В., Гук В. І. Розподілення інтенсивності автопотoku на багатосмуговій магістралі. *Проблеми розвитку міського середовища*. 2014. Вип. 1(11). С. 339–345.

33. Збірник законодавчих та нормативних документів, що регламентують діяльність підприємств автомобільного транспорту всіх форм власності. Київ : Юмана, 1998. Вип. 2. 528 с.

34. Ігнатенко О. С., Маруніч В. С. Організація автобусних перевезень у містах. Київ : УТУ, 1998. 196 с.
35. Ільчук Н. І. Міський транспорт : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю «Міське будівництво та господарство». Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2010. 96 с.
36. Калюжний М. В. Визначення довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту : автореф. ... дис. канд. техн. наук : 05.22.01 / Харк. нац. акад. міськ. господарства. Харків, 2011. 21 с.
37. Кашканов А. А., Грисюк О. Г. Безпека руху автомобільного транспорту : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2005. 177 с.
38. Кашканов А. А., Кужель В. П. Організація дорожнього руху : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 125 с.
39. Кількість перевезених пасажирів за видами транспорту. *Головне управління статистики у м. Києві* : вебсайт. URL: <http://kyiv.ukrstat.gov.ua/p.php3?c=3219&lang=1> (дата звернення: 15.08.2023).
40. Колій О. С. Раціональне розташування зупиночних пунктів автобусних та тролейбусних маршрутів відносно регульованих перехресть : дис. ...канд. техн. наук : 05.22.01 / Харківський нац. автомобільно-дорожній університет. Харків, 2017. 247 с.
41. Колотуха І. О., Колотуха О. В. Класифікація просторових транспортних утворень великого міста (на прикладі Києва). *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки*. 2022. Т. 27, вип. 1(40). С. 100–113.
42. Коцюк А. Я. Удосконалення автобусних маршрутних систем у крупних та найкрупніших містах : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Київ, 1990. 20 с.
43. Куцина І. А., Гренцер В. А. Оцінка якості пішохідних просторів (на прикладі скверу Штефаника і Масарика в м. Ужгороді). *Містобудування та територіальне планування*. 2023. № 84. С. 193–205.

44. Куцина І. А. Принципи і методи формування пішохідних просторів малих і середніх міст : дис. ...канд. техн. наук : 05.23.20 / Київський нац. університет будівництва і архітектури. Київ, 2018. 158 с.

45. Куцина І. А. Роль пішохідних мостів у формуванні архітектурно-просторого середовища міста. *Містобудування та територіальне планування*. 2020. № 74. С. 79–92.

46. Лобашов А. О., Ву Дык Минь. Методика прогнозування поведінки транспортних потоків в містах. *Вісник Харківського національного автомобільнодорожнього університету*. 2002. № 18. С. 77–79.

47. Лобашов О. О. Теоретичні основи формування транспортних потоків в великих містах : автореф. ... дис. д-ра. техн. наук : 05.22.01 – «Транспортні системи». Харків, 2011. 40 с.

48. Любарський Р. Є. Проектування міських транспортних систем. Київ : Будівельник, 1984. 96 с.

49. Нагребельна Л. П. Вибір моделі для дослідження транспортного потоку на вулично-дорожній мережі міст України. *Автошляховик України*. 2019. № 3. С. 30–33.

50. Організація та регулювання дорожнього руху : підручник / за заг. ред. В. П. Поліщука. Київ : Знання України, 2014. 467 с.

51. Осетрін М. М., Беспалов Д. О., Дорош М. І. Основні принципи створення транспортної моделі міста. *Містобудування та територіальне планування* : наук.-техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. Київ : КНУБА, 2015. С. 309–320.

52. Осетрін М. М., Карпенко М. М. Принципи і методи обґрунтування вибору інженерно-планувального рішення перетину міських магістралей *Містобудування та територіальне планування*. 2014. Вип. 51. С. 401–407.

53. Осетрін М. М., Луценко О. В. Фактори, які визначають вибір інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістральних вулиць з кільцевим рухом. *Містобудування та територіальне планування*. 2015. Вип. 58. С. 354–364.

54. Осітнянко А. П. Планування розвитку міста. Київ : КНУБА, 2001. 458 с.
55. Пасажирські автомобільні перевезення : навчальний посібник для студентів спеціальності 6.100404 «Організація перевезень і управління на транспорті (автомобільний)» / укладач М. Г. Босняк. Київ : Слово, 2009. 272 с.
56. Поліщук В. П., Корчевська А. А. До питання про функціонування системи «Перехрестя + зупиночний пункт – транспортний потік». *Вісник НТУ*. 2012. Вип. 26. С. 259–262.
57. Полюх А. Кто, куда и коли: неожиданные результаты первого великого исследования рухомості киян. *ВоксУкраїна* : вебсайт. 2017. 23 березня. URL: <https://voxukraine.org/uk/hto-kudi-j-koli-ua/> (дата звернення: 15.08.2023).
58. Посібник з проектування: розміщення автобусних зупинок / (скорочена редакція на основі стандарту SN 640880, Швейцарія).
59. Правила дорожнього руху 2023 (ПДР України). *VODIY.UA*. URL: <https://vodiya.ua/pdr> (дата звернення: 15.08.2023).
60. Про автомобільний транспорт : Закон України : док. від 5 квітня 2001 року № 2344-III. *Відомості Верховної Ради України*. 2001. № 23. Ст. 121.
61. Про автомобільні дороги : Закон України : док. від 8 вересня 2005 року № 2862-IV. *Відомості Верховної Ради України*. 2005. № 39. Ст. 390.
62. Про транспорт : Закон України : док. від 10 листопада 1994 року № 232/94-ВР. *Відомості Верховної Ради України*. 1994. № 51. Ст. 446.
63. Пустовойт Р. О., Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В. Інженерно-планувальні рішення зупинок маршрутного транспорту на прикладі Києва. *Теорія та практика дизайну*. 2022. Вип. 26. С. 87–96.
64. Редзюк А. М. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку : монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут. Київ : ДержавтотрансНДІпроект, 2005. 400 с.
65. Рейцен Є. О. Організація і безпека міського руху : навчальний посібник. Київ : СІК ГРУП Україна, 2014. 454 с.

66. Рімкус А. Тимчасові технічні умови на розміщення, параметри та обладнання зупиночних пунктів нерельсового громадського транспорту. Вільнюс : МКГ Литовської РСР, 1979. 62 с.

67. Систематологія на транспорті. Організація дорожнього руху / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля. Київ : Знання України, 2007. 452 с.

68. Стародуб І. В. Адміністративно-правові аспекти організації руху міського транспорту. *Містобудування та територіальне планування*. 2005. № 22. С. 331–336.

69. Стародуб І. В. Вплив геометричних характеристик вулично-дорожньої мережі на роботу транспортної системи міста. *Містобудування та територіальне планування*. 2005. № 20. С. 328–334.

70. Стародуб І. В. Критерії оцінки транспортно-планувальної системи міста. *Містобудування та територіальне планування*. 2007. № 27. С. 262–268.

71. Стародуб І. В. Методи містобудівної організації транспортно-планувальної системи великих міст України (на прикладі м. Рівне) : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. Київ, 2007. 20 с.

72. Стародуб І. В. Методи моделювання процесів функціонування транспортно-планувальної системи міста. *Містобудування та територіальне планування*. 2007. № 26. С. 286–295.

73. Стародуб І. В. Містобудівельні вимоги до організації руху міського транспорту. *Містобудування та територіальне планування*. 2006. № 25. С. 274–280.

74. Стародуб І. В. Роль планувальної схеми при формуванні системи транспортного обслуговування населення у великих містах України. *Містобудування та територіальне планування*. 2004. № 17. С. 305–319.

75. Стародуб І. В. Системний аналіз функціонально-планувальної організації міста. *Містобудування та територіальне планування*. 2002. № 13. С. 205–211.

76. Степанчук О. В. Закономірності розподілення інтервалів між транспортними засобами на магістральних вулицях міст. *Проблеми розвитку міського середовища*. 2019. № 1 (22). С. 157–165.

77. Степанчук О. В. Закономірності розподілення транспортних засобів на багатосмугових магістральних вулицях. *Вісник Інженерної академії України*. 2016. № 4. С. 259–263.

78. Степанчук О. В. Методологія підвищення ефективності функціонування вулично-дорожньої мережі міст : дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.20 / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. Київ, 2018. 427 с.

79. Степанчук О. В. Обстеження пішохідних потоків на вулично-дорожній мережі міст. *Проблеми розвитку міського середовища*. 2020. № 2(25). С. 171–181.

80. Степанчук О. В. Особливості розвитку автомобільного транспорту в Україні. *Вісник Інженерної академії України*. 2013. № 2. С. 193–198.

81. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю. Аналіз особистостей проектування зупинок громадського пасажирського транспорту на магістральних вулицях. *Наукоємні технології*. 2015. № 3(27). С. 266–270.

82. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю. Принципи організації руху пішохідних потоків в контактній зоні розміщення зупинок маршрутного транспорту. *ABIA-2021* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. (м. Київ, 20-22 квіт. 2021 р.). Київ, 2021. С. 20.23-20.27.

83. Татарченко Г.О. Просторове моделювання забруднень повітря примігстральних територій. *Містобудування та територіальне планування*. 2022. № 80. С. 389–402.

84. Татарченко Г. О., Кравченко І. В., Писаренко М. В., Поркуян С. Л. Дослідження забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автотранспорту в міському середовищі. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. 2019. № 8 (256). С. 99–104.

85. Тімкіна С. Ю. Оцінка транспортно-експлуатаційного стану магістральних вулиць міста Києва. *Проблеми розвитку міського середовища*. 2016. № 1(15). С. 172–179.

86. Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В., Белятинський А. Проектування довжини посадкового майданчика зупинок маршрутного транспорту на міських вулицях. *Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф., м. Харків, 20-22 лист. 2019 р. Харків, 2019. С. 89–90.

87. Транспорт і зв'язок України. Статистичний збірник. *Державна служба статистики України* : вебсайт. 2021. URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/tr.htm (дата звернення: 15.08.2023).

88. Управління автомобільним транспортом : навчальний посібник / за ред. Д. В. Зеркалова. Київ : Арістей, 2006. 416 с.

89. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах : монографія / за заг. ред Є. Ю. Форнальчика. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2018. 236 с.

90. Хітров І. О., Кристопчук М. Є., Пашкевич С. М. Моделювання параметрів функціонування зупиночних пунктів громадського пасажирського транспорту. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2019. № 2(10). С. 134–140.

91. Чорний Н. А. Обґрунтування розміщення зупинок громадського пасажирського транспорту м. Рівного «275 – Транспортні технології». Тернопіль : ТНТУ, 2020. 66 с.

92. Шевчук О. С. Вплив показників ефективності на безпеку руху вулично-дорожніми мережами. *Вісник ХНТУСГ*. 2016. Вип. № 169. С. 205–209.

93. Штанов В. Ф., Ігнатенко А. С. Управління якістю обслуговування пасажирським автомобільним транспортом в містах. Київ : Знання, 1981. 24 с.

94. Штанов В. Ф., Поберезкін Г. А., Чумаченко А. І. Організація перевезень пасажирів автомобільним транспортом. Київ : Техніка, 1988. 94 с.

95. Яковенко К. А. Містобудівні принципи та методи формування магістральної вулично-дорожньої мережі в умовах зростання рівня автомобілізації : дис. ... канд. архіт. наук : 05.23.20 / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. Київ, 2013. 150 с.
96. Albalade D., Bel G. Tourism and urban public transport: Holding demand pressure under supply constraints. *Tourism Management*. 2010. Vol. 31. P. 425–433.
97. EasyWay : пошуково-інформаційний сервіс. URL: <https://eway.in.ua> (дата звернення: 15.05.2024).
98. Fratar T. J. Vehicular Trip Distribution by Successive Approximation. *Traffic Quarterly*. 1954. № 8. P. 53–65.
99. Gawron C. Simulation-Based Traffic Assignment. Computing User Equilibria in Large Street Networks : Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen. Köln, 1998. 119 p. URL: <https://kups.ub.unikoeln.de/9257/1/GawronDiss.pdf>
100. Highway Capacity Manual 2000. Transportation Research Board / National Research Council. Washington, D.C., USA, 2000. 1134 p.
101. Horbachov P., Naumov V., Koliy O. Estimation of the bus delay at the stopping point on the base of traffic parameters. *Archives of Transport*. 2015. Vol. 35(3). P. 15–25.
102. Jacques St., Levinson K., Levinson H. S. TCRP Research Results Digest 38: Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials: Application and Refinement / TRB, National Research Council. Washington, DC, 2000. URL: http://gulliver.trb.org/publications/tcrp/tcrp_rrd_38.pdf (last accessed: 15.08.2024).
103. Jacques K. R., Levinson H. S. Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials: Extended Filed Investigations. TCRP Project A-7A Draft Final Report / TRB, National Research Council. Washington, D.C., 1999.
104. Ortuzar D., Willumsen G. Modelling Transport. 3-rd Edition. London, 2006. 720 p.
105. Ortuzar J., Willumsen L. G. Modelling transport. Third edition. John Wiley & Sons Ltd. 2006. 499 p.

106. Popovych P., Shyriaieva S., Selivanova N. Analysis of the interaction of participants freight forwarding system. *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*. 2016. Vol. 1(1). P. 16–22. <https://doi.org/10.14254/jsdtl.2016.1-1.3>

107. Rudjanakanoknad J. Analysis of factors affecting street bottleneck capacity through oblique cumulative plots. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*. 2010. T. 8. C. 1621–1631.

108. Timkina S., Stepanchuk O. V., Bieliatynskyi A. A. The design of the length of the route transport stops' landing pad on streets of the city. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2019. № 708. 012032.

109. Tkhoruk Y., Kucher O., Holotiuk M., Krystopchuk, M. Tson O. *Modeling of assessment of reliability transport systems*. Proceedings of ICCPT 2019. Ternopol, 2019. P. 204–221.

110. Wilson A. G. A statistical theory of spatial distribution models. *Transpn. Res.* 1967. № 1. P. 253–270.

ДОДАТКИ**Додаток А****СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ****Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації**

1. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю. Аналіз особливостей проектування зупинок громадського пасажирського транспорту на магістральних вулицях. *Наукоємні технології*. 2015. №3 (27). С. 266–270. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.27.9412>.
2. Stepanchuk O. V., Bieliatynskyi A. A., Timkina S. Yu. Laws of Transport Congestion on the Road Network Cities. *Proceedings of the National Aviation University*. 2016. № 3(68). P. 74–79. DOI: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.68.10919> (Index Copernicus, Google Scholar).
3. Тімкіна С. Ю. Вплив наземного громадського транспорту на потік насичення і час розосередження черги на вулично-дорожній мережі міста. *Наукоємні технології*. 2016. №3 (31). С. 299–302. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.31.10796>.
4. Тімкіна С. Ю. Оцінка транспортно-експлуатаційного стану магістральних вулиць міста Києва. *Проблеми розвитку міського середовища*. 2016. № 1 (15). С. 172–179. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Prms_2016_1_23 (Google Scholar).
5. Тімкіна С. Ю. Аналіз факторів, що впливають на розміщення та розміри зупинок громадського транспорту. *Проблеми розвитку міського середовища*. 2016. № 2 (16). С. 127–137. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Prms_2016_2_17 (Google Scholar).
6. Timkina S., Stepanchuk O., Bieliatynskyi A. The design of the length of the route transport stops' landing pad on streets of the city. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. № 708(1), 012032. P. 1-10. DOI: 10.1088/1757-899x/708/1/012032 (Scopus).

Закінчення додатку А

7. Пустовойт Р. О., Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В. Інженерно-планувальні рішення зупинок маршрутного транспорту на прикладі м. Києва. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2022. № 26. С. 87–96. DOI: 10.32782/2415-8151.2022.26.11. (Index Copernicus).
8. Timkina S. Yu. The effects of traffic flow on the capacity of a route transport stop. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 2024. № 3. С. 96–102. DOI: <https://doi.org/10.32782/apcmj.2024.3.13>.

Додаток Б

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

1. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Родюк М. К. Аналіз розташування зупинок громадського транспорту на міських дорогах. *AVIA-2013*: матеріали XI Міжнар. наук.-техн. конф., м. Київ, 21-23 трав. 2013 р. Київ, 2013. С. 25.21–25.24. URL: http://avia.nau.edu.ua/doc/avia-2013/AVIA_2013_v4.pdf.

2. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Кузьменко В. В. Методи управління транспортними потоками на вулично-дорожній мережі міст. *Аеропорти – вікно в майбутнє*: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 16-17 трав. 2014 р. Київ, 2014. С. 24–26.

3. Степанчук О. В., Белятинський А. О., Тімкіна С. Ю. Ефективні методи управління транспортними потоками на вулично-дорожній мережі. *Архітектура та екологія*: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 17-19 листоп. 2014 р. Київ, 2014. С. 265–267. URL: <https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2023/10/ae-zbirnik-2014.pdf>.

4. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю. Дослідження руху маршрутних таксі на вулицях Києва. *AVIA-2015*: матеріали XII Міжнар. наук.-техн. конф. м. Київ, 28-29 квіт. 2015 р. Київ, 2015. С. 22.12–22.15. URL: http://avia.nau.edu.ua/doc/avia-2015/AVIA_2015.pdf.

5. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю. Критерії користування масовим пасажирським транспортом населенням міста. *Архітектура та екологія*: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. м. Київ, 16-18 листоп. 2015 р. Київ, 2015. С. 174–176. URL: <https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2023/10/ae-zbirnik-2015.pdf>.

6. Тімкіна С. Ю. Функціонування зупинок маршрутного транспорту в умовах інтенсивного транспортного завантаження вуличної мереж. *Архітектура та екологія*: матеріали X Міжнар. наук.-практ. конф. м. Київ, 12-14 листоп. 2019 р. Київ, 2019. С. 178–180. URL: <https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2023/10/ae-zbirnik-2019.pdf>.

Продовження додатку Б

7. Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В., Белятинський А. О. Проектування довжини посадкового майданчика зупинок маршрутного транспорту на міських вулицях. *Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті*: матеріали VIII Міжнар. наук.-техн. конф. м. Харків, 20-22 листоп. 2019 р. Київ, 2019. С. 89–90. URL: <https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/41503/1/Проектування%20довжини%20посадкового%20майданчика.pdf>.

8. Степанчук О. В., Тімкіна С.Ю. Принципи організації руху пішохідних потоків в контактній зоні розміщення зупинок маршрутного транспорту. *AVIA-2021*: матеріали XV Міжнар. наук.-техн. конф. м. Київ, 20-22 квіт. 2021 р. Київ, 2021. С. 20.23–20.27. URL: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2021/schedConf/presentations>.

9. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Вишневська А. В., Тімкін І. Ф. Аналіз факторів, що впливають на зменшення викидів автомобільного транспорту в міському середовищі. *Проблеми надзвичайних ситуацій*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. м. Харків, 20 трав. 2021 р. Харків, 2021. С. 337–339. URL: <https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/science/konferentsii/2021/4.pdf>.

10. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Чернишова О. С. Управління транспортними потоками на вулично-дорожній мережі міст. *Авіація в XXI столітті – «Безпека в авіації та космічні технології»*: матеріали X Всесвіт. конгрес. м. Київ, 28-30 верес. 2022 р. Київ, 2022. С. 9.1.24–9.1.27. URL: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/Congress2022/paper/viewFile/8696/7135>.

11. Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В. Шляхи забезпечення привабливості користування громадським пасажирським транспортом. *Архітектура та екологія*: матеріали XIII Міжнар. наук.-практ. конф. м. Київ, 09-11 листоп. 2022 р. Київ, 2022. С. 115–116. URL: <https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/zbirnik-2022-color.pdf>.

Закінчення додатку Б

12. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Чернишова О. С. Аналіз сучасного стану та проблем автомобілізації в містах України. *ABIA-2023: матеріали XVI Міжнар. наук.-техн. конф. м. Київ, 18-20 квіт. 2023 р. Київ, 2023. С. 20.15–20.19.* URL: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2023/paper/view/9455/7712>.

13. Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В. Фактори, які впливають на вибір інженерно-планувальних рішень для організації зупинок маршрутного транспорту. *Розвиток будівництва та житлово-комунального господарства в сучасних умовах: матеріали VI Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. м. Київ, 02 листоп. 2023 р. Київ, 2023. С. 94–96.* URL: https://snu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/12/bud_2023.pdf.

14. Тімкіна С. Ю. Дослідження розподілення транспортного потоку по смугах руху в зоні зупинки маршрутного транспорту. *Сталий розвиток інфраструктури авіаційного транспорту: проблеми утримання та відновлення: матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф. м. Київ, 26-28 берез. 2024 р. Київ, 2024. С. 87–89.* URL: https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/Stal_Rozv_Tez_24_c.pdf.

Додаток В

Таблиця В1

**Час конфліктності ($t_{\text{конф}}$) та час перебування ($t_{\text{ст зуп}}$)
транспортних засобів на зупинці**

ЗМТ з кишенею						ЗМТ без кишені					
Кількість транспортних засобів, які одночасно знаходять на ЗМТ						Кількість транспортних засобів, які одночасно знаходять на ЗМТ					
два		три		чотири		два		три		чотири	
$t_{\text{конф}}$	$t_{\text{ст зуп}}$	$t_{\text{конф}}$	$t_{\text{ст зуп}}$	$t_{\text{конф}}$	$t_{\text{ст зуп}}$	$t_{\text{конф}}$	$t_{\text{ст зуп}}$	$t_{\text{конф}}$	$t_{\text{ст зуп}}$	$t_{\text{конф}}$	$t_{\text{ст зуп}}$
7	15	4	15	8	15	6	12	6	12	8	14
6	14	4	14	7	14	7	12	7	12	9	14
5	10	3	10	6	12	7	13	8	13	6	15
4	8	2	8	6	13	8	13	7	13	9	15
8	19	6	19	10	19	8	14	7	14	10	16
8	21	7	21	14	21	9	14	8	14	8	16
4	8	3	8	6	14	9	15	8	15	8	17
5	10	3	10	12	20	8	15	8	15	10	17
6	12	4	12	6	12	8	16	8	16	10	18
6	16	5	16	8	16	7	16	9	16	9	18
7	18	6	18	9	18	9	17	8	17	11	19
7	14	6	14	8	14	10	17	9	17	10	19
6	12	5	12	7	12	10	18	9	18	11	20
3	7	2	7	9	16	9	18	7	18	12	20
7	17	5	17	8	17	9	19	9	19	13	21
7	14	5	14	7	14	10	19	11	19	10	21
8	19	6	19	9	19	10	20	11	20	13	22
8	20	7	20	11	20	11	20	12	20	12	22
5	11	4	11	10	21	13	21	11	21	12	23
4	9	3	9	8	17	12	21	13	21	14	23
6	14	5	14	6	14	12	22	14	22	14	24
5	13	5	13	6	13	13	22	14	22	15	24
6	13	5	13	7	13	13	23	13	23	13	25

Додажок Г

Таблиця Г1

Бланк обліку часу обслуговування пасажирів на зупинці при посадці та висадці з пасажирського транспорту

Тип транспортного засобу	Час під'їзду	Час від'їзду	Час відкриття дверей	Час закриття дверей	Час очікування, с	Час стоянки на ЗМТ, с	Двері					
							перші		другі		треті	
							зайшло, осіб	вийшло, осіб	зайшло, осіб	вийшло, осіб	зайшло, осіб	вийшло, осіб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
МТ	08.42.20	08.42.36	08.42.21	08.42.35	0	16	4	1	3	0	-	-
МТ	08.46.47	08.46.59	08.46.48	08.46.58	9	12	1	0	1	0	-	-
МТ	08.55.33	08.55.57	08.55.34	08.55.56	18	24	0	3	0	1	-	-
МТ	08.48.47	08.49.01	08.48.48	08.49.00	0	14	2	3	2	0	-	-
МТ	08.54.11	08.54.24	08.54.12	08.54.23	7	13	0	2	0	0	-	-
МТ	08.42.53	08.43.05	08.42.55	08.43.04	6	12	0	3	-	-	-	-
МТ	08.42.58	08.43.13	08.42.59	08.43.12	0	15	3	2	1	2	-	-
МТ	08.45.06	08.45.11	08.45.10	08.43.12	0	5	1	0	0	0	-	-
МТ	08.48.24	08.48.43	08.48.25	08.43.12	0	19	3	4	1	2	-	-
МТ	08.54.50	08.54.58	08.54.51	08.54.57	1	8	1	2	0	0	-	-
МТ	08.55.49	08.55.58	08.55.50	08.55.57	0	9	3	1	1	0	-	-
МТ	08.59.39	08.59.54	08.59.40	08.59.53	2	15	2	3	0	1	-	-
МТ	08.07.18	08.07.22	08.07.18	08.07.22	4	4	0	0	0	0	-	-
МТ	08.20.34	08.21.02	08.20.35	08.21.01	5	28	4	3	3	2	-	-
МТ	08.22.30	08.22.39	08.22.31	08.22.38	6	9	1	0	0	0	-	-
МТ	08.28.04	08.28.24	08.28.05	08.28.23	4	24	3	2	2	3	-	-
МТ	08.28.08	08.28.19	08.28.09	08.28.18	3	11	2	2	0	0	-	-
МТ	08.31.02	08.31.34	08.31.03	08.31.33	0	32	4	6	2	5	-	-
МТ	08.35.27	08.35.32	08.35.28	08.35.31	0	5	0	2	0	0	-	-
МТ	08.36.48	08.36.59	08.36.49	08.36.58	7	11	1	1	0	0	-	-

Продовження додаток Г
Продовження Таблиця Г1

Тип транспортного засобу	Час під'їзду	Час від'їзду	Час відкриття дверей	Час закриття дверей	Час очікування, с	Час стоянки на ЗМТ, с	Двері					
							перші		другі		треті	
							зайшло, осіб	вийшло, осіб	зайшло, осіб	вийшло, осіб	зайшло, осіб	вийшло, осіб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
МТ	08.38.18	08.38.32	08.38.19	08.38.31	4	14	1	2	0	2	-	-
МТ	08.38.45	08.39.05	08.38.46	08.39.04	10	20	0	3	0	2	-	-
МТ	08.20.01	08.20.23	08.20.02	08.20.22	18	22	0	2	0	1	-	-
МТ	08.20.49	08.20.58	08.20.50	08.20.57	5	9	0	2	0	0	-	-
МТ	08.21.43	08.21.50	08.21.44	08.21.49	5	7	0	0	0	0	-	-
МТ	08.22.24	08.22.45	08.22.25	08.22.44	19	21	0	0	0	0	-	-
МТ	08.27.49	08.28.13	08.27.50	08.28.12	14	24	0	4	0	2	-	-
МТ	08.28.03	08.28.17	08.28.04	08.28.16	5	14	2	1	0	1	-	-
МТ	08.29.38	08.29.48	08.29.39	08.29.47	7	10	0	1	0	0	-	-
МТ	08.07.47	08.08.20	08.07.48	08.08.19	25	33	3	0	0	0	-	-
МТ	08.17.13	08.17.18	08.17.14	08.17.17	0	5	0	2	0	0	-	-
МТ	08.16.56	08.17.06	08.16.57	08.17.05	0	10	0	3	0	0	-	-
МТ	08.16.59	08.17.14	08.17.00	08.17.13	10	15	0	2	0	0	-	-
МТ	08.30.11	08.30.18	08.30.12	08.30.17	3	7	0	1	0	0	-	-
МТ	08.30.28	08.30.49	08.30.29	08.30.48	14	21	0	3	0	0	-	-
МТ	08.33.44	08.34.13	08.33.45	08.34.12	25	29	1	0	0	0	-	-
МТ	08.33.50	08.34.14	08.33.51	08.34.13	22	24	0	0	0	0	-	-
МТ	08.34.35	08.34.43	08.34.36	08.34.42	5	8	1	0	0	0	-	-
МТ	08.36.13	08.36.21	08.36.14	08.36.20	0	8	1	2	0	0	-	-
МТ	08.36.40	08.36.55	08.36.41	08.36.54	5	15	3	1	1	0	-	-
МТ	08.38.13	08.38.24	08.38.14	08.38.23	4	11	1	2	0	0	-	-
МТ	08.38.34	08.38.39	08.38.35	08.38.38	0	5	1	0	0	0	-	-
МТ	08.44.53	08.45.11	08.44.54	08.45.10	6	18	3	1	1	0	-	-
МТ	08.52.39	08.52.49	08.52.40	08.52.48	2	10	2	1	0	0	-	-

Продовження додаток Г
Продовження Таблиця Г1

Тип транспортного засобу	Час під'їзду	Час від'їзду	Час відкриття дверей	Час закриття дверей	Час очікування, с	Час стоянки на ЗМП, с	двері							
							перші		другі		треті			
							зайшло, осіб	вийшло, осіб	зайшло, осіб	вийшло, осіб	зайшло, осіб	вийшло, осіб		
МТ	08.53.09	08.53.23	08.53.10	08.53.22	2	14	0	4	0	0	2	-	-	-
МТ	08.01.06	08.01.12	08.01.07	08.01.11	3	6	0	1	0	0	0	-	-	-
МТ	08.03.47	08.03.57	08.03.48	08.03.56	5	10	0	2	0	0	0	-	-	-
МТ	08.06.38	08.06.46	08.06.39	08.06.45	4	8	0	1	1	1	1	-	-	-
МТ	08.06.40	08.06.45	08.06.40	08.06.45	5	5	0	0	0	0	0	-	-	-
МТ	08.12.28	08.12.36	08.12.29	08.12.35	5	8	0	1	0	0	0	-	-	-
Автобус	08.15.22	08.15.39	08.15.23	08.15.38	15	17	0	0	0	0	0	0	0	0
Автобус	08.05.31	08.05.41	08.05.32	08.05.40	0	10	0	0	0	0	3	0	0	2
Автобус	08.02.06	08.02.16	08.02.07	08.02.15	2	10	0	0	0	1	2	0	0	0
Автобус	08.04.51	08.04.57	08.04.52	08.04.56	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Автобус	08.44.55	08.45.09	08.44.56	08.45.08	0	18	1	0	0	3	4	1	1	7
Автобус	08.46.26	08.46.46	08.46.27	08.46.45	3	20	0	1	2	2	3	1	1	2
Автобус	08.56.33	08.56.44	08.56.34	08.56.43	0	11	0	1	1	3	3	1	1	1
Автобус	08.33.35	08.33.57	08.33.36	08.33.56	0	22	2	1	4	4	3	3	1	1
Автобус	08.21.29	08.21.45	08.21.30	08.21.44	2	16	1	0	0	3	1	2	0	0
Автобус	08.35.29	08.35.54	08.35.30	08.35.53	5	25	2	1	1	6	3	4	2	2
Автобус	08.40.00	08.40.09	08.40.01	08.40.08	7	9	0	0	0	0	0	0	0	0
Автобус	08.57.56	08.58.09	08.57.57	08.58.08	4	13	0	0	0	3	1	0	0	0
Автобус	08.58.18	08.58.26	08.58.19	08.58.25	5	8	0	0	0	1	0	-	-	-
Автобус	08.49.24	08.49.36	08.49.25	08.49.35	2	12	2	0	0	2	0	-	-	-
Автобус	17.29.34	17.30.00	17.29.35	17.29.59	0	33	4	0	0	14	4	2	4	4
Автобус	18.16.47	18.17.10	18.16.48	18.17.09	0	29	2	1	1	8	3	6	2	2
ТР	08.18.16	08.18.33	08.18.17	08.18.32	3	17	0	1	1	0	3	0	3	3
ТР	08.33.43	08.34.09	08.33.44	08.34.08	0	26	4	3	3	8	4	-	-	-

Закінчення додаток Г

Закінчення Таблиця Г1

Тип транспортного засобу	Час під'їзду	Час від'їзду	Час відкриття дверей	Час закриття дверей	Час очікування, с	Час стоянки на ЗМТ, с	Двері					
							перші		другі		треті	
							зайшло, осіб	вийшло, осіб	зайшло, осіб	вийшло, осіб	зайшло, осіб	вийшло, осіб
ТР	08.47.18	08.47.30	08.47.19	08.47.29	0	12	1	0	2	2	3	1
ТР	08.49.57	08.50.10	08.49.58	08.50.09	9	13	0	0	0	2	0	0
ТР	08.18.16	08.18.33	08.18.17	08.18.32	3	17	0	1	0	3	0	3
ТР	08.33.43	08.34.09	08.33.44	08.34.08	0	26	4	3	8	4	-	-
ТР	08.47.18	08.47.30	08.47.19	08.47.29	0	12	1	0	2	2	3	1
ТР	08.49.57	08.50.10	08.49.58	08.50.09	9	13	0	0	0	2	0	0
ТР	08.56.35	08.56.47	08.56.36	08.56.46	10	12	0	0	0	0	0	0
ТР	08.41.46	08.41.56	08.41.47	08.41.55	7	10	0	2	1	0	-	-
ТР	08.56.12	08.56.27	08.56.13	08.56.26	0	15	4	3	3	2	-	-
ТР	08.58.26	08.56.44	08.58.27	08.56.43	12	18	0	0	0	2	-	-
ТР	08.21.09	08.21.32	08.21.10	08.21.31	2	23	3	4	5	2	-	-
ТР	08.38.46	08.39.04	08.38.47	08.39.03	0	32	6	5	8	9	-	-
ТР	08.22.22	08.22.36	08.22.23	08.22.35	0	14	1	3	1	4	0	2
ТР	08.25.33	08.25.46	08.25.34	08.25.45	2	13	2	2	4	1	-	-
ТР	08.39.00	08.39.13	08.39.01	08.39.12	3	13	3	1	1	0	0	0
ТР	16.55.16	16.55.43	16.55.17	16.55.42	4	27	3	4	5	2	4	5
ТР	17.45.46	17.46.09	17.45.47	17.46.08	2	29	4	4	8	10	-	-
ТР	17.48.38	17.49.06	17.48.39	17.49.05	8	28	1	1	3	5	4	3
ТР	18.35.39	18.35.56	18.35.40	18.35.55	8	17	1	2	2	1	-	-
ТР	18.09.08	08.09.18	18.09.09	08.09.17	5	10	1	0	1	0	0	1

Додаток Д
Акти впровадження
Додаток Д1



Директор Дмитро Беспалов	Адреса 04080, м. Київ, вул. Костянтинівська, 73	Вхідний
Дата 08-05-2024	Контакти +38 (067) 943-51-19, info@pro-mobility.org www.pro-mobillty.org	Вихідний 08/05/2024-1
Відповідає Дмитро Беспалов		

За місцем вимоги

Довідка
щодо впровадження наукових та практичних результатів
дисертаційного дослідження Тімкіної Світлани Юріївни
на тему: «Інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного
транспорту на магістральних вулицях крупних міст»

Матеріали та результати, що містяться в кандидатській дисертації старшого викладача кафедри інфраструктури авіаційного транспорту Національного авіаційного університету Тімкіної С. Ю. «Інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних міст», були використані ТОВ "ПРО МОБІЛЬНІСТЬ" при розробці та вдосконаленні транспортної моделі міста Києва та його приміської зони.

Зокрема, була застосована методика визначення часу затримки маршрутних транспортних засобів на зупинках маршрутного транспорту на магістральних вулицях міста Києва.

Впровадження результатів кандидатської дисертаційної роботи старшого викладача Тімкіної С. Ю. дозволяє виконати розрахунок та зробити прогноз можливих ситуацій, які можуть бути спричинені умовами обслуговування пасажирів на зупинці маршрутного транспорту.

Директор
Дмитро Беспалов



Додаток Д2



ВИКОНАВЧИЙ ОРГАН КИЇВСЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ
(КИЇВСЬКА МІСЬКА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ)

ДЕПАРТАМЕНТ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

**КОМУНАЛЬНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ЦЕНТР ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ»**

вул. Чистяківська, 19-А, м. Київ, 03062, тел: (044) 374 11 03, 374 11 01
Адреса для листування: 01054 м. Київ-54, а/с № 245 E-mail: kyiv.codr@kyivcity.gov.ua
<https://codr.kyivcity.gov.ua> Код ЄДРПОУ 32955518

Big 13.05.24 п.с.53/04-25/35-12

ДОВІДКА

про впровадження наукових та практичних результатів дисертаційного дослідження Тімкіної Світлани Юріївни на тему: «Інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних міст»

Матеріали та результати, що містяться в кандидатській дисертації старшого викладача кафедри інфраструктури авіаційного транспорту Національного авіаційного університету Тімкіної С. Ю. «Інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних міст», були використані КП «Центр організації дорожнього руху» при розробці схем організації дорожнього руху з врахуванням зупинок маршрутного транспорту і необхідності заїзної кишені.

Впровадження результатів кандидатської дисертаційної роботи старшого викладача Тімкіної С. Ю. дозволили науково обґрунтувати пропозиції щодо місця розташування зупинки маршрутного транспорту із заїзною кишенею.

Директор



Олександр МІЩЕНКО

Додаток Д4



Товариство з обмеженою відповідальністю
«БЮРО АРХІТЕКТУРИ ТА МОБІЛЬНОСТІ
«УРБАН ПРОМО»»

ЄДРПОУ 43464887, р/р UA853052990000026007021011740 в АТ КБ «ПРИВАТБАНК» МФО 305299
Україна, 79013, Львів, вул. Сахарова, 42, тел. +38 (067) 695-78-91, e-mail: urban.promo.company@gmail.com

№ вих.-151/24 від 10.05.2024 року

ДОВІДКА

щодо впровадження наукових та практичних результатів
дисертаційного дослідження Тімкіної Світлани Юріївни на тему:
**«Інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного
транспорту на магістральних вулицях крупних міст»**

Матеріали та результати, що містяться в кандидатській дисертації старшого викладача кафедри інфраструктури авіаційного транспорту Національного авіаційного університету Тімкіної С.Ю. «Інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних міст», були використані компанією ТОВ «Бюро архітектури та мобільності «УРБАН ПРОМО»». Зокрема, була застосована методика визначення часу затримки маршрутних транспортних засобів на зупинках маршрутного транспорту на магістральних вулицях.

Впровадження результатів кандидатської дисертаційної роботи старшого викладача Тімкіної С.Ю. дозволяє виконати розрахунок та зробити прогноз можливих ситуацій, які можуть бути спричинені умовами обслуговування пасажирів на зупинці маршрутного транспорту.

Директор



Роман ЗУБАЧИК

Додаток Д5

“ПОГОДЖЕНО”

Проректор з навчальної роботи

 Анатолій ПОЛУХІН
« 15 » 02 2024 р.

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

В. о. проректора з наукової роботи

 Олександр КОРЧЕНКО
« 15 » 02 2024 р.



АКТ

впровадження результатів дисертаційного дослідження

Тімкіної Світлани Юріївни на тему: «Інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних міст»
в навчальний процес Національного авіаційного університету

Члени комісії у складі: завідувача кафедрою інфраструктури авіаційного транспорту НАУ, к. т. н., доцента Дубика О. М., доцента кафедри інфраструктури авіаційного транспорту НАУ, к. т. н., доцента Паливоди О. А., доцентки кафедри інфраструктури авіаційного транспорту НАУ к. т. н., доцента Чернишової О. С. склали цей акт про те, що в Національному авіаційному університеті під час викладання дисциплін «Транспорт і шляхи сполучення», «Організація дорожнього руху», «Проектування автомобільних доріг» і виконанні курсових та дипломних робіт студентами зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» було впроваджено результати дисертаційного дослідження Тімкіної Світлани Юріївни, а саме:

- проведення практичного заняття за тематикою обстеження транспортної інфраструктури міського пасажирського транспорту;
- запропоновано під час виконання курсового та дипломного проектування використовувати методику розрахунку пропускної здатності зупинок маршрутного транспорту.

Голова комісії



Олександр ДУБИК

Члени комісії:



Олександр ПАЛИВОДА



Оксана ЧЕРНИШОВА