

УДК 330.342.3

DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3583/37.2>

Приймак В.О.

аспірант

Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. БекетоваORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3853-3595>

ПОРІВНЯЛЬНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АВТОБУСНОГО СПОЛУЧЕННЯ ТА МЕТРОПОЛІТЕНІВ: СВІТОВИЙ ДОСВІД ТА УКРАЇНСЬКІ РЕАЛІЇ

У статті проведено порівняльний аналіз ефективності використання метрополітенів та автобусного сполучення на прикладі світових мегаполісів та міст України. Розглянуто економічні, екологічні, та соціальні аспекти функціонування обраних видів міського громадського транспорту. Запропоновано набір ключових індикаторів ефективності (собівартість перевезення одного пасажирів, питоме енергоспоживання, обсяги викидів CO₂ на один пасажиро-кілометр, швидкість перевезення) та здійснено розрахунок інтегрального показника ефективності. Встановлено, що найбільш ефективною є модель взаємного доповнення метрополітенів та всіх інших видів міського наземного громадського транспорту в умовах єдиного планування, єдиної тарифної політики та інтегрованої логістики. Отримані результати мають прикладний характер і можуть бути використані органами місцевого самоврядування та транспортними операторами для прийняття стратегічних рішень щодо напрямків подальшого розвитку транспортної системи наших міст.

Ключові слова: ефективність, міський громадський транспорт, метрополітен, автобусні перевезення, мультимодальна інтеграція, сталий розвиток мобільності, пасажироперевезення.

Постановка проблеми. В умовах підвищеного попиту на перевезення міським громадським транспортом, енергетичну нестабільність та обмеженість транспортної інфраструктури перед українськими містами постає завдання формування ефективної системи громадського транспорту. Серед ключових елементів цієї системи – автобуси та метрополітени. Перші – не так залежать від нестабільного електропостачання і часто приходять на заміну трамваям і тролейбусам в періоди блекаутів, а другі крім своєї основної функції – перевезення значної кількості пасажирів, слугують надійним укриттям для населення у весь період повномасштабної війни. Хоча ці два види громадського транспорту мають різну вартість основних засобів, пропускну здатність, екологічність та соціальне навантаження, саме вони були обрані нами для порівняння, бо їх оптимальне поєднання є стратегічним рішенням для кожного із наших міст.

Світовий досвід показує, що успішні транспортні системи базуються не на перевазі одного виду громадського транспорту, а на їхній взаємодоповнюваності. Водночас українські реалії змушують міські ради заради стабільного пасажироперевезення в середині міст обирати між автобусним сполученням і метрополітеном, ґрунтуючись на короткострокових фінансових міркуваннях, а не на системному аналізі ефективності використання кожного з видів громадського транспорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значна кількість наукових публікацій, представлених як закордонними та вітчизняними науковцями, так і спеціалістами-практиками стосуються пошуків шляхів вирішення проблем громадського транспорту загалом [1–5], а також функціонування окремих його видів: метрополітенів

[6–7], автобусного сполучення [8], трамвайних господарств [9–10], тролейбусних систем [11–12]. В деяких з них йдеться про роботу транспорту в окремих містах. Так, роботи В.В. Стаматіна [6–7] присвячені роботі Харківського метрополітену, а робота Є.Н. Водовозова [8] – функціонуванню автобусного сполучення м. Києва. Формуванню тарифів на послуги міського громадського транспорту присвячена робота О.Ю. Паланта [13]. Проблематиці ціноутворення та об'єднанню послуг міського та приміського транспортного сполучення присвячена робота Ю.О. Тараруєва [14]. Серед закордонних публікацій привертає увагу робота, присвячена роботі громадського транспорту столиці Філіппін Маніли [15], робота [16] присвячена особливостям функціонування громадського транспорту окремих регіонів Італії. Багато інформації стосовно роботи громадського транспорту в країнах світу містять звіти Міжнародного союзу громадського транспорту UITP [17], міжнародної Організації економічного розвитку та співробітництва OECD [18], Світового банку World Bank [19].

Мета статті – здійснити порівняльний аналіз ефективності використання автобусів і метрополітену в контексті світового досвіду та українських реалій, визначити оптимальні умови їх застосування, а також окреслити перспективи інтеграції цих видів транспорту в єдину сталу міську транспортну систему.

В ході проведення дослідження маємо вирішити наступні завдання: визначити основні критерії ефективності функціонування метрополітенів та внутрішньоміського автобусного сполучення (економічні, соціальні, екологічні, інфраструктурні); проаналізувати приклади світових моделей взаємодії автобусів і метрополітену;



оцінити українські практики транспортного сполучення у містах з різною транспортною інфраструктурою; сформулювати практичні рекомендації щодо оптимального розвитку обох видів громадського транспорту в Україні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Перш за все розглянемо теоретичні основи ефективності внутрішньоміського автобусного сполучення та систем метрополітенів. Ці порівняння ґрунтуються на групі економічних показників. Для проведення аналізу ми обрали такі з них: економічна ефективність – собівартість перевезень, капітальні та операційні витрати, доходи від перевезень; транспортна ефективність – пасажиромісткість, швидкість, пропускна здатність; екологічність – рівень викидів CO₂ на пасажиро-кілометр; соціальна ефективність – доступність, зручність, повнота охоплення міських районів.

Економічні формули для оцінювання ефективності за обраними показниками зведені в табл. 1.

Розраховуємо інтегральний показник ефективності E_{int} , нормалізуючи всі ключові показники до безрозмірної шкали (наприклад, від 0 до 1), зваженою сумою:

$$E_{int} = w_1 \cdot \tilde{C}_p + w_2 \cdot \tilde{T}_e + w_3 \cdot \tilde{E}_p + w_4 \cdot \tilde{V},$$

де w_n – вагові коефіцієнти залежно від пріоритету (див. табл. 1); $\tilde{x}$ – нормалізоване значення показника x (відносно максимального чи середнього значення по системі, що досліджується).

Дослідження було побудовано на поєднанні кількісного аналізу ефективності функціонування метрополітенів і автобусного сполучення та порівняльного аналізу практик 5 міст світу і 5 українських міст. Також були застосовані методи економічної оцінки, енергетичної ефективності, аналізу витрат на одиницю послуги та метод інтегрального порівняння (за декількома критеріями). Підходи базувалися на принципах аналізу економічної ефективності (cost-effectiveness analysis), багатокритеріальному аналізі рішень (multi-criteria decision analysis – MCDA) та бенчмаркінгу (benchmarking) – аналізі та порівнянні показників підприємств з кращими світовими практиками з метою виявлення можливостей для покращення на інших підприємствах. Розрахунки проводились з використанням узагальнених показників досліджуваних транспортних підприємств.

Також зауважимо, що для інтегрального показника застосовувались експертні вагові коефіцієнти (w_n), що можуть впливати на кінцевий результат, а оцінка викидів CO₂ базувалась на усереднених коефіцієнтах викидів.

Для порівняння автобусного сполучення та роботи метрополітенів використовувалися базові показники, що ми вище зібрали в табл. 1, а саме C_p , грн/пас. – собівартість перевезення одного пасажирів; T_e , пас./год – сумарна економія часу поїздки; E_p , л/пас. або кВт·год/пас. – енергоспоживання із розрахунку на одного пасажирів; V , г/пас. км – викиди оксиду вуглецю на пасажиро-кілометр; P_p , пас./км – продуктивність системи на 1 км маршруту. Після збору даних здійснювали нормалізацію показників та розрахунок інтегрального індексу ефективності E_{int} для обраних видів громадського транспорту в кожному місті.

Для дослідження обрали 5 міст країн світу (з Європи, Азії та Південної Америки) з високим, але все ж таки різним ступенем розвитку транспортної інфраструктури, акцент робили лише на метрополітенах та автобусному сполученні: 1) Париж, Франція, де транспортна система RATP є прикладом інтеграції метро й автобусів; 2) Стамбул, Туреччина, як приклад налагодженої взаємодії метро та метробусів у розгалуженій транспортній мережі міста; 3) Богота, Колумбія, транспортна BRT-система TransMilenio та перспективи будівництва метро (BRT – вид громадського транспорту, який використовує автобуси для перевезення пасажирів, але з характеристиками, наближеними до метрополітенів); 4) Варшава, Польща, де успішно функціонує сучасна модель метрополітену й автобусного сполучення; 5) Пекін, Китай, де спостерігається масштабне співіснування автобусів і метрополітену.

Серед українських міст для дослідження були обрані: 1) Київ, де існує єдиний в Україні багатолінійний метрополітен та розвинена автобусна мережа; 2) Харків, де метро функціонує в умовах воєнних обмежень і де автобусне сполучення, крім іншого, використовується як резерв (заміна тролейбусам і трамваям) під час блекаутів; 3) Дніпро, третє місто України, де функціонує мале за розміром метро і спостерігається велика залежність від автобусів; 4) Львів, місто в якому відсутнє метро, а основна модель транспортного сполучення – автобусно-трамвайна; 5) Вінниця, де традиційно ефективно використовуються автобуси і тролейбуси при відсутності метрополітену.

Таблиця 1 – Формули для визначення показників ефективності

Показник	Формула	Умовні позначення
Собівартість перевезення одного пасажирів (C_p)	$C_p = \frac{C_{exp}}{P}$	C_{exp} – загальні операційні витрати за період (грн.); P – кількість перевезених пасажирів за період (чол.);
Продуктивність перевезень (P_p)	$P_p = \frac{P}{L}$	L – довжина мережі (км); P_p – кількість пасажирів на 1 км лінії (пас./км); E_{tot} – спожита енергія
Енергоспоживання* на одного пасажирів (E_p)	$E_p = \frac{E_{tot}}{P}$	(л палива або кВт/год); $\bar{t}_{bas}, \bar{t}_{metro}$ – середній час поїздки відповідно автобусом та метро (год.);
Потенційна економія часу** (T_e)	$T_e = (\bar{t}_{bas} - \bar{t}_{metro})$	T_e – сумарна економія пасажиро-хвилин/годин; EF – коефіцієнт викиду CO ₂ на одиницю палива або енергії;
Оцінка екологічного ефекту (CO ₂ /пас-км)	$V = \frac{E_{tot} \cdot EF}{D \cdot P}$	D – сумарна відстань (км); V – обсяг викидів на пасажиро-кілометр (г/пас.км)

* Зазвичай метро має менше значення E_p , ніж автобус, особливо в умовах пікового завантаження.

** У разі більш високої середньої швидкості метро ($\bar{v}_{metro} > \bar{v}_{bas}$) цей показник може свідчити про високу соціально-економічну вигоду метрополітену.

Джерело: складено автором

Світовий досвід поєднання автобусів і метро у великих містах свідчить про наступне:

1. Париж має інтегровану транспортну модель з акцентом на комфорт. Особливості системи: 16 ліній метро та понад 300 автобусних маршрутів; єдиний тариф на поїздки в межах зони; високий рівень інтермодальності – пересадки метро-автобус займають менше 5 хвилин; гарна узгодженість графіків руху; єдиний транспортний оператор координує весь громадський транспорт. Показники ефективності цієї транспортної системи представлені в табл. 2.

Отже, для цього міста характерно, що метрополітен більш ефективний в екологічному та енергетичному плані, автобуси забезпечують доступність у віддалених та негустонаселених районах.

2. Стамбул має багаторівневу транспортну систему з високим пасажиронавантаженням. Особливості системи: 11 ліній метро, система Metrobüs (BRT) та автобуси загалом перевозять понад 4 млн пас/добу та мають пасажирозавантаженість транспортних засобів у години пік до 200%. Показники ефективності цієї транспортної системи представлені в табл. 3.

Отже, турецька BRT-система наземного громадського транспорту є економічно ефективною альтернативою метрополітену, хоча поступається в екологічності та комфорті.

3. Богота, де транспортна система міста – автобуси замість метро. Особливості системи: за відсутності метро транспортна BRT-система TransMilenio представлена переважно великовмісними автобусами, що рухаються по

окремим смугам та обслуговуються централізованим диспетчерським контролем за допомогою маршрутизаторів SITP, що встановлені на кожному транспортному засобі. Показники ефективності цієї транспортної системи представлені в табл. 4.

Отже, транспортну систему Баготи характеризує висока швидкість та помірна собівартість, але автобуси мають серйозні проблеми з перевантаженням, надмірними викидами та зручністю для пасажирів.

4. Варшава, де транспортна система представлена метрополітенном, автобусами, трамваями та швидкісною міською залізницею. Особливості системи: функціонують 2 лінії метро та велика мережа автобусів; транспортна система побудована за принципом синергії всього громадського транспорту, діє єдиний тариф на пасажироперевезення, але є зонувannya на дві тарифні зони (одна – Варшава, друга – передмістя); разові квитки дійсні протягом 20, 75 або 90 хвилин, залежно від зони. Також доступні денні, 3-денні, вихідні та місячні квитки. Деякі показники ефективності транспортної системи Варшави представлені в табл. 5.

У місті ефективно використовується метрополітен як основний хребет і автобуси як допоміжна транспортна мережа.

5. Пекін – це масштаб і державна підтримка транспортної системи. Її особливості: 27 ліній метро та тисячі автобусних маршрутів; дотації на всі види транспорту; жорстке регулювання тарифів; понад усе – громадський транспорт – соціальний транспорт. Показники ефективності транспортної системи Пекіну представлені в табл. 6.

Таблиця 2 – Показники ефективності функціонування системи громадського транспорту Парижа

Показник	Метро	Автобуси
Собівартість перевезення одного пасажирів (C_p), євро/пас.	0,89	1,21
Енергоспоживання на одного пасажирів (E_p), кВт·год/пас.	0,14	0,41
Оцінка екологічного ефекту (CO_2 /пас-км), г	8,2	102,5
Середня швидкість, км/год	27	15
Продуктивність перевезень (P_p), пас./км	24 000	3 400

Джерело: складено автором на основі [17–19]

Таблиця 3 – Показники ефективності функціонування системи громадського транспорту Стамбула

Показник	Метро	Метробус	Автобуси
Собівартість перевезення одного пасажирів (C_p), ліра/пас.	6,3	4,9	5,2
Енергоспоживання на одного пасажирів (E_p), кВт·год/пас. або л/пас.	0,18	0,26	0,38
Оцінка екологічного ефекту (CO_2 /пас-км), г	11,0	65,2	103,4
Середня швидкість, км/год	32	24	16

Джерело: складено автором на основі [17–19]

Таблиця 4 – Показники ефективності функціонування системи громадського транспорту Баготи

Показник	Автобуси
Собівартість перевезення одного пасажирів (C_p), дол.США/пас.	0,61
Енергоспоживання на одного пасажирів (E_p), л/пас.	0,35
Оцінка екологічного ефекту (CO_2 /пас-км), г	118,3
Середня швидкість, км/год	26

Джерело: складено автором на основі [17–19]

Таблиця 5 – Показники ефективності функціонування системи громадського транспорту Варшави

Показник	Метро	Автобуси
Собівартість перевезення одного пасажирів (C_p), злот./пас.	3,1	3,8
Оцінка екологічного ефекту (CO_2 /пас-км), г	9,6	87,2
Середня швидкість, км/год	29	18

Джерело: складено автором на основі [17–19]

Отже, для Пекіну метро є основою перевезень, автобуси – для віддалених районів. Великі дотації покривають недоліки обох систем.

Із проведеного дослідження можна зробити такі узагальнення: у всіх досліджуваних містах світу метрополітени демонструють кращу енергоефективність та нижчі показники викидів CO₂, але автобусні маршрути забезпечують гнучкість транспортної системи та їх відрізняє нижча капітальна вартість. Найефективнішими виявились системи, де обидва види транспорту інтегруються через єдину стратегію мобільності (Париж, Варшава). При щільному трафіку метро виправдовує великі інвестиції. Автобуси краще використовувати для малих міст та віддалених житлових районів.

Далі розглянемо результати аналізу ефективності функціонування метрополітенів і автобусів 5 міст України.

1. Київ: наймасштабніша транспортна система України. Її мережа – 3 лінії метро, трамвайні та тролейбусні маршрути, швидкісний трамвай, міська кільцева електричка, понад 150 автобусних маршрутів та фунікулер. Основні проблеми: зношена інфраструктура, понаднормове (за віком) використання рухомого складу, нестача фінансування, фрагментована маршрутна мережа. Показники ефективності транспортної системи Києва представлені в табл. 7.

Отже, київський метрополітен більш економічний вид громадського транспорту, але за умови високого пасажиропотоку; автобусні маршрути важливі для покриття транспортною системою периферії, але мають вищу собівартість пасажироперевезень та менш екологічні.

2. Харків: друга за розмірами транспортна система України, де функціонують метрополітен, трамвай, тролейбуси та автобуси різної форми власності. Мережа метро складається з 3 ліній та діють десятки автобусних маршрутів. Особливості системи громадського транспорту м. Харкова – великі руйнування через воєнні дії з частковим відновленням у продовж 2023–2025 років. Показники ефективності цієї транспортної системи наведені в табл. 8.

Отже, метро залишається основою міського трафіку, автобуси швидко приходять на заміну наземному електро-транспорту під час блекаутів, але їх використання відрізняється меншою ефективністю та меншою екологічністю.

3. Дніпро: автобусна домінанта при слабкому метро. Транспортна мережа міста представлена 1 гілкою метро, трамвайними та тролейбусними маршрутами, але автобуси – основа громадського транспорту міста. Вони перевозять до 60% пасажирів. Показники ефективності цієї транспортної системи представлені в табл. 9.

Отже, для транспортної системи Дніпра характерно: вартість перевезень метрополітеном висока через малі обсяги пасажироперевезень, він виявляється неефективним без розширення. Автобуси дешевші, але створюють затори й забруднюють міське повітря.

4. Львів: місто без метро, а його транспортна мережа представлена автобусами, тролейбусами і трамваями. Близько 500 автобусів щоденно виходять на маршрути. Показники ефективності автобусної системи Львова представлені в табл. 10.

Отже, за умови відсутності метро Львів має перевантажену автобусну мережу. Має можливість розвитку BRT- або LRT-систем (Light Rail Transit) як компроміс.

Таблиця 6 – Показники ефективності функціонування системи громадського транспорту Пекіну

Показник	Метро	Автобуси
Собівартість перевезення одного пасажирів (C_p), юань/пас.	3,2	2,8
Оцінка екологічного ефекту (CO ₂ /пас-км), г	7,4	81,5
Пропускна здатність, пас./год	>50 000	<10 000

Джерело: складено автором на основі [17–19]

Таблиця 7 – Показники ефективності функціонування системи громадського транспорту Києва

Показник	Метро	Автобуси
Собівартість перевезення одного пасажирів (C_p), грн/пас.	11,8	14,6
Енергоспоживання на одного пасажирів (E_p), екв. кВт-год/пас.	0,16	0,39
Оцінка екологічного ефекту (CO ₂ /пас-км), г	10,2	95,4
Середня швидкість, км/год	32	17
Продуктивність перевезень (P_p), пас./км	16 000	2 700

Джерело: складено автором на основі [20]

Таблиця 8 – Показники ефективності функціонування системи громадського транспорту Харкова

Показник	Метро	Автобуси
Собівартість перевезення одного пасажирів (C_p), грн/пас.	13,2	15,1
Оцінка екологічного ефекту (CO ₂ /пас-км), г	12,7	101,8
Продуктивність перевезень (P_p), пас./км	11 200	2 200

Джерело: складено автором

Таблиця 9 – Показники ефективності функціонування системи громадського транспорту Дніпра

Показник	Метро	Автобуси
Собівартість перевезення одного пасажирів (C_p), грн/пас.	~24,7	13,9
Оцінка екологічного ефекту (CO ₂ /пас-км), г	15,1	97,3
Швидкість, км/год	28	16

Джерело: складено автором на основі [20]

5. Вінниця – гарний приклад раціонального автобусно-тролейбусного балансу. За відсутності метро мережа громадського транспорту представлена переважно троллейбусами і електробусами. Показники ефективності транспортної системи Вінниці наведені в табл. 11.

Отже, інвестиції в електротранспорт (придбання електробусів) окупаються як з екологічної так і з економічної точки зору, однак транспортна модель варта масштабування.

Із «української» частини проведеного дослідження можна зробити такі узагальнення: у великих містах (Київ, Харків) метрополітени мають нижчі показники викидів CO₂ та нижчі витрати на пасажироперевезення, але за умов високої завантаженості мережі. В інших містах (Львів, Вінниця, Дніпро) автобуси залишаються осно-

вою їхніх систем громадського транспорту, але поступаються за екологічністю. Головна проблема українських міст – відсутність єдиної транспортної моделі, дублювання маршрутів, нестабільне фінансування та хронічне недоінвестування.

На основі зіставлення кількісних показників (табл. 2–11), можна сформулювати узагальнення щодо порівняльної ефективності метрополітенів та автобусного сполучення – табл. 12 та зробити аналітичне порівняння ефективності метро та автобусів – табл. 13.

Отже, з огляду на дані табл. 12–13 можна зробити висновок, що при великій кількості пасажирів та стабільному фінансуванні метрополітени є більш ефективним видом громадського транспорту, ніж автобуси, але останні більш вигідні у середніх/менших містах

Таблиця 10 – Показники ефективності функціонування автобусної системи Львова

Показник	Автобуси
Собівартість перевезення одного пасажирів (C_p), грн/пас.	~15,2
Енергоспоживання на одного пасажирів (E_p), л/пас.	0,42
Оцінка екологічного ефекту (CO ₂ /пас-км), г	99,4
Середня швидкість, км/год	15

Джерело: складено автором на основі [20]

Таблиця 11 – Показники ефективності функціонування системи громадського транспорту Вінниці

Показник	Автобуси	Тролейбуси
Собівартість перевезення одного пасажирів (C_p), грн/пас.	14,1	9,7
Оцінка екологічного ефекту (CO ₂ /пас-км), г	91,8	~5,3
Швидкість, км/год	18	20

Джерело: складено автором на основі [20]

Таблиця 12 – Порівняння метрополітенів та автобусного сполучення за середніми показниками ефективності у вибраних містах

Критерій	Метрополітен	Автобуси
Собівартість перевезення одного пасажирів (C_p), грн/пас.	Нижча при великій завантаженості	Вища, особливо у великих містах
Швидкість перевезення, км/год	Висока (25–35 км/год)	Середня (15–20 км/год)
Оцінка екологічного ефекту (CO ₂ /пас-км), г	Дуже низька (5–12 г/пас-км)	Висока (80–120 г/пас-км)

Джерело: складено автором

Таблиця 13 – Аналітичне порівняння ефективності метро та автобусів

Критерій	Метрополітен	Автобуси
Пропускна здатність	Дуже висока (до 60 тис. пас./год у напрямку)	Середня (до 10 тис. пас./год у напрямку)
Витрати на інфраструктуру	Високі капітальні інвестиції, тривалий строк окупності	Нижчі початкові витрати, швидкий запуск
Собівартість перевезення	Нижча при великих обсягах перевезень	Вища, залежно від обсягу та типу палива
Екологічність	Низький рівень викидів	Залежить від типу транспортного засобу: дизельні автобуси – високі викиди, електробуси – низькі
Гнучкість маршрутів	Обмежена (незмінна інфраструктура)	Висока гнучкість – можливість змінювати маршрути
Залежність від трафіку	Мінімальна (власні тунелі)	Висока – залежність від заторів
Час очікування/інтервали	Низький інтервал у години пік (2–4 хв)	Змінюється залежно від завантаженості
Експлуатаційні витрати	Високі, але стабільні (на пасажироодиночку)	Відносно нижчі, але не стабільні
Соціальний ефект	Покращення мобільності, вплив на розвиток міста	Доступність для віддалених районів
Інклюзивність	Потребує додаткових інвестицій для повного забезпечення доступності	Легше адаптується до потреб маломобільних осіб
Інвестиційна вартість	Дуже висока	Помірна
Окупність у довгостроковій перспективі	Висока за умов стабільного пасажиропотоку	Залежить від умов експлуатації

Джерело: складено автором

або в якості доповнення системи міського громадського транспорту, де основою є метрополітени.

Як відомо, інтеграція – ключ до ефективності, і світовий досвід (Париж, Стамбул, Варшава, Пекін) демонструють, що один вид транспорту не вирішує всіх проблем; найбільш ефективними є комбіновані моделі, де метро виконує магістральну функцію, а автобуси розв'язують транспортну проблему віддалених міських районів і виконують функцію підвізного транспорту к станціям підземки; єдина тарифна система, інтегровані маршрути, цифрова логістика – все це грає на користь успішній взаємодії всіх видів громадського транспорту, що існують в місті. Так, у Парижі і Варшаві спільний квиток і єдина система планування маршрутів дозволяють збалансувати навантаження і підвищити ефективність без дублювання транспортних послуг.

Українські реалії транспортного сполучення міст мають потенціал до розвитку, але мають і слабкі місця. Перша проблема такого стану речей – фрагментація існуючої транспортної мережі, коли різні перевізники дублюють маршрути один одного, заслабке транспортне планування, не сформовані міські агломерації, щоб об'єднати міське і приміське сполучення. Друга проблема – відсутність стабільного і довгострокового фінансування громадського транспорту, зокрема метрополітенів, недооцінка стратегічної ролі автобусів у розподілі пасажиропотоків. І третя проблема – майже повна відсутність цифрової аналітики пасажиропотоків, що ускладнює розрахунок ефективності всієї транспортної мережі міст і кожного окремого виду громадського транспорту в місті. У той же час українські міста мають потенціал масштабувати свої системи громадського транспорту, але потребують перегляду тарифної політики, оптимізації маршрутної мережі та постійних надійних джерел фінансування.

Висновки. Метрополітени є більш ефективними в порівнянні з автобусами за низкою критеріїв, зокрема за собівартістю перевезення одного пасажир, енергоспоживанням і рівнем викидів CO₂. Переваги за собівартістю проявляються за умов щільного пасажиропотоку (понад 10 тис. пас./год на кожну лінію). В той же час автобусне сполучення відрізняється гнучкістю та нижчими інвестиційними витратами, що робить його привабливим у малих і середніх містах, а також на етапі швидкої адаптації до кризових умов (війна, блокада руху, економічна та енергетична нестабільність). Найефективніші транспортні моделі базуються на інтеграції кількох видів громадського транспорту в межах єдиної тарифної, маршрутної та логістичної політики, і світовий досвід доводить ефективність такої координації.

Щодо українських міст, то вони демонструють різні моделі управління громадським транспортом. Так, най-

крупніші міста України Київ і Харків мають потенціал до масштабування власних транспортних систем і зокрема метрополітену, але залишаються проблеми узгодженості дій транспортних операторів. Львів і Вінниця – міста без метро, де можливе більш ефективне використання автобусів і тролейбусів. Дніпро – приклад того, що неефективне метро стає тягарем для бюджету.

Щодо практичних рекомендацій, то для українських міст, де вже функціонують метрополітени, необхідно приділити більшу увагу інтеграції наземного громадського транспорту та метромережі, а саме: розробити єдиний маршрутний план, облаштувати зручні пересадкові вузли, синхронізувати розклади руху, виключити дублювання маршрутів, наземний громадський транспорт в більшості має виконувати функцію підвізного до станцій підземки. На наступному етапі треба прискорити цифровізацію обліку пасажиропотоків і використовувати ці дані для планування інвестицій. Пріоритизувати оновлення рухомого складу автобусних парків на користь електричних або гібридних моделей. Для міст, де немає метро, впроваджувати швидкісні автобусні лінії на кшталт BRT-систем. Залучати кошти на електрифікацію та оновлення громадського транспорту, зокрема за рахунок міжнародних фінансових інституцій. Закінчити впровадження єдиної електронної системи оплати проїзду, що поширюється на всі види громадського транспорту.

У цій роботі нами здійснена первинна спроба інтеграції кількісного аналізу ефективності автобусного та метро-транспорту в українських умовах. У подальших дослідженнях ми плануємо розширити базу досліджуваних економічних та техніко-технологічних показників роботи громадського транспорту, що може бути отримана за допомогою GPS-даних та аналізу сталої міської мобільності. Планується здійснити дослідження щодо повноти окупності та швидкості повернення транспортних інвестицій в українських реаліях, створити інтегральний індекс ефективності міської мобільності з урахуванням кліматичних, соціальних, інфраструктурних та деяких інших факторів.

Отже, ефективний міський громадський транспорт – це не лише питання економії для кожної української родини чи швидкості та зручності переміщення в середині міст, а й фундаментальна умова міської стійкості, соціальної справедливості та екологічної безпеки. Вибір між автобусом і метро не має бути дилемою, це має бути стратегічне поєднання. Українські міста вже сьогодні мають можливість спиратися на кращі міжнародні практики і формувати свої унікальні транспортні моделі, базуючись на реальних даних, сталому підході з орієнтацією на добробут та якість життя громадян.

Список використаних джерел:

1. Адаменко М.І., Палант О.Ю. Економіко-технічна надійність експлуатації міського електричного транспорту : монографія. Харків : Золоті сторінки, 2014. 144 с.
2. Адменко М.І., Палант О.Ю. Основи техніко-економічної модернізації підприємств міськелектропобудов : монографія. Харків : Золоті сторінки, 2015. 128 с.
3. Палант О.Ю. Стратегія системної модернізації міського електричного транспорту : монографія. Харків : Золоті сторінки, 2016. 360 с.
4. Водовозов Є.Н., Димченко О.В., Палант О.Ю., Тараруєв Ю.О. Проблеми реструктуризації підприємств наземного електричного транспорту : монографія. Харків : Золоті сторінки, 2018. 208 с.
5. Никифоров О.І. Модернізація наземних транспортних систем України : монографія. Київ : НАН України, ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України», 2014. 440 с.

6. Палант О.Ю., Стаматін В.В. Системна результативність роботи підприємств метрополітену (на прикладі КП «Харківський метрополітен»). *Науковий погляд: економіка та управління*, 2019. № 3. с. 160–171.
7. Стаматін В.В. Розвиток підходів до розбудови інфраструктури метрополітенів (на прикладі м. Харків). *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2019. № 67. с. 164–172.
8. Водовозов Є.Н. Інноваційні перетворення автобусного сполучення м. Києва як основа вдосконалення економічного потенціалу столиці. Матеріали Міжнар. наук.-практичн. конф. «Наука та інновації як основні шляхи вдосконалення економічного потенціалу країни», м. Львів, 29 червня 2019, с. 27–29.
9. Джабраїлов А.М., Палант О.Ю. Теорія і методологія розвитку трамвайних колійних господарств України. *Держава та регіони. Сер. Економіка та підприємництво*, 2021. № 4 (121). с. 56–63.
10. Джабраїлов А.М. Розробка пропозицій щодо стратегічних шляхів розвитку трамвайних підприємств України. *Економіка та суспільство*, 2021. Вип. 28. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/513/491>
11. Богодистий П.А., Збарський Л.В., Палант О.Ю. Тролейбуси України. Харків : Золоті сторінки, 2017. 480 с.
12. Богодистий П.А. Пасажирські тролейбуси України. Полтава : ТОВ «АСМІ», 2016. 340 с.
13. Палант О.Ю. Формування економічно обґрунтованих тарифів на послуги підприємств міського електричного транспорту : монографія. Київ : Хімджест, 2014. 174 с.
14. Тараруєв Ю.О., Приймак В.О. Формування вартості транспортних послуг в умовах розосередження міського електричного транспорту. *Підприємництво та інновації*. 2024. № 31. с. 73–78.
15. Y. Lu et al. Who uses smart card? Understanding public transport payment preference in developing contexts, a case study of Manila's LRT. *IATSS Research*. 2019. № 43. pp. 60–68. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0386111218300670>
16. Maurizio Arnone et al. The Potential of E-ticketing for Public Transport Planning: The Piedmont Region Case Study. *Transportation Research Procedia*. 2016. № 18. pp. 3–10. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516307542>
17. Офіційний веб-сайт Саміту MCOT, м. Гамбург, 2025. URL: <https://www.uitsummit.org/hamburg2025/>
18. Офіційний веб-сайт International Transport Forum OECD. URL: <https://www.oecd.org/en/topics/transport.html>
19. Офіційний веб-сайт World Bank Group. URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/transport>
20. Офіційний веб-сайт корпорації Укрелектротранс. URL: <https://www.korpmet.org.ua/>

References:

1. Adamenko M. I., Palant O. Y. (2014). Ekonomiko-tehnichna nadiinst ekspluatatsii miskoho elektrychnoho transportu [Economic and technical reliability of operation of public electric transport]. Kharkiv : Golden Pages.
2. Adamenko M. I. Palant O. Y. (2015). Osnovy tekhniko-ekonomichnoyi modernizatsiyi pidpryyemstv mis'kelektrotransportu [Fundamentals of technical and economic modernization of urban electric transport enterprises]. Kharkiv : Golden Pages.
3. Palant O. Y. (2016). Stratehiya systemnoyi modernizatsiyi mis'koho elektrychnoho transportu [Strategy of system modernization of urban electric transport]. Kharkiv: Golden Pages.
4. Vodovozov Yu. N. and other (2018). Problemy restrukturyzatsiyi pidpryyemstv nazemnoho elektrychnoho transport [Problems of restructuring enterprises of land electric transport]. Kharkiv : Golden Pages.
5. Nykyforuk O. I. (2014). Modernizatsiya nazemnykh transportnykh system Ukrayiny [Modernization of Ukraine's land transport systems]. Kyiv : IEP NANU.
6. Palant O. Yu., Stamatin V. V. (2019). Systemna rezul'tatyvnist' roboty pidpryyemstv metropolitenу (na prykladi KP "Kharkivs'kyi metropoliten") [Systemic performance of metro enterprises (on the example of KP "Kharkivskyi metro")]. *Scientific view: economics and management*. No. 3. pp. 160–171.
7. Stamatin V. V. (2019). Rozvytok pidkhodiv do rozbudovy infrastruktury metropoliteniv (na prykladi m. Kharkiv) [Development of approaches to the development of metro infrastructure (using the example of Kharkiv)]. *Bulletin of Transport and Industry Economy*. No. 67. pp. 164–172.
8. Vodovozov E. N. (2019). Innovatsiyni peretvorenniya avtobusnoho spoluchennya m. Kyieva yak osnova vdoskonalennya ekonomichnoho potentsialu stolytsi [Innovative transformations of the Kyiv bus service as a basis for improving the capital's economic potential]. Materials of the International scientific-practical conf. "Science and innovation as the main ways of improving the economic potential of the country", Lviv, June 29, pp. 27–29.
9. Palant O., Dzhabrailov A. (2021). Teoriya i metodolohiya rozvytku tramvaynykh kolyynykh hospodarstv Ukrayiny [Theory and methodology of tramroad enterprises development in Ukraine] *Derzhava ta regiony*. No 4 (121). pp. 56–63.
10. Dzhabrailov A. M. (2021). Rozrobka propozyziy shchodo stratehichnykh shlyakhiv rozvytku tramvaynykh pidpryyemstv Ukrayiny. [Development of proposals for strategic ways of development of tram enterprises of Ukraine]. *Economy and society*. Vol. 28. Available at: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/513/491>
11. Bogodisty P. A., Zbarsky L. V., Palant A. Yu. (2017). Trolleybuses of Ukraine [Trolleybuses of Ukraine]. Kharkiv : Zoloti storinki.
12. Bogodisty P. A. (2016). Passazhirskiye trolleybuses of Ukraine [Passenger trolleybuses of Ukraine]. Poltava : TOV "ASMI".
13. Palant O. Yu. (2014). Formuvannya ekonomichno obgruntovanykh taryfiv na posluhy pidpryyemstv mis'koho elektrychnoho transportu [Formation of economically justified tariffs for the services of urban electric transport enterprises]. Kyiv: Khimgest.
14. Tararuyev Yu. O., Priymak V. O. (2024) Formuvannya vartosti transportnykh posluh v umovakh rozoseredzhennya mis'koho elektrychnoho transportu [Formation of the cost of transport services in the conditions of the dispersion of urban electric transport]. *Entrepreneurship and Innovation*. No. 31. pp. 73–78.
15. Y. Lu et al. (2019). Who uses smart card? Understanding public transport payment preference in developing contexts, a case study of Manila's LRT. *IATSS Research*. No 43. pp. 60–68. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0386111218300670>
16. Maurizio Arnone et al. (2016). The Potential of E-ticketing for Public Transport Planning: The Piedmont Region Case Study. *Transportation Research Procedia*. No 18. pp. 3–10. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516307542>
17. Official Website of UINP Summit 2025 in Hamburg. Available at: <https://www.uitsummit.org/hamburg2025/>
18. Official Website of International Transport Forum OECD Available at: <https://www.oecd.org/en/topics/transport.html>
19. Official Website of World Bank Group. Available at: <https://www.worldbank.org/en/topic/transport>
20. Official Website of Ukrelektrotrans Corporation. Available at: <https://www.korpmet.org.ua/>

Pryimak Vladyslav

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

COMPARATIVE EFFICIENCY OF BUS SERVICES AND METRO SYSTEMS: GLOBAL EXPERIENCE AND UKRAINIAN REALITIES

This article presents a comparative analysis of the efficiency of bus and metro transportation systems, focusing on Ukrainian cities and leading global metropolitan areas. The study evaluates economic, environmental, operational, and social aspects of both transport modes. Key efficiency indicators such as cost per passenger, energy consumption, CO₂ emissions per passenger-kilometer, and average travel speed are defined and quantitatively assessed. The research identifies that the most effective urban transport models are those integrating metro and bus services within a unified planning, fare, and logistics framework. Global experiences from cities like Paris, Warsaw, Istanbul, Bogotá, and Beijing are analyzed to highlight best practices in multi-modal transport integration. The article further examines Ukrainian urban contexts, illustrating the varying effectiveness of metro and bus networks in cities like Kyiv, Kharkiv, Dnipro, Lviv, and Vinnytsia. Findings suggest that while metros are more cost-effective and environmentally friendly in large, densely populated cities with high passenger flows, buses provide crucial flexibility and adaptability, especially in smaller or medium-sized cities. The study concludes with practical recommendations for transport policy and infrastructure development tailored to different urban scales, emphasizing the need for coordinated planning and modernization efforts. The results provide valuable insights for local authorities, transit operators, and urban planners aiming to enhance sustainable urban mobility in Ukraine and similar transitional economies. The efficient functioning of urban public transportation is not only a factor contributing to household cost savings and ensuring speed and convenience of movement within urban areas, but also serves as one of the foundations of urban resilience, social equity, and environmental safety. The choice between bus services and metro systems should not be viewed as a mutually exclusive alternative; rather, it should be based on the principles of strategic integration of different modes of transport. Ukrainian cities already possess the potential to draw on advanced international experience and to develop their own unique models of transportation system organization, relying on objective data, the principles of sustainable development, and a focus on improving the well-being and quality of life of the population.

Keywords: efficiency; urban public transport, metro systems; bus transportation; multi-modal integration; sustainable mobility; passenger cost

JEL Classification: L91, R41, R49, O32

Стаття надійшла: 05.08.2025

Стаття прийнята: 11.09.2025

Стаття опублікована: 31.10.2025