

DOI: 10.32347/2786-7269.2025.11.464-473

УДК 625.7

к.т.н., професор **Осетрін М.М.**,  
n.osetrin@gmail.com, ORDIC: 0000-0001-7015-4679,

**Карбан С.В.**,  
karbansvitlana07@gmail.com, ORDIC: 0009-0003-0800-994X,  
Київський національний університет будівництва і архітектури

## **VRT ЯК СТРУКТУРНИЙ ЕЛЕМЕНТ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА**

*Діяльність інженерів з планування громадського транспорту, незважаючи на її важливість, часто залишається поза увагою з боку водіїв, пасажирів та широкого загалу, проте вона є ключовою для забезпечення високої якості життя у міських агломераціях. Їхня діяльність охоплює проектування дорожньо-транспортних вузлів та магістральних маршрутів, створення інфраструктури, що об'єднує транспортні засоби, мережі та ресурси. У відповідь на зростаючі темпи урбанізації та збільшення попиту на мобільність, інженери-планувальники застосовують інноваційні технології для розробки інтегрованих транспортних рішень, що відповідають потребам міст і підвищують якість життя їхніх мешканців.*

*У контексті сучасних викликів урбанізації та змін у структурі попиту на транспорт, роль планувальників громадського транспорту має бути переглянута та розширена. Використання новітніх технологій та інноваційних інструментів у плануванні дозволяє забезпечити гнучкі, адаптивні та ефективні рішення для мобільності, що відповідають потребам динамічно змінюваних міських середовищ. Тому інтеграція цифрових технологій, аналітичних методів та принципів стійкого розвитку у процес планування стає необхідною умовою для підвищення ефективності громадського транспорту і рівня комфорту життя в містах.*

*Використання сценаріїв «що-якщо» є потужним інструментом для моделювання різних варіантів розвитку мережі громадського транспорту. Це дає змогу прогнозувати зміни в потребах населення, реагувати на демографічні коливання та оптимізувати рішення з урахуванням просторових обмежень і потенційних обсягів пасажиропотоків. Таким чином, впровадження інноваційних підходів забезпечує прозорість і злагодженість у процесі планування, підвищує зручність користування транспортом та сприяє сталому розвитку міського середовища.*

*Ключові слова: Bus Rapid Transit (BRT); транспортне планування; автобусна мережа; зупинки; зелені хвилі.*

**Постановка проблеми.** Розвиток міської транспортної інфраструктури є пріоритетом для забезпечення мобільності населення. Планування автобусної мережі має враховувати транспортні потоки, частоту обслуговування, зручність пересадок і розташування зупинок. Мета дослідження полягає у вивченні перспектив впровадження системи Bus Rapid Transit (BRT) у міських агломераціях України, для підвищення пропускнуої здатності та швидкості перевезень. Така система сприяє зниженню заторів і розвантаженню автомобільного трафіку, а також забезпечує стійкий розвиток транспортної інфраструктури в умовах зростання кількості міського населення та якості забезпечення перевезень.

Для оптимального функціонування громадського транспорту застосовуються кілька рівнів планування — стратегічний, тактичний і операційний. Це забезпечує інтеграцію новітніх технологій та науково обґрунтованих рішень для розв'язання сучасних транспортних проблем і підвищення якості обслуговування пасажирів.

Ефективне планування автобусної мережі включає оптимізацію маршрутів, кількості зупинок і їх розташування для забезпечення швидкого та комфортного пересування. Інженери-планувальники повинні враховувати змінні фактори, зокрема час поїздки, частоту пасажиропотоку та вплив транспортних потоків на навколишнє середовище.

Одним із ключових аспектів, що впливає на швидкість і зручність пересування пасажирів, є розташування зупинок, які мають відповідати критеріям доступності та ефективного покриття міських районів. Розміщення зупинок є делікатним завданням.

Відстані між автобусними зупинками впливають на час у дорозі. Оператор TransLink, автобусні перевезення Ванкуверу (Канада) у 2020 року збалансував автобусні зупинки на п'яти маршрутах. Це заощадило пасажиром до десяти хвилин на поїздку туди й назад у найбільш завантажений час доби. Це також дозволило знизити пікові навантаження на автопарк та заощадити 700 000 канадських доларів на щорічних експлуатаційних витратах.

**Мета дослідження.** Використання інноваційних підходів для планування міської мобільності.

### **Основний зміст дослідження.**

#### 1. Досвід Дакару у створенні BRT системи.

Ефективне планування автобусної мережі включає оптимізацію маршрутів, кількості зупинок і їх розташування для забезпечення швидкого та комфортного пересування. Інженери-планувальники повинні враховувати змінні фактори, зокрема час поїздки, частоту пасажиропотоку та вплив транспортних потоків на навколишнє середовище. Одним із ключових аспектів,

що впливає на швидкість і зручність пересування пасажирів, є розташування зупинок, які мають відповідати критеріям доступності та ефективного покриття міських районів.



Рис.1. Схема реалізації BRT коридору в Дакарі

Проектне рішення Дакару (Сенегал, західна Африка) було відмічено у звіті проекту eBRT2030 (European Bus Rapid Transit of 2030). Агломерація Дакар становить 0,3% національної площі, в ній зосереджено 24% населення Сенегалу, 50% міського населення і 66% економічної активності країни. 70% зареєстрованого автопарку, а це близько 324 000 транспортних засобів, циркулює в Дакарі. Крім того, спостерігається контекст сильного зростання населення: 2,6 млн жителів у 2005 році, 3,6 млн жителів у 2018 році та +100 000 жителів щорічно. Особливістю даного проекту є використання одного виділеного коридору одразу чотирма видами автобусного перевезення:

1) зупинка на усіх станціях; 2) зупинка на певних станціях; 3) зупинка на найважливіших станціях; 4) експрес-лінія без зупинок.

Метою напівекспресних та експрес-ліній є скорочення часу простою на станціях і, отже, оптимізація транспортного часу за рахунок збільшення комерційної швидкості. Час у дорозі за цим маршрутом скоротиться вдвічі, з 90 до 45 хвилин, запроєктована потужність до 300 000 пасажирів на день.

В 2014 році уряд Сенегалу почав роботу над удосконалення транспортної системи Агломерації Дакар. В січні 2017 року був опублікований фінальний звіт. Початок робіт було заплановано на кінець 2019 року.

Фінансування даного проекту велося трьома інституціями: фінансовий внесок Європейського Інвестиційного Банку склав 80 мільйонів євро, що свідчить про плідну співпрацю між ЄІБ, Державою Сенегал та Світовим банком.

## 2. Планування автобусної мережі та використання зелених хвиль для пріоритизації громадського транспорту.

Розробка інфраструктури для швидкісного автобусного транспорту (BRT) може істотно підвищити пропускну здатність та прискорити транспортні потоки, завдяки виділеним смугам та оптимізованому управлінню рухом. Проте така система часто стикається з викликом впровадження «зелених хвиль», які забезпечують послідовну роботу світлофорів для автомобільного руху, але можуть обмежувати пріоритет для громадського транспорту. Для покращення інтеграції BRT систем у міське середовище необхідно налаштувати світлофорні об'єкти так, щоб вони віддавали пріоритет громадському транспорту, зокрема автобусам, для зниження затримок на перехрестях. Ця технологія допомагає підтримувати безперервний рух автобусів і знижує час поїздки пасажирів, зменшуючи ризик заторів і затримок у години пік.

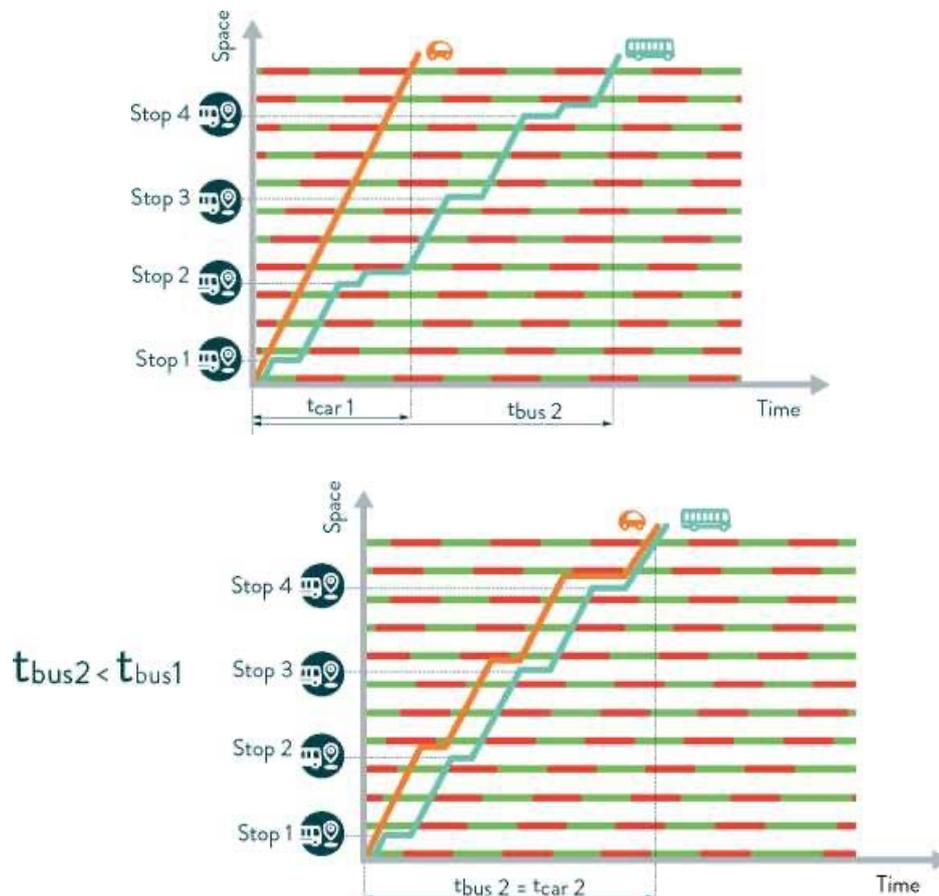


Рис.2. Інфографіка швидкості руху ІТ та ГТ з використанням зеленої гвилі с пріоритизацією для ІТ і ГТ

У сценарії 2 автобус витрачає менше часу на поїздку на ту саму відстань, оскільки йому не потрібно зупинятися на червоне світло світлофора.

Розвиток пріоритетних світлофорних сигналів і покращене управління маршрутами сприяють досягненню балансу між потребами громадського та приватного транспорту. Це не лише підвищує якість транспортного обслуговування, але й сприяє зменшенню шкідливих викидів завдяки стабільному руху транспорту, зниженню витрат на паливо та збільшенню пропускної здатності доріг.

Щоразу, коли автобуси зупиняються, щоб забрати та висадити пасажирів, транспортні засоби громадського транспорту втрачають темп зеленими хвилями, стикаючись із червоним світлом. Врахування швидкості комерційного автобуса в програмуванні та управлінні світлофорами автоматично збільшує швидкість автобуса при наявності автобусних смуг.

### 3. Іноваційні підходи та інструменти для планування транспорту.

Іноваційні підходи до планування автобусної мережі передбачають використання цифрових технологій, таких як системи моделювання пасажиропотоків і візуалізації транспортних рішень, які забезпечують інтеграцію аналізу реальних даних у процес планування. Інтерактивні аналітичні платформи, здатні прогнозувати попит на перевезення та оцінювати потенційний вплив нових маршрутів на загальну ефективність транспортної мережі, дають можливість оцінити вплив можливих змін у режимі реального часу. Використання ізохронних карт дозволяє детально проаналізувати вплив розташування зупинок та нових маршрутів на загальний доступ до транспортної мережі.

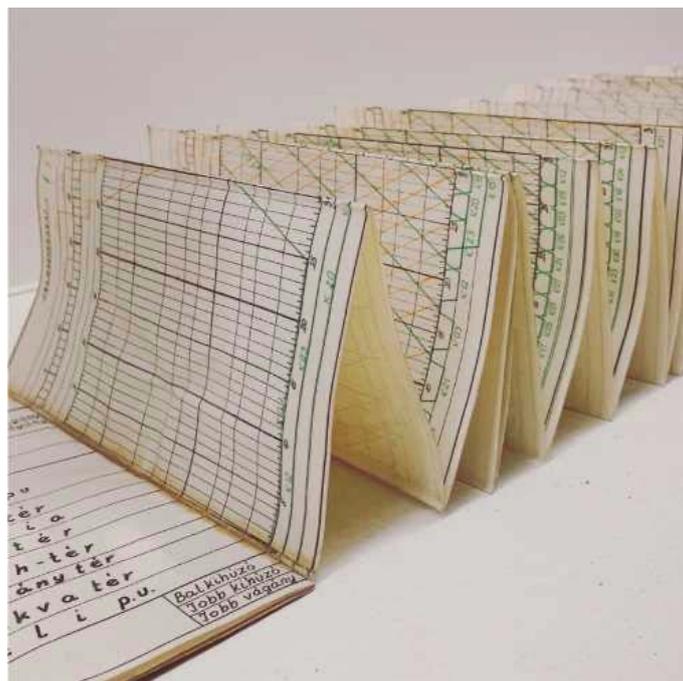


Рис. 3. Схема планування, представлена в Будапештському підземному музеї тисячоліття.

Однак базові розрахунки від руки та електронні таблиці все ще використовувалися для швидких перевірок та приблизних оцінок планування автобусів.

#### 4. Платформа збору даних системи BRT в різних країнах.

BRTData є проектом BRT+ CoE, Центру передового досвіду для BRT (Bus Rapid Transit). Побудова платформи та збір даних є результатом партнерства між членами BRT+ CoE та ITDP. Інститут політики транспорту та розвитку (ITDP) працює по всьому світу над розробкою та впровадженням високоякісних транспортних систем і політичних рішень, які роблять міста більш придатними для життя, справедливішими та стійкими.

Cervero пропонує наступне визначення: швидкісний автобусний транспорт – це «високоякісна система громадського транспорту на основі автобусів, яка забезпечує швидку, комфортну та економічно ефективну міську мобільність завдяки забезпеченню відокремленої інфраструктури смуги відведення, швидкій та частій роботі, а також відмінному маркетингу та обслуговуванню клієнтів» (Cervero 2013).

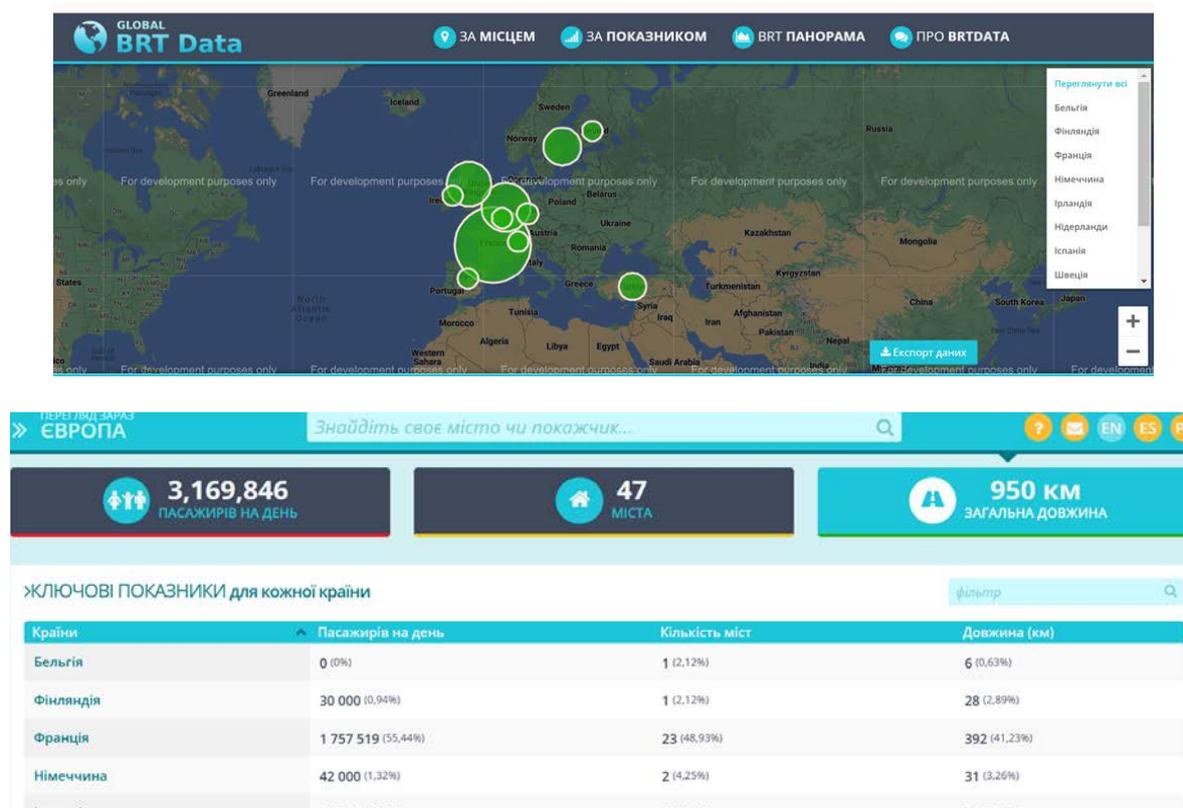


Рис. 4. Інтерфейс пратформи GLOBAL BRT Data

На сьогоднішній день системи типу BRT працюють в 191 містах по всьому світу, з яких 47 міст в Європі, щодня перевозячи 31,5 мільйона пасажирів, 58% з них розташовані в Латинській Америці або Азії і 25% в Європі.

Третина кілометрів маршрутів швидкісного автобусного транспорту та майже дві третини (63%) пасажирських перевезень припадають на Латинську Америку [4].

#### 5. Загальні характеристики запровадження BRT коридорів в різних країнах світу.

При розгляді загальних особливостей систем швидкісного автобусного транспорту в різних географічних регіонах (Африка, Азія, Європа, Австралія, і ін.) можна помітити, що системи швидкісного автобусного транспорту в Африці та Австралії мають найшвидші системи швидкісного автобусного транспорту, але вони мають менше кілометрів смуг руху, менше станцій і більшу відстань між станціями. З іншого боку, азіатські та латиноамериканські системи широко розвинули свої транспортні системи з більшою кількістю станцій, кілометрами ексклюзивних смуг та пасажиропотоку на день. Європейські системи швидкісного автобусного транспорту, що стосується їх загальних особливостей, схоже, стоять між цими двома моделями. У наведеній таблиці відображені загальні характеристики систем швидкісного автобусного транспорту, розділених за континентами.

Таблиця 1

Загальні характеристики систем швидкісного автобусного транспорту на  
КОНТИНЕНТАХ

характеристика	Африка	Латинська Америка	Азія	Північна Америка	Європа	Австралія
Кількість міст	6	45	46	63	22	5
Довжина відокремлених смуг (км)	152	2,003	1,691	744	919	109
Загальна кількість станцій	143	3066	1934	867	1135	114
Середня кількість станцій на лінії	18	16	23	20	23	12.6
Середня відстань між станціями (м)	995	653	890	1005	656	1758
Поїздок на день	491,578	20,785,206	9,238,060	1,005,796	2,914,113	436,200
Середня вартість проїзду (\$)	0,99	0,63	0.49	2.33	2.3	3.77
Робоча швидкість (км/год)	30	22	23	28	23	37
Вартість інфраструктури (млн.дол./ )	7.83	12.65	17.78	8.75	11.53	56.17

Одним із найбільш значущих впливів систем швидкісного автобусного транспорту є збільшення пасажиропотоку та скорочення часу в дорозі. Найбільше скорочення часу в дорозі та збільшення пасажиропотоку спостерігалося в містах, де лінія швидкісного автобусного транспорту була відокремлена від інших видів транспорту.

Таблиця 2

Кількісні показники у деяких BRT системах (до/після впровадження)

<b>МІСТО: НАЗВА СИСТЕМИ BRT</b>	<b>ЗБІЛЬШЕННЯ ПАСАЖИРОПОТОКУ ТА/АБО СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ В ДОРОЗІ</b>
Париж: Транс-Валь-де-Марн	134% збільшення пасажиропотоку після відкриття з 16-хвилинним скороченням часу в дорозі по 20-кілометровому коридору
Дублін: Якісні автобусні коридори	125% збільшення пасажиропотоку для північно-східного коридору Малахайд і 63% для південного коридору Стіллорган
Мадрид: система Bus-VAO	Скорочення часу в дорозі на 33%, збільшення пасажиропотоку на 85%.
Брісбен, Австралія	Кількість пасажирів збільшилася на 56% завдяки повністю відокремленій системі з пріоритетом сигналів світлофору, що призвело до скорочення часу в дорозі на 70%.
Транзитна лінія Ліверпуль-Парраматта в Сіднеї	51% скорочення часу в дорозі та 56% збільшення пасажиропотоку
Клівлендський коридор Евкліда BRT, США	Збільшення пасажиропотоку на 60% після двох років експлуатації завдяки значній сегрегації системи, що забезпечило збільшення швидкості на 34%.
Гонолулу, Гаваї	Скорочення часу в дорозі на 49% призвело до збільшення пасажиропотоку на 59% після одного року роботи
Майамі: Автобусна магістраль Південний Майамі-Дейд	50% збільшення пасажиропотоку при скороченні часу в дорозі менш ніж на 10%

## ВИСНОВКИ

Ефективне планування автобусної мережі у міському середовищі є ключовим елементом забезпечення надійної мобільності. Використання системи BRT, у поєднанні з інноваційними підходами до планування та управління рухом, дозволяє створити більш стійкі та швидкісні маршрути для пасажирів, що сприяє зниженню заторів та підвищенню якості транспортного обслуговування. Інженери-планувальники, застосовуючи новітні інструменти для аналізу та прогнозування, можуть розробляти рішення, що відповідають реальним потребам міст, підвищують зручність і скорочують час поїздок. Інтеграція цифрових технологій у процес планування є важливим кроком для підвищення якості життя у великих містах та сприяє сталому розвитку міської інфраструктури.

Ключові характеристики BRT системи які забезпечують підвищення ефективності роботи транспортної системи міста:

**1. Підвищення транспортної ефективності:** Впровадження системи BRT у міську інфраструктуру дозволяє значно збільшити пропускну здатність транспортних мереж та оптимізувати транспортні потоки. Виділені смуги та пріоритетні світлофори скорочують час у дорозі, що особливо важливо для густонаселених міських агломерацій.

**3. Покращення якості обслуговування пасажирів:** Завдяки швидкості та зручності пересування, BRT підвищує привабливість громадського транспорту для населення. Різні рівні маршрутів (із усіма зупинками, частковими зупинками та експрес-лініями) забезпечують широкий вибір для пасажирів, що відповідає їхнім потребам у швидкості й доступності.

**4. Іноваційні підходи до планування:** використання новітніх технологій в аналізі попиту та плануванні маршрутів забезпечує стабільність в перевезеннях, максимальний мікро- та макро-економічний ефекти.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. BUS NETWORK PLANNING FROM THE OPERATORS' PERSPECTIVE OCTOBER | 2022. URL: <https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2022/10/Report-Bus-Network-planing-Oct22-web-2.pdf>.

2. План дій ЄС щодо нульового забруднення. URL: [https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan\\_en](https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan_en).

3. Швидкий транзитний автобус для покращення міської мобільності між Дакаром і Гедіавай. URL: <https://www.cetud.sn/index.php/projets/brt-dakar>.

4. Сайт моніторингу BRT систем у світі. URL: <https://brtdata.org/>.

5. Трансформація міст з швидкісною автобусною системою. URL: [https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/07/BRT\\_ENG\\_Web.pdf](https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/07/BRT_ENG_Web.pdf).

Candidate of Technical Sciences, Professor **Mykola Osetrin**,  
Postgraduate student **Svitlana Karban**,  
Kyiv National University of Construction and Architecture

### BRT AS A STRUCTURAL ELEMENT OF THE CITY'S TRANSPORTATION SYSTEM

Despite its importance, the work of public transportation planners is often overlooked by drivers, passengers, and the general public, yet it is key to ensuring a high quality of life in urban agglomerations. Their activities include designing hubs and trunk routes, creating infrastructure that connects vehicles, networks, and

resources. In response to the growing pace of urbanization and the increasing demand for mobility, planners use innovative technologies to develop integrated transportation solutions that meet the needs of cities and improve the quality of life of their residents.

In the context of the current challenges of urbanization and changes in the structure of transport demand, the role of public transport planners should be revised and expanded. The use of the latest technologies and innovative tools in planning allows for flexible, adaptive, and efficient mobility solutions that meet the needs of dynamically changing urban environments. Therefore, the integration of digital technologies, analytical methods, and sustainable development principles into the planning process is becoming a prerequisite for improving the efficiency of public transport and the overall level of comfort in cities.

The development of “what-if” scenarios is a powerful tool for modeling various options for the development of a public transport network. This allows us to predict changes in the needs of the population, respond to demographic fluctuations, and optimize solutions based on spatial constraints and potential passenger volumes. Thus, the introduction of innovative approaches ensures transparency and coherence in the planning process, increases the convenience of using transport and contributes to the sustainable development of the urban environment.

Keywords: Bus Rapid Transit (BRT); transport planning; bus network; bus stops; green waves.

## REFERENCES

1. BUS NETWORK PLANNING FROM THE OPERATORS' PERSPECTIVE OCTOBER | 2022. URL: <https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2022/10/Report-Bus-Network-planing-Oct22-web-2.pdf>. {in English}
2. EU Zero Pollution Action Plan. URL: [https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan\\_en](https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan_en). {in English}
3. Rapid transit bus to improve urban mobility between Dakar and Gediawai. URL: <https://www.cetud.sn/index.php/projets/brt-dakar>. {in English}
4. Website for monitoring BRT systems in the world. URL: <https://brtdata.org/>.
5. Transformation of cities with a bus rapid transit system. URL: [https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/07/BRT\\_ENG\\_Web.pdf](https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/07/BRT_ENG_Web.pdf). {in English}