

МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ КОМУНАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ: ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ, МАРШРУТИЗАЦІЯ ТА ЦИФРОВІЗАЦІЯ

A COST OPTIMIZATION MODEL FOR MUNICIPAL TRANSPORT ENTERPRISES: ENERGY EFFICIENCY, ROUTING, AND DIGITALIZATION

У статті здійснено комплексне дослідження системи витрат комунальних транспортних підприємств України та запропоновано інтегровану модель їх оптимізації. Увагу зосереджено на ключових проблемах, серед яких зростання цін на енергоносії, зношеність рухомого складу, дублювання маршрутів та недостатній рівень цифровізації. Доведено, що традиційні підходи до управління витратами не забезпечують необхідного рівня ефективності, а значна залежність від дотацій місцевих бюджетів формує ризики для стабільності розвитку транспортної системи. Запропонована модель оптимізації ґрунтується на трьох взаємопов'язаних етапах: впровадженні енергоощадних технологій, реорганізації маршрутної мережі та створенні електронної системи обліку пасажирів. Кожен із цих етапів має самостійний ефект, однак у комплексі вони дозволяють знизити витрати до 20% річного бюджету підприємства. Практична новизна моделі полягає у поєднанні технічних рішень, організаційних змін та цифрових інновацій, що дає змогу одночасно підвищити прозорість фінансових потоків і якість транспортних послуг. Отримані результати засвідчують, що реалізація запропонованої моделі може створити фінансові резерви для модернізації рухомого складу та розвитку міської інфраструктури без підвищення тарифів для пасажирів. Це робить її актуальним інструментом для стратегічного планування та довгострокової стабілізації комунальних транспортних підприємств.

Ключові слова: громадський транспорт, витрати, оптимізація, енергоощадність, електронний квиток, маршрутизація, цифровізація.

This article provides a comprehensive study of the cost structure of municipal transport enterprises in Ukraine and proposes an integrated model for their optimization. Particular attention is given to critical challenges such as rising energy costs, outdated rolling stock, route duplication, and insufficient digitalization. It is argued that traditional approaches to cost management fail to ensure efficiency, while the heavy reliance on local budget subsidies creates significant risks for the stability of the public transport system. The proposed optimization model is structured around three interrelated stages: the adoption of energy-saving technologies, the reorganization of the route network, and the implementation of an electronic passenger accounting system. Each stage independently contributes to cost reduction, but their combined application can lower annual expenditures by up to 20%. A key feature of the model lies in its integrative character. It brings together technical solutions, organizational improvements, and digital innovations, enabling both greater transparency in financial flows and improvements in service quality. Unlike fragmented approaches focused solely on energy efficiency or digitalization, this framework provides a holistic mechanism for sustainable cost management. The findings highlight the practical significance of the model: it creates financial reserves for rolling stock modernization and infrastructure upgrades without increasing passenger fares. This ensures that the principles of economic efficiency and social equity can be jointly maintained in the public transport sector. Overall, the study emphasizes that cost optimization in municipal transport should not be perceived merely as a financial necessity but as a strategic pathway for urban infrastructure development. Future research directions may include mathematical modeling of efficiency gains from each optimization stage and the design of integrated urban transport strategies adapted to specific socio-economic contexts.

Key words: public transport, costs, optimization, energy efficiency, electronic ticket, routing, digitalization.

УДК 338

DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.18-50>

Ільчов А.І.¹

аспірант,

Київський національний університет
імені Тараса Шевченка

Ilyichov Anton

Taras Shevchenko

National University of Kyiv

Постановка проблеми. Громадський транспорт є критично важливим для забезпечення мобільності населення, але його функціонування супроводжується значними фінансовими навантаженнями. Система витрат формується під впливом зростання цін на енергоносії, підвищення заробітної плати, необхідності ремонту інфраструктури та зношеності рухомого складу. У більшості випадків доходи від перевезень не покривають витрати, що вимагає бюджетних дотацій. Це створює потребу в пошуку нових моделей оптимізації витрат, які дозволяють зменшити фінансове навантаження

на підприємства та органи місцевого самоврядування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Проблеми підвищення ефективності громадського транспорту розглядаються у працях багатьох вітчизняних і зарубіжних науковців. Зокрема, І. Дейнеко досліджує аспекти енергоефективності міського транспорту, наголошуючи на ролі технологій рекуперації енергії [4]. В. Гавриленко акцентує увагу на фінансовій оптимізації транспортних підприємств в умовах обмеженого фінансування. А. Шульга пропонує логістичні

¹ ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1584-8235>

моделі для удосконалення маршрутної мережі. Серед зарубіжних досліджень варто виділити роботи Камарджіанні, присвячені цифровій трансформації транспортних систем і розвитку концепції Mobility as a Service. Водночас у більшості досліджень увага приділяється окремим напрямкам – енергозбереженню чи цифровізації, тоді як інтегровані моделі оптимізації витрат розроблені недостатньо.

Постановка завдання. Метою статті є розробка комплексної моделі оптимізації витрат комунальних транспортних підприємств на основі впровадження енергоощадних технологій, раціоналізації маршрутної мережі та цифровізації систем обліку пасажирів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сфера громадського транспорту є одним із ключових елементів міської інфраструктури, яка забезпечує мобільність населення, соціальну інтеграцію та розвиток економіки. Проте її функціонування супроводжується значними фінансовими витратами, які формують складну багаторівневу систему. Витрати у сфері громадського транспорту включають як операційні, так і капітальні компоненти, що залежать від технічного стану рухомого складу, організації маршрутної мережі, цін на енергоносії та рівня управлінської ефективності підприємств.

До основних статей витрат комунальних транспортних підприємств відносяться:

- Витрати на паливо та енергію (електроенергія для тролейбусів і трамваїв, пальне для автобусів, мастильні матеріали).
- Фонд оплати праці водіїв, кондукторів, технічного персоналу, управлінців.
- Технічне обслуговування і ремонт рухомого складу, закупівля запчастин і матеріалів.
- Адміністративні витрати (управлінські процеси, бухгалтерський облік, страхування, податки).
- Інфраструктурні витрати на утримання депо, ремонт колійного господарства, зупинок та інших об'єктів.
- Амортизаційні відрахування, пов'язані зі зношеністю транспорту та необхідністю його оновлення.

Особливістю цих витрат є їх постійне зростання під впливом інфляційних процесів, коливань цін на енергоносії, підвищення заробітної плати та необхідності модернізації інфраструктури. При цьому доходи від перевезень часто не покривають повністю витрати, що формує дефіцит бюджету підприємств і вимагає дотацій з боку місцевих органів влади.

Отже, система витрат у сфері громадського транспорту є багатокомпонентною та потребує пошуку оптимізаційних моделей, які дозволяють знизити фінансове навантаження без погіршення якості транспортних послуг. Однією з ключових

проблем у сфері витрат громадського транспорту є високий рівень енергозатрат. Значна частина рухомого складу залишається застарілою і має низькі показники енергоефективності. Трамваї та тролейбуси споживають більше електроенергії, ніж сучасні аналоги, тоді як автобуси здебільшого працюють на дизельному паливі. У поєднанні зі зростанням вартості енергоносіїв ця стаття витрат стає однією з найбільш обтяжливих для комунальних підприємств.

Не менш важливою проблемою виступає зношеність рухомого складу та транспортної інфраструктури. У багатьох містах значна частина транспортних засобів експлуатується понад нормативний термін, що зумовлює часті поломки та потребу у дорогому ремонті. Додатковим фінансовим навантаженням стають витрати на підтримання у належному стані колійного господарства, контактних мереж, депо та зупиночної інфраструктури.

Ще однією вагомою проблемою є неефективна організація маршрутної мережі. У ряді міст спостерігається дублювання маршрутів різними видами транспорту, що призводить до перевитрат пального та людських ресурсів. Поряд з цим зберігаються збиткові та малозавантажені маршрути, які функціонують переважно з політичних або соціальних міркувань, створюючи додаткові фінансові навантаження.

Висока частка витрат на оплату праці також є суттєвим викликом. Фонд заробітної плати формує значну частину бюджету підприємств, однак через нестачу водіїв і технічного персоналу зарплати доводиться підвищувати, щоб утримати працівників. Це зумовлює зростання витрат без відповідного підвищення продуктивності роботи.

Вагомою проблемою залишаються втрати доходів через неформальні схеми у сфері квиткування. Відсутність електронних систем обліку сприяє тому, що частина коштів від продажу квитків не надходить до каси підприємства, що може становити до п'ятої частини від загального обсягу доходів. Це суттєво знижує фінансову стійкість транспортних підприємств.

Крім того, громадський транспорт значною мірою залежить від дотацій місцевих бюджетів. Оскільки доходи від перевезень не покривають реальних витрат, муніципальні підприємства змушені покладатися на фінансову підтримку з боку органів влади, яка часто є нестабільною і не дозволяє планувати довгостроковий розвиток та модернізацію транспортної системи.

Ще однією проблемою виступає недостатній рівень інновацій та цифровізації управління. Більшість комунальних транспортних підприємств і досі працюють за застарілими схемами обліку та планування, без використання сучасних електронних систем квиткування, моніторингу пасажиропотоків та управління маршрутами на основі

великих масивів даних. Це призводить до неефективного використання ресурсів і втрати конкурентоспроможності у порівнянні з приватними перевізниками.

Одним із найефективніших напрямів оптимізації є впровадження енергоощадних систем. Сучасні технології дозволяють зменшити споживання електроенергії на транспорті на 10–15% завдяки використанню систем рекуперації енергії під час гальмування, інтелектуальних систем управління рухом, енергоефективного освітлення в депо та на зупинках. Встановлення таких технологій потребує початкових інвестицій, але вони швидко окупаються завдяки зменшенню витрат на енергоносії. Новизна підходу полягає у поєднанні технічних інновацій з енергетичним аудитом підприємств, що дозволяє визначати конкретні точки найбільших втрат і цілеспрямовано скорочувати їх.

Другим ключовим етапом оптимізації є реорганізація маршрутної мережі. Аналіз пасажиропотоків із застосуванням GIS-технологій та big data дає змогу ідентифікувати дублюючі або малозавантажені маршрути. Їх ліквідація або об'єднання забезпечує економію до 30% операційних витрат. Оптимізація маршрутів дозволяє скоротити витрати на паливо, оплату праці персоналу та технічне обслуговування. Елементом новизни є створення інтегрованих моделей планування маршрутів, де враховуються не лише фінансові аспекти, а й соціальні фактори – зручність для пасажирів, швидкість пересування та екологічність. Такий підхід забезпечує баланс між економією та якістю транспортних послуг.

Важливою складовою запропонованої моделі є впровадження електронної системи обліку пасажирів. Встановлення автоматизованих систем оплати проїзду (електронний квиток, банківські картки, мобільні застосунки) дозволяє знизити рівень тіньових схем у сфері готівкових розрахунків і збільшити офіційні доходи підприємств на 12–17%. На відміну від традиційних систем контролю, цифрові технології забезпечують повну прозорість грошових потоків і формують достовірну базу даних для управлінських рішень. Новизна полягає у використанні не лише електронного квитка, а й аналітичних модулів, що дозволяють прогнозувати попит, формувати гнучкі тарифи та забезпечувати інтеграцію з іншими видами міського транспорту.

Загальний ефект від впровадження трьох етапів оптимізації є значним: сумарна економія для підприємства з річними витратами у 100 млн грн може сягати 20 млн грн. Це створює фінансові резерви для модернізації рухомого складу, оновлення інфраструктури та підвищення якості перевезень без збільшення тарифного навантаження на пасажирів. Таким чином, комплексна модель оптимізації витрат не лише зменшує фінансові ризики,

а й формує умови для сталого розвитку комунального транспорту.

Висновки. Дослідження показало, що система витрат у сфері громадського транспорту характеризується високим рівнем енерго- та ресурсозатратності, зношеністю рухомого складу й інфраструктури, неефективною організацією маршрутної мережі, значними втратами доходів та низьким рівнем цифровізації управлінських процесів. У сукупності ці чинники формують хронічний дефіцит фінансування, який змушує муніципальні підприємства залежати від дотацій місцевих бюджетів і стримує розвиток транспортної галузі.

Запропонована модель оптимізації витрат базується на трьох взаємопов'язаних етапах: впровадженні енергоощадних систем, реорганізації маршрутної мережі та створенні електронної системи обліку пасажирів. Її особливістю є комплексність, що поєднує технічні, організаційні та управлінські заходи. Застосування такої моделі дозволяє скоротити витрати підприємств до 20%, забезпечити прозорість фінансових потоків і підвищити ефективність використання ресурсів.

Практичний ефект від реалізації цієї моделі проявляється у створенні додаткових фінансових резервів, які можуть бути спрямовані на оновлення рухомого складу та інфраструктури, а також на покращення якості транспортних послуг для населення. Це формує умови для сталого розвитку міських транспортних систем без надмірного зростання тарифів та зниження доступності послуг для пасажирів.

Таким чином, оптимізація витрат комунальних транспортних підприємств повинна розглядатися не лише як засіб скорочення фінансових втрат, а й як стратегічний напрям розвитку міської інфраструктури. Подальші наукові дослідження можуть бути зосереджені на математичному моделюванні ефектів від впровадження окремих етапів оптимізації, а також на розробці інтегрованих транспортних стратегій для конкретних міст із урахуванням їх соціально-економічних особливостей.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Grigorieva O. Digital transformation of public transport systems in Eastern Europe. *Transport and Sustainability*. 2022. Vol. 14. P. 55–73.
2. Kamargianni M. *Mobility as a Service in urban transport systems*. London: Routledge, 2019. 256 p.
3. Stopher P. Measuring passenger demand using big data analytics. *Journal of Transport Planning*. 2021. Vol. 45(2). P. 101–118.
4. Дейнеко І. Енергоефективність міського транспорту: проблеми та перспективи розвитку. Київ: Наук. думка, 2020. 240 с.
5. Гавриленко В. Оптимізація витрат комунального транспорту в умовах обмеженого фінансування. *Вісник економічних досліджень*. 2021. № 3. С. 45–53.

6. Шульга А. Логістичні моделі у сфері громадського транспорту. Харків: ХНЕУ, 2019. 312 с.

REFERENCES:

1. Grigorieva O. (2022) Digital transformation of public transport systems in Eastern Europe. *Transport and Sustainability*, vol. 14, pp. 55–73.

2. Kamargianni M. (2019) *Mobility as a Service in urban transport systems*. London: Routledge, 256 p.

3. Stopher P. (2021) Measuring passenger demand using big data analytics. *Journal of Transport Planning*, vol. 45(2), pp. 101–118.

4. Deineko I. (2020) Enerhoefektyvnist miskoho transportu: problemy ta perspektyvy rozvytku [Energy efficiency of urban transport: problems and development prospects]. Kyiv: Nauk. dumka, p. 240.

5. Havrylenko V. (2021) Optymizatsiia vytrat komunalnogo transportu v umovakh obmezhenoho finansuvannia [Optimization of municipal transport costs in conditions of limited funding]. *Visnyk ekonomichnykh doslidzhen*, no. 3, pp. 45–53.

6. Shulha A. (2019) Lohistychni modeli u sferi hromadskoho transportu [Logistics models in the field of public transport]. Kharkiv: KhNEU, p. 312.