

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ З МОДЕЛЮВАННЯМ РОБОТИ ЗУПИНОК ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Національний університет водного господарства та природокористування

*Особливість громадського транспорту полягає у його доступності та спільному використанні і призначений для широкого кола людей, незалежно від соціального статусу або доходу. Головна функція – забезпечення можливості переміщення людей з одного місця до іншого в межах міста.*

*Зупинки – це стратегічне місце для забезпечення територіальної доступності від центральних до периферійних мікрорайонів. Вони підтримують порядок та організованість у роботі громадського транспорту.*

*Саме дослідження мережі маршрутів та зупинок громадського транспорту має вирішальне значення для поліпшення якості обслуговування, підвищення ефективності транспортних систем та забезпечення зручності для користувачів. Проте в кожному конкретному випадку необхідно використовувати індивідуальний підхід до організаційних та планувальних рішень.*

*Стаття описує особливості функціонування громадського транспорту міста Дубно Рівненської області в розрізі досліджень інфраструктури, маршрутної мережі, обсягу пасажирського потоку, розміщення і моделювання роботи зупинок з урахуванням майбутньої розбудови нових мікрорайонів.*

*Досліджено, що маршрутна мережа міста Дубно нараховує 22 маршрути руху громадського транспорту з 64 зупинками. Щоденно користуються громадським транспортом і сідають на зупинках в середньому 19544 пасажирів – 54% від всіх жителів міста. Стрімка розбудова міста потребує облаштування нових зупинок громадського транспорту із зміною маршрутів, роботу яких в загальній системі перевезень досліджено методом імітаційного моделювання.*

*В подальшому отримані результати дозволять розробити графіки і маршрути руху громадського транспорту та виконати техніко-економічні розрахунки сучасного облаштування зупинок.*

*Дослідження, про яке повідомляється в цій статті, проводилося в Національному університеті водного господарства та природокористування за підтримкою управління економіки і власності Дубенської міської ради.*

**Ключові слова:** інфраструктура транспорту, маршрутна мережа, процес перевезень пасажирів, зупинка, імітаційне моделювання.

## Вступ

Громадський транспорт виконує ряд важливих функцій, які проявляються у забезпеченні мобільності (дозволяє людям швидко і зручно переміщатися в межах міста без необхідності власного автотранспорту), зменшенні транспортних заторів (розвинута система громадського транспорту сприятиме зменшенню транспортних заторів), зменшенню забруднення довкілля (масове використання електричного громадського транспорту сприятиме зменшенню викидів шкідливих речовин в атмосферу), забезпечення доступності для широкого кола населення, включаючи людей з обмеженими можливостями та тих, хто не може собі дозволити власний автомобіль та його економічна ефективність (вигідний для населення з обмеженими фінансовими ресурсами).

Зупинки розташовані вздовж маршрутів громадського транспорту, забезпечуючи доступність транспортних послуг для мешканців різних районів міста, як існуючих, так і тих, що будуються. Це робить переміщення пасажирів зручним та ефективним.

## Постановка проблеми у загальному вигляді

Незважаючи на те, що це питання неодноразово висвітлювалося в науково-технічних джерелах, в цій роботі ми маємо намір дослідити функціональні характеристики громадського транспорту на прикладі міста Дубно Рівненської обл.

Важливим елементом планування та управління міською транспортною інфраструктурою складають зупинки громадського транспорту, і актуальність таких досліджень не зменшується з часом.

Отримання відомостей про функціонування маршрутної мережі з організацією роботи зупинок громадського транспорту дозволить побудувати подальшу стратегію щодо забезпечення ефективного та комфортного перевезення пасажирів та загальну ефективність пасажирської системи.

## Аналіз публікацій

Дослідження функціонування громадського транспорту проводять різні організації і вчені з різних галузей, таких як транспортна інженерія, географія, соціологія транспорту, а також компанії, що займаються транспортною логістикою та управлінням транспортними системами. Також такі дослідження проводяться органами місцевого самоврядування або іншими установами, відповідальними за розвиток громадського транспорту.

Багатьма науковцями, за результати обстеження, встановлено основні характеристики маршрутної мережі міст (зокрема, J. Gadziński – м. Познань [1], В. В. Біліченко – м. Вінниця [2], С. П. Чуйко і В. П. Шумляківський – м. Житомир [3]) та проаналізовано підходи щодо підвищення транспортного обслуговування.

Дослідники розглядають транспортну зупинку як візуально-динамічну систему із інтенсивними комунікативними процесам [4], проводять порівняльний аналіз і підходів до їх проектування [5], застосовують мікроскопічне імітаційне моделювання для обчислення здатності зупинки до відповідних змін [6].

Загалом, дослідження маршрутної мережі і зупинок громадського транспорту важливе для поліпшення якості послуг, збільшення ефективності транспортних систем та забезпечення зручності для користувачів, але в кожному конкретному випадку потребує індивідуального підходу до організаційно-планувальних рішень.

## Постановка задачі

Мета дослідження полягає в поточному аналізі функціонування системи перевезення пасажирів громадським транспортом на основі збору вихідних даних про маршрутну мережу, кількості пасажирів, розміщення зупинок та їхню інфраструктуру з врахуванням перспективної розбудови нових мікрорайонів.

## Виклад основного матеріалу дослідження

Стаття 21 Закону України «Про транспорт» чітко роз'яснює поняття про єдину транспортну систему нашої держави, до складу якої входять всі види транспорту та шляхи сполучення і повинна відповідати вимогам суспільного виробництва, національної безпеки, мати розгалужену інфраструктуру для надання всього комплексу транспортних послуг і забезпечувати зовнішньоекономічні зв'язки [7].

Ключову роль у розвитку транспортної системи України, зокрема і міста Дубно (Рівненська обл.) відіграє транспортна інфраструктура, як сукупність специфічних форм, методів і процесів, а також споруд, будівель, різних комунікацій, що забезпечують загальні умови і нормальне функціонування економічної, соціальної, екологічної та інших областей життєдіяльності суспільства, його відтворення і розвитку [8].

Інфраструктура транспорту – це реальна транспортна мережа, яка використовується для перевезень вантажів і пасажирів, а також управлінська структура, що забезпечує ефективне використання транспортних засобів та обслуговуючих систем (рис. 1).

Перевезення пасажирів та функціонування громадського транспорту можна представити як складну систему, в якій взаємодіють різні структурні компоненти на які впливають різні чинники Системний вихід складної пасажирської системи – це обґрунтований результат, який дозволяє отримати необхідні параметри для оцінки функціонування громадського транспорту, підвищити ефективність його функціонування та забезпечити стійкість міської системи в цілому (рис. 2).

До зовнішніх чинників можна віднести погодні умови (впливають на швидкість руху громадського транспорту та час його прибуття), транспортні пригоди (призводять до затримок та перебоїв у роботі маршрутів), стан дорожнього покриття, наявність дорожніх ремонтів або реконструкцій (на швидкість та затримки), збільшення населення або міграційні потоки (зростання попиту і, відповідно, до переповнення маршрутів), зміни у плануванні міста, включаючи будівництво нових житлових районів, торгових центрів або бізнес-парків впливають на потребу у громадському транспорті та розподілу пасажирських потоків.

Неконтрольовані чинників характеризують функціонування громадського транспорту та допомагають ретельно спланувати маршрути громадського транспорту і забезпечити ефективне обслуговування пасажирів.

Найчастіше місцями концентрації пасажиропотоків є місця з найвищою інтенсивність переміщення пасажирів громадським транспортом (вони можуть бути різноманітними за своєю природою та характеристиками і зазвичай визначаються різними факторами, такими як густина населення, наявність торговельних центрів, бізнес-районів, освітніх установ, медичних закладів, залізничних станцій тощо).



Рис. 1. Інфраструктура транспорту міста Дубно

Обсяг пасажиропотоку характеризується кількістю пасажирів, які користуються певним видом громадського транспорту або транспортною мережею протягом певного періоду часу (доби, дня тижня, сезону, наявності особливих подій або свят тощо). Значний обсяг пасажиропотоку може вказувати на популярність транспортного засобу або маршруту та може бути ознакою необхідності розширення (оптимізації) послуг. З іншого боку, низький обсяг пасажиропотоку свідчить про неефективність маршрутів або низький попит на громадський транспорт.

Структура контрольованих чинників, що впливають на організацію роботи громадського транспорту, включають різноманітні аспекти, які можуть бути активно керовані та управлятися операторами транспорту або владними органами: розклад руху (встановлення оптимального графіка руху для маршрутів та видів транспорту для задоволення потреб пасажирів в різні часи доби та дні тижня), частота руху (визначення частоти та інтервалів між рейсами або маршрутними транспортними засобами для забезпечення зручності та доступності для пасажирів), маршрутизація та мережева структура (оптимізація маршрутів та мережі громадського транспорту для забезпечення покриття різних районів та потреб населення), цінова політика (встановлення цін на квитки та тарифів, які були б доступні та конкурентоспроможні, а також встановлення політики знижок та пільг для різних категорій пасажирів), якість обслуговування (забезпечення високої якості послуг, включаючи комфорт, безпеку, чистоту та своєчасність руху транспортних засобів), інформаційна підтримка (забезпечення доступної та актуальної інформації для пасажирів про розклади руху, маршрути, тарифи та інші важливі аспекти).

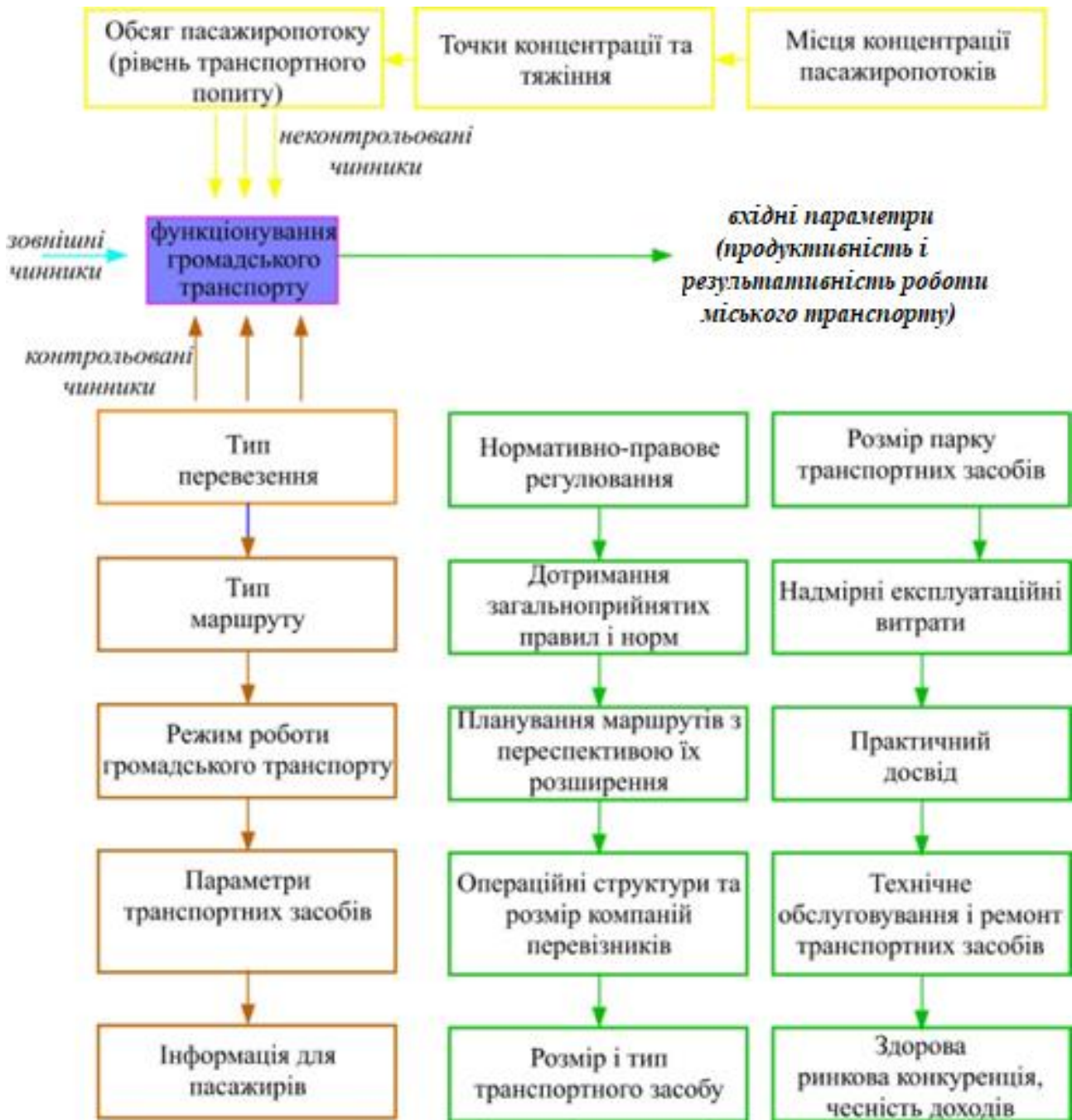


Рис. 2. Чинники, які характеризують функціонування громадського транспорту (згідно [9-11])

У місті Дубно окрім вантажних та легкових автомобілів курсує громадський транспорт загального користування – автобуси, які обслуговують 22 маршрути та мають визначені місця на дорозі для посадки та висадки пасажирів у вигляді зупинок та посадкових майданчиків з річним обсягом перевезень понад 3,8 млн. пасажирів. Загальна протяжність всіх маршрутів в обидві сторони становить близько 174 км [12]. Зазначимо, що планувальна характеристика транспортної мережі міста не дозволяє розмежувати маршрути руху громадського транспорту без уникнення їх дублювання (рис. 3).

В місті Дубно нараховується 64 зупинки громадського транспорту, серед яких 16 є кінцевими. Всі вони розташовані у вузлових точках міста, включаючи центральні вулиці, житлові райони, торгові центри та основні вузли транспортної мережі, а також у житлових та промислових районах для забезпечення максимального охоплення маршрутів. Вони мають різні типи розташування залежно від місцевих умов, потоку пасажирів, інфраструктури міста, потреб мешканців та інших факторів.

Зупинка – це спеціальне місце призначене для посадки та висадки пасажирів громадського транспорту, такого як автобуси, тролейбуси, трамваї тощо. Зупинки громадського транспорту є

важливою частиною системи «перехрестя - зупинка - транспортний потік», яка суттєво впливає на зручність переміщення в міській транспортній мережі [13].

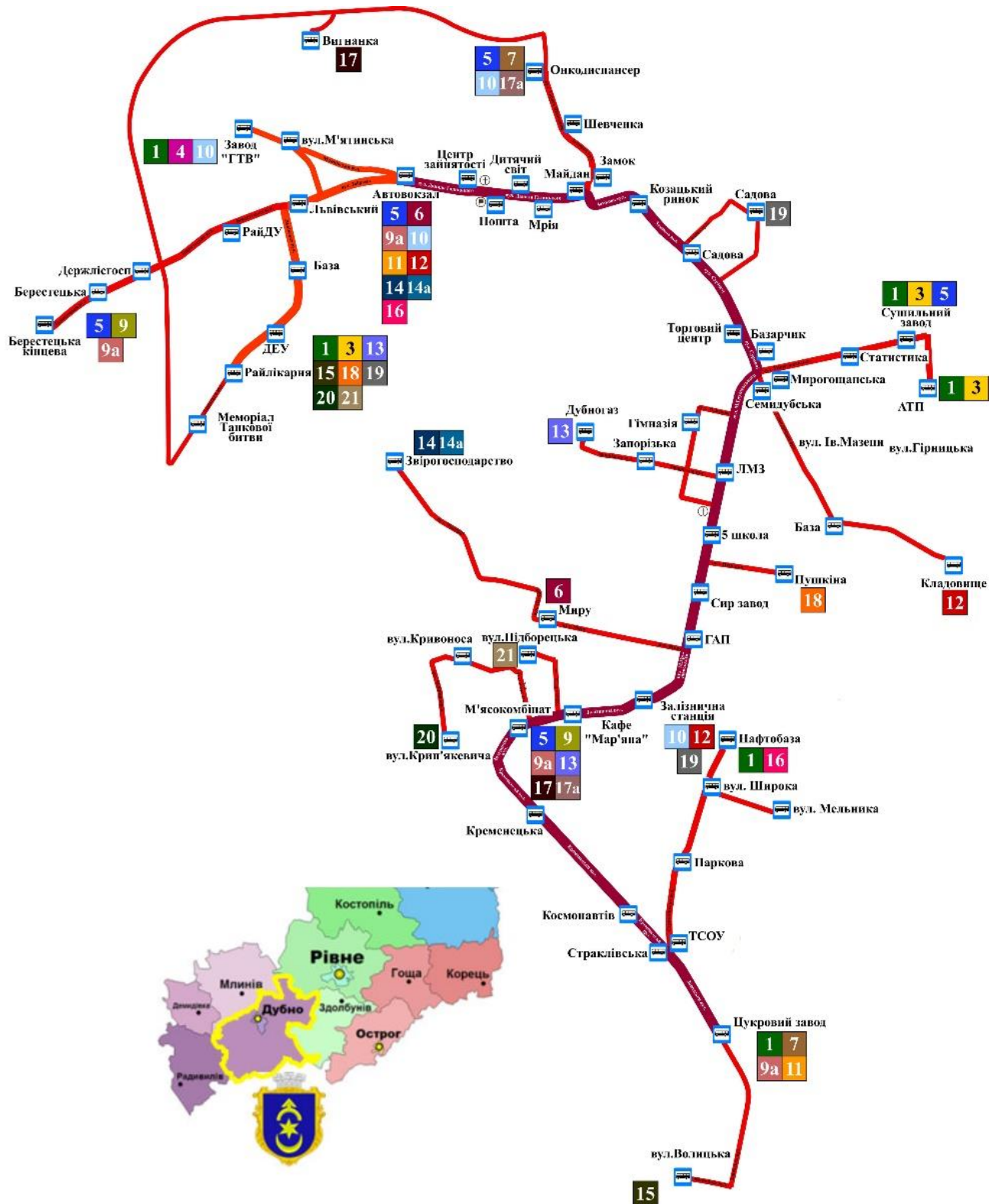


Рис. 3. Маршрутна мережа міста Дубно

Сучасні зупинки громадського транспорту повинні відповідати вимогам щодо забезпечення комфорту, безпеки, доступності та інформаційного забезпечення для пасажирів (рис. 4). Вони повинні бути доступними для людей з обмеженими можливостями, включаючи людей з інвалідністю, молодих дітей, літніх людей тощо.

Для дослідження обиралися зупинки на різних маршрутах, які охоплюють всі райони міста та важливі вузлові точки, так, як «Цукровий завод», «Базарчик», «Майдан Незалежності», «Автовокза», «Залізничний вокзал», «Міська лікарня» та ін.

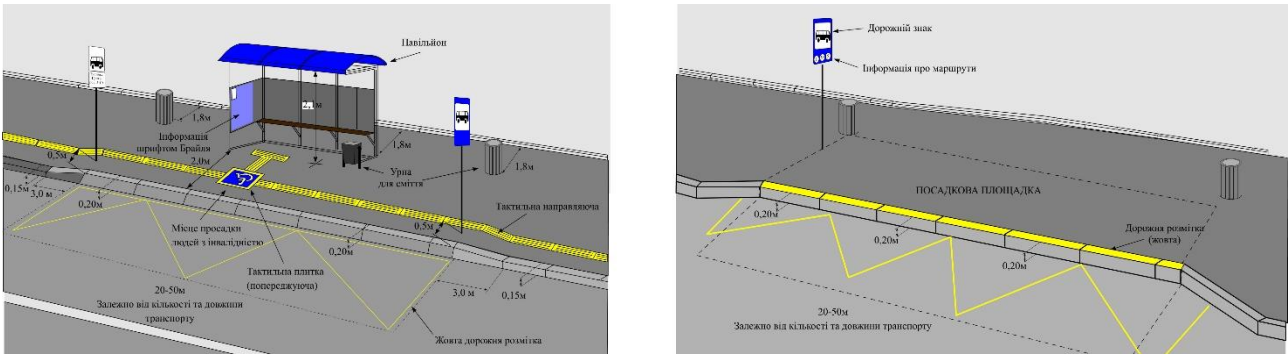


Рис. 4. Місце для посадки і висадки пасажирів

Проведений аналіз зібраних даних показав, що щоденно користуються громадським транспортом і сідають на зупинках в середньому 19544 пасажирів – 54% від всіх жителів міста Дубно (рис. 5).

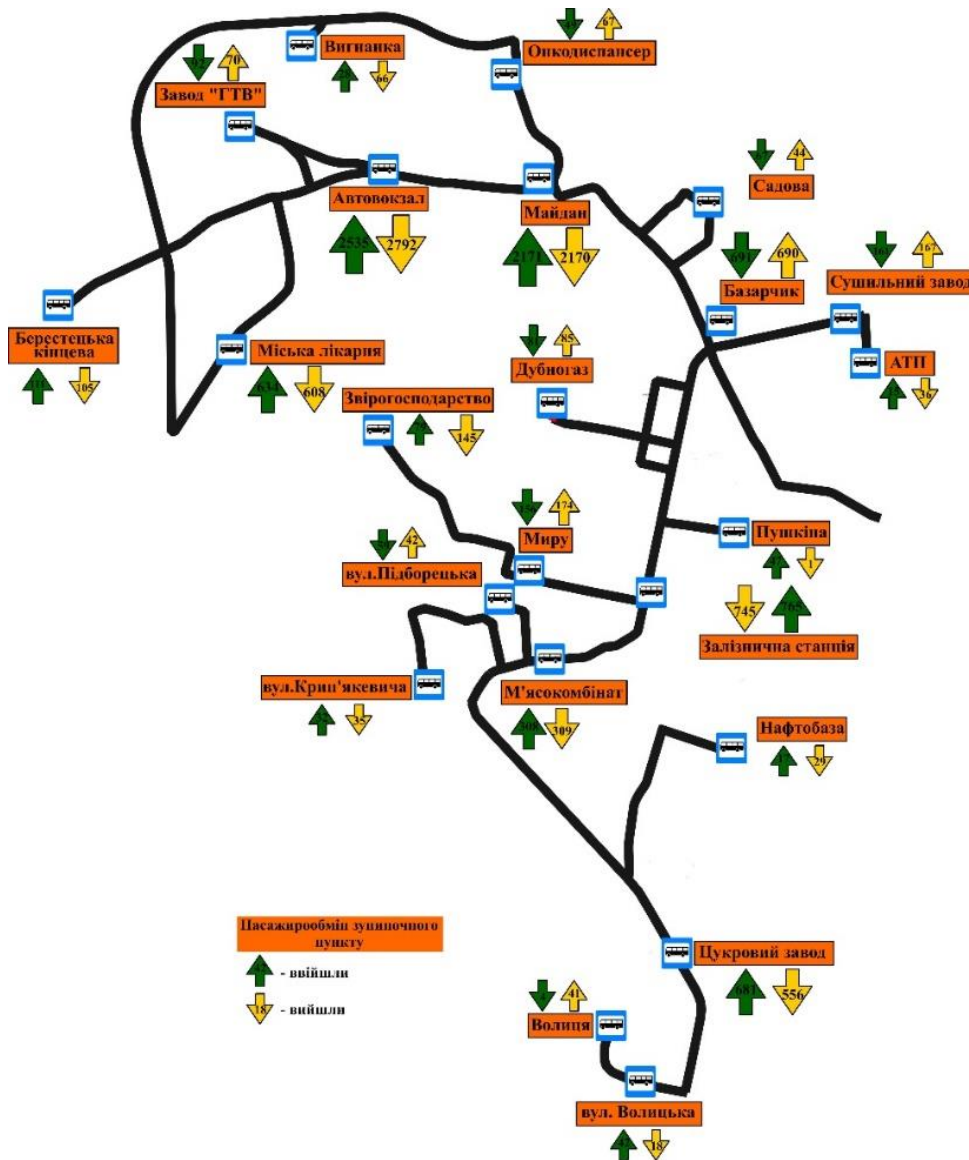


Рис. 5. Зведені дані розподілу пасажирів за зупинками міста Дубно

Місто Дубно постійно розростає новим вулицями. Тому встановлення зупинки громадського транспорту у нових мікрорайонах є доцільним, оскільки забезпечить зручний доступ до громадського транспорту для мешканців цього району, сприятиме їх мобільності та зручності. Пропонується

облаштування нових зупинок громадського транспорту на вул. Гірницька із зміною маршруту №3; вул. М'ятинська із зміною маршруту №10, 11, а також продовження на одну зупинку вул. Волицька, маршрут №1 (рис. 6).



Рис. 6. Запропоновані варіанти доповнення новими зупинками громадського транспорту міста Дубно

Моделювання роботи зупинок є важливим етапом у розробці та вдосконаленні систем громадського транспорту з метою забезпечення ефективного та комфортного обслуговування пасажирів. Імітаційне моделювання дозволяє аналізувати різні сценарії та стратегії управління зупинками, проводити експерименти без прямого втручання у реальну систему, що дозволяє зберегти час та ресурси. Такий підхід може бути корисним для планування нових та оптимізації мережі зупинок, виявлення слабких місць та вдосконалення якості обслуговування пасажирів [14].

Моделювання роботи зупинок громадського транспорту – це процес створення абстрактної моделі, яка відображає різні аспекти функціонування зупинок, включаючи потоки пасажирів, час очікування та взаємодію з транспортом. Змодельована імітаційна модель в програмному забезпеченні PTV Vissim [15] дозволяє відобразити роботу зупинок та взаємодію пасажирів з громадським транспортом шляхом візуалізації (рис. 7).

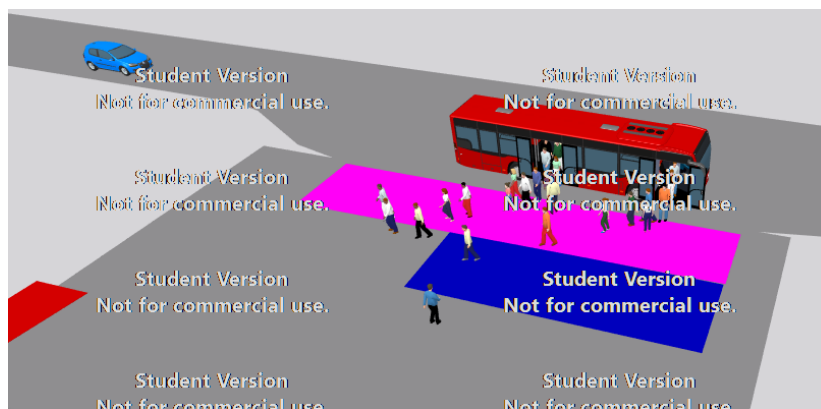


Рис. 7. Моделювання роботи запроєктованої зупинки громадського транспорту маршрутної мережі (фрагмент нової зупинки)

Отримані результати моделювання підтверджують дієвість запропонованої стратегії змін до маршрутної мережі і роботи зупинок і будуть рекомендуватися для втілення в проєкт транспортної реконструкції міста в управління економіки і власності Дубенської міської ради.

## Висновки

Таким чином, дослідження маршрутної мережі з моделюванням роботи зупинок громадського транспорту дозволить зрозуміти та проаналізувати різні аспекти їх функціонування та ефективності, сприятиме вирішенню назрілих проблеми інфраструктурного забезпечення та поліпшить якість обслуговування пасажирів.

Отримані результати в подальшому будуть використані для розробки графіків і маршрутів руху громадського транспорту та техніко-економічної ефективності облаштування зупинок.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Gadziński Jędrzej. Ocena dostępności komunikacyjnej przestrzeni miejskiej na przykładzie Poznania. *Biuletyn Instytutu Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*. Poznań : Bogucki Wydawnictwo Naukowe. 2010. С. 115. URL: <https://www.researchgate.net/publication/337482204>.
- [2] Біліченко В. В. Проблеми та перспективи розвитку маршрутної мережі пасажирських перевезень у м. Вінниці. *Наукові нотатки*. Вінниця, 2014. Вип. № 45. С. 42-47. URL: <https://atm.vntu.edu.ua/articles/2014/65.pdf>.

- [3] Чуйко С. П., Шумляківський В. П. Основні параметри і предмет розвитку маршрутної мережі автобусних міських перевезень. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського*. 2022. Вип. №5. Том 33(72). С. 337-342. URL: [https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2022/5\\_2022/52.pdf](https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2022/5_2022/52.pdf).
- [4] Склярєнко Н. В., Колосніченко М. В. Транспортна зупинка як візуально-динамічна система: способи проєктування візуальної динаміки. *Art and Design* №1, 2021. С. 120-132. URL: <https://artdesign.knutd.edu.ua/wp-content/uploads/sites/33/2021/05/11-1-2021.pdf>.
- [5] Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю. Аналіз особливостей проєктування зупинок громадського пасажирського транспорту на магістральних вулицях. *Наукоємні технології*. 2015. № 3 (27). С. 266–270. URL: <https://jrnل.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/9412/11744>.
- [6] Fernández Rodrigo. Modelling public transport stops by microscopic simulation. *Transportation Research. Part C: Emerging Technologies*. 2010. Vol. 18, Issue 6. P. 856-868. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2010.02.002>.
- [7] Закон України «Про транспорт». *Верховна Рада України* : веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-%D0%B2%D1%80#Text>.
- [8] Репіч Т. А., Загорська К. Ю. Інформаційні системи в транспортній інфраструктурі підприємства. *Агросвіт*. 2018. № 3. С. 56-60. URL: [http://www.agrosvit.info/pdf/3\\_2018/12.pdf](http://www.agrosvit.info/pdf/3_2018/12.pdf).
- [9] Скірковський, С., Седюкевич, В., Карпенко, В., Свічинський, С. В. Дослідження факторів, що впливають на ефективність роботи міського громадського транспорту. *Автомобільний транспорт*. 2021. №48. С. 45-53.
- [10] Давідіч Ю. О. Конспект лекцій з дисципліни «Ефективність транспорту». Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. 2019. 74 с. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/44614/>.
- [11] Factors Influencing Bus System Efficiency. *Newmanlibrary* : веб-сайт. URL: <https://ppiاف.org/sites/ppiاف.org/files/documents/toolkits/UrbanBusToolkit/assets/1/1d/1d.html>.
- [12] Хітров І. О., Кристопчук М. Є., Пашкевич С. М. Оціночні показники розвитку маршрутної системи громадського пасажирського транспорту міста Дубно. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2020. №2(15). С. 147-154. URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/article/view/402/392>.
- [13] Поліщук В. П., Корчевська А. А. До питання про функціонування системи «перехрестя +зупиночний пункт – транспортний потік». *Вісник Національного транспортного університету*. 2012. № 26. С. 259-262. URL: [http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/26\\_2\\_2013/259-262.pdf](http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/26_2_2013/259-262.pdf).
- [14] Хітров І. О., Кристопчук М. Є., Пашкевич С. М. Моделювання параметрів функціонування зупиночних пунктів громадського пасажирського транспорту. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2019. Том 2(10). С. 134-140. URL: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-134-140>.
- [15] Multimodal Traffic Simulation Software. PTV Group веб-сайт. URL : <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-vissim>.

**Хітров Ігор Олександрович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, e-mail: [i.o.khitrov@nuwm.edu.ua](mailto:i.o.khitrov@nuwm.edu.ua)

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

I. Khitrov

## Study of the process passenger transportation with modeling of public transport stops

National University of Water and Environmental Engineering

*Public transport is characterized by its accessibility and sharing and is intended for a wide range of people, regardless of social status or income. The main function is to provide the ability to move people from one place to another within the city.*

*Bus stops are a strategic place to ensure territorial accessibility from central to peripheral neighborhoods. They maintain order and organization in the operation of public transport.*

*It is the study of the network of public transport routes and stops that is crucial for improving the quality of service, increasing the efficiency of transport systems and ensuring convenience for users. However, in each case, it is necessary to use an individual approach to organizational and planning decisions.*

*The article describes the peculiarities of the functioning of public transport in the city of Dubno, Rivne region, in the context of research on infrastructure, route network, passenger flow, location and modeling of stops, taking into account the future development of new neighborhoods.*

*It was found that the route network in Dubno includes 22 public transport routes with 64 stops. On average, 19544 passengers use public transport and get off at bus stops every day - 54% of all city residents. The rapid development of the city requires the arrangement of new public transport stops with changing routes, the operation of which in the overall transportation system was investigated by simulation modeling.*

*The results obtained will make it possible to develop schedules and routes for public transport and to perform technical and economic calculations for the modern arrangement of stops.*

*The research reported in this article was conducted at the National University of Water and Environmental Engineering with the support of the Department of Economics and Property of the Dubno City Council.*

**Key words:** transport infrastructure, route network, passenger transportation process, bus stop, simulation modeling.

**Khitrov Ihor** – Ph. D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Transport Technologies and Technical Service Department, e-mail: [i.o.khitrov@nuwm.edu.ua](mailto:i.o.khitrov@nuwm.edu.ua)