

Д.В. Голуб, доц., канд. техн. наук, Н.О. Замкова, Д.П. Чорна

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: Dimchik529@gmail.com, Natashkazamkova@gmail.com, Chornadianacooper@gmail.com,
Cifromag291025@gmail.com

Удосконалення підходу техніко-економічної оцінки ефективності експлуатації транспортних засобів на маршрутах міста з урахуванням їх стану працездатності

Розглянуто актуальну науково-практичну проблему оцінки ефективності експлуатації міських автобусів з урахуванням їх напрацювання з початку використання. Встановлено, що недостатня дослідженість закономірностей зміни ефективності у процесі старіння рухомого складу ускладнює вибір раціональної структури автобусного парку та визначення економічно доцільних строків його оновлення. Обґрунтовано, що зі збільшенням пробігу відбувається поступове погіршення технічного стану автобусів, знижується коефіцієнт технічної готовності, зростає кількість відмов і тривалість простоїв у технічному обслуговуванні та ремонті, що призводить до підвищення експлуатаційних витрат і зниження загальної ефективності їх використання.

Проаналізовано сучасні підходи до оцінки ефективності експлуатації рухомого складу, включаючи моделі визначення оптимального строку служби автобусів на основі експлуатаційної надійності, зміни витрат і залишкової вартості. Виявлено обмеження існуючих методик, які полягають у недостатньому врахуванні прибутковості, складності визначення коефіцієнта дисконтування та суб'єктивності оцінки споживчої привабливості транспортних засобів. Запропоновано удосконалений підхід до техніко-економічної оцінки, що базується на інтегральному показнику ефективності, який враховує приведені витрати, обсяги транспортної роботи, ліквідну вартість, ринкові умови та експлуатаційні характеристики автобусів.

На основі експериментальних даних проведено порівняльний аналіз експлуатації автобусів різних моделей у міських умовах на прикладі м. Кропивницького. Досліджено залежність питомих витрат на забезпечення працездатності від напрацювання та встановлено, що після досягнення пробігу близько 350 тис. км відбувається їх суттєве зростання. Виявлено, що автобуси іноземного виробництва характеризуються більш стабільними показниками технічного стану, проте мають вищі витрати на обслуговування, тоді як вітчизняні моделі відзначаються меншою стабільністю, але нижчими початковими витратами.

Наголошено, що ефективність експлуатації рухомого складу повинна оцінюватися комплексно, не лише за витратами, а й з урахуванням отриманого прибутку та продуктивності. Запропонований підхід дозволяє більш обґрунтовано визначати доцільність подальшої експлуатації або заміни автобусів, що сприятиме оптимізації структури парку рухомого складу, підвищенню економічної ефективності перевезень та зниженню витрат автотранспортних підприємств.

ефективність експлуатації, автобуси, напрацювання, технічна надійність, питомі витрати, рухомий склад, термін служби, техніко-економічна оцінка, транспортна робота, оптимізація

Постановка проблеми. Ефективність функціонування системи не може бути повністю визначена виключно на основі її власних характеристик, оскільки необхідно також враховувати властивості її підсистем [1, 2]. Вона не підлягає безпосередньому спостереженню і може бути оцінена лише за допомогою непрямих методів [3, 4].

Ефективність виступає однією з ключових характеристик будь-якої системи, зокрема транспортної, підсистемою якої є експлуатація пасажирських автобусів на

міських маршрутах [5]. У зв'язку зі зростанням обсягів пасажирських перевезень і підвищенням мобільності населення в містах останнім часом спостерігається посилена увага до дослідження ефективності функціонування такої підсистеми [6, 7]. Для виконання подібних досліджень застосовуються різноманітні підходи, що залежать від специфіки предметної області. Водночас створено ряд методів і методик, які використовуються для оцінювання ефективності об'єктів у широкому спектрі систем. Однак вони мають певні обмеження і дають змогу визначати лише відносну ефективність об'єктів, тобто оцінювати їх у порівнянні між собою [7, 8].

Для отримання більш обґрунтованої оцінки поточного рівня ефективності функціонування транспортної системи та прогнозування її подальшого розвитку доцільно враховувати комплекс показників, які більш повно відображають сучасні умови експлуатації рухомого складу (РС) як її ключового елемента [9, 10].

Зміна показників ефективності використання міських автобусів залежно від напрацювання залишається недостатньо дослідженим явищем. Наслідком цього є те, що на сучасному етапі не повною мірою вирішене завдання формування раціональної структури автобусного парку з урахуванням динаміки ефективності експлуатації залежно від пробігу. Інтенсивна експлуатація РС потребує проведення оцінки змін ефективності його використання [11, 18]. Для забезпечення високого рівня ефективності функціонування автобусних парків може виникати необхідність оновлення рухомого складу шляхом заміни автобусів.

Системний аналіз вирішення комплексних завдань, що пов'язані з управлінням технічним станом, а також ефективністю та експлуатацією рухомого складу, у перспективі сприятиме підвищенню продуктивності автобусів і зниженню питомих витрат на виконання транспортної роботи.

В умовах безперервного розвитку ринку міських автобусів і поступового вдосконалення окремих їхніх моделей часто постає проблема вибору найбільш ефективного транспортного засобу (ТЗ) для обслуговування міських пасажиропотоків [13, 19]. Він має характеризуватися комплексом технічних параметрів, які забезпечують його перевагу для використання в умовах міської експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зменшення середнього напрацювання до відмови для кожної окремої деталі, вузла чи агрегату міського автобуса призводить до суттєвого зниження надійності автобуса у цілому [13, 15]. Це негативно впливає на рівень витрат, необхідних для забезпечення працездатності, а отже, і на ефективність експлуатації автобусів [17, 18]. Крім того, це позначається на тривалості раціонального строку служби РС, оскільки відмова, що виникає через критичний стан елемента, може спричинити пошкодження та істотну зміну параметрів інших деталей [19, 20].

У технічній експлуатації автобусів існує обґрунтована модель зниження ефективності їх функціонування залежно від напрацювання [18, 20]. РС зазнає комплексного старіння зі збільшенням пробігу [12]. Зменшується коефіцієнт технічної готовності, оскільки зі зростанням напрацювання з початку експлуатації збільшуються простой під час технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) [14, 20]. За тривалого використання помітно погіршується ключовий показник безвідмовності - напрацювання до відмови [20]. Для підтримання працездатного стану необхідна все більша кількість запасних частин через аварійні відмови та пов'язані з ними дорогі поломки систем автобуса. У результаті зростає рівень експлуатаційних витрат [16].

На даний час недостатньо детально досліджено питання оцінювання зміни ефективності експлуатації автобусів, що залежить від напрацювання РС з початку його використання. Через високу інтенсивність змін ефективності міських автобусів залежно від пробігу може втрачатися значний економічний ефект.

Тому дослідження, що спрямовані на підвищення ефективності функціонування міських автобусів із урахуванням їх напрацювання від початку експлуатації, є безумовно актуальними.

Постановка завдання. Метою даної роботи є удосконалення підходу до техніко-економічної оцінки ефективності експлуатації пасажирських автобусів різних моделей з урахуванням їх напрацювання в міських умовах, що дає можливість здійснювати порівняння як за технічними, так і економічними показниками із визначенням найбільш ефективного ТЗ та обґрунтованої подальшої оптимізації структури парку РС.

Виклад основного матеріалу. Для автотранспортного підприємства (АТП), яке здійснює міські пасажирські перевезення, важливе значення має зменшення витрат на придбання ТЗ та їх утримання у технічно справному стані. Не менш суттєвим є визначення моменту, коли заміна автобуса є економічно доцільнішою, ніж його подальша експлуатація. Для вирішення цього завдання пропонується визначити строки заміни автобусів на основі оцінювання їх експлуатаційної надійності з урахуванням річних змінних експлуатаційних витрат. Ці витрати визначаються з урахуванням параметра «потоків відмов», а також початкової вартості і зміни залишкової вартості автобуса залежно від строку його використання. Розглянутий алгоритм підходу до визначення оптимального строку експлуатації автобусів на міських маршрутах наведено на рис. 1.

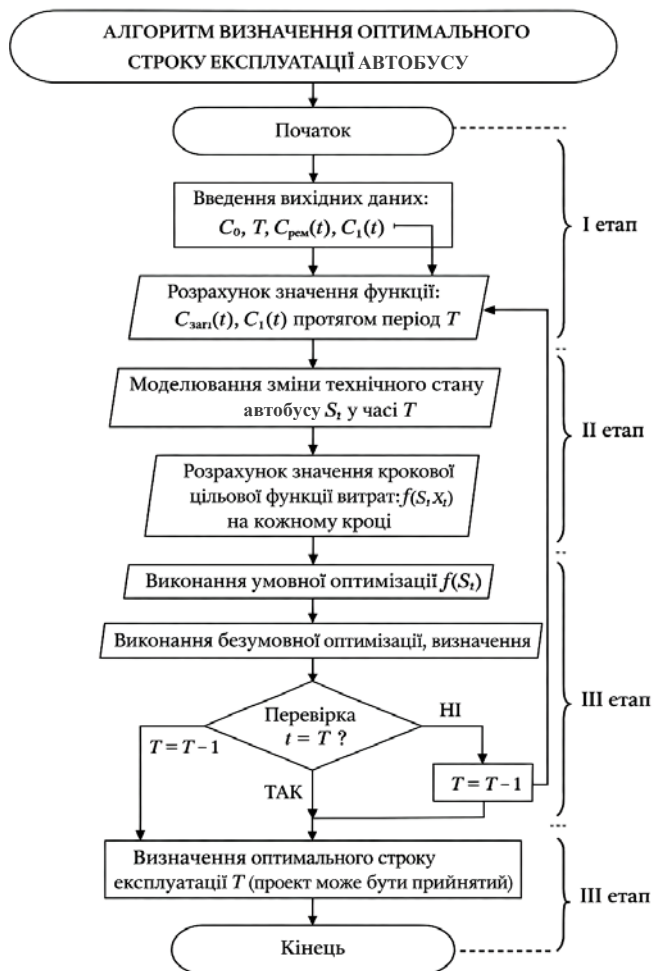


Рисунок 1 - Алгоритм підходу визначення оптимального строку експлуатації автобусів на маршрутах міста

Джерело: розроблено авторами

Обмеженням даного підходу є встановлений період експлуатації тривалістю 5 років. В умовах функціонування автотранспортних підприємств ефективність використання рухомого складу не знижується настільки швидко і експлуатаційні витрати можуть бути співставними з вартістю нових транспортних засобів. При цьому важливим є питання визначення залишкової вартості рухомого складу. Обчислення цього показника для п'ятирічного періоду експлуатації, свідчить про недостатню ефективність такого підходу.

Оцінювання економічно доцільної періодичності заміни автобусів проводять в міських умовах, а також визначається ефективність кожної окремої моделі РС:

$$E = \frac{K_n \sum_{i=1}^T L_i / (1+d)^{i-1}}{\sum_{i=1}^T [(B_i^{on} + B_i^{mo} + B_i^{em} + B_i^{tu} + B_i^{ne}) / ((1+d)^{i-1})] + (B_i^{npd} / K_{cn}) - B_i^{li} / (1+d)^T}, \quad (1)$$

де E - інтегральний показник ефективності, наприклад, приведений пробіг у км на 1 грн приведених витрат; K_n - нормативний коефіцієнт, що дорівнює одиниці для сертифікованого автобуса або нулю - у разі його відсутності; T - строк служби автобуса до списання; L_i - середній річний пробіг в i -му році; d - коефіцієнт дисконтування, що відображає приведення майбутніх витрат і доходів; $B_i^{on}, B_i^{mo}, B_i^{em}, B_i^{tu}, B_i^{ne}$ - відповідно витрати на оплату праці з нарахуваннями, технічне обслуговування і ремонт, експлуатаційні матеріали, шини та накладні витрати в i -му році; B_i^{npd} - витрати на придбання, доставку та розмитнення автобуса; B_i^{li} - ліквідна вартість автобуса; K_{cn} - споживчий коефіцієнт привабливості автобусу.

Даний показник забезпечує отримання результату, приведеного до моменту оцінювання. Для його визначення необхідно мати інформацію про зміну обсягів транспортної роботи та витрат за роками експлуатації. Також складність викликає визначення коефіцієнта дисконтування d . При придбанні автобусів застосовуються різні форми фінансування, зокрема зовнішні джерела та лізинг, або їх комбінація, що ускладнює розрахунки. Коефіцієнт K_{cn} , який характеризує привабливість ТЗ, також може суттєво змінюватися залежно від уподобань користувача.

Визначено ефективний ресурс та основні техніко-економічні показники експлуатації автобусів, що працюють у місті Кропивницькому. Результати наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Значення ефективного ресурсу та техніко-економічних показників експлуатації досліджуваних моделей автобусів м. Кропивницького

Марка міського автобусу	Приведений ресурс, тис. км	Приведені витрати, тис. грн. при $K_{пв}=1$	Витрати на придбання запчастин, тис. грн.	Інтегральні оцінки приведених км пробігу на 1 тис. грн приведених витрат при $K_{пв}=1$	Інтегральна оцінка 10 місце-км пробігу на 1 тис. грн приведених витрат при $K_{пв}=1$
Mercedes-Benz Citaro O 530 G	800	14500	4200	55	7,2
MA3-103	400	8200	2500	49	6,1

Джерело: розроблено авторами

Ефективності різних інженерних рішень оцінюється за показником загальногосподарського економічного ефекту - інтегральним критерієм ефективності, який враховує собівартість реалізації різних варіантів:

$$E_{зг} = (B_1 + E_n K_1) - (B_2 + E_n K_2), \quad (2)$$

де B_1, B_2 - поточні річні виробничі витрати за першим і другим варіантами, грн; K_1, K_2 - обсяги капітальних вкладень за різними варіантами, грн; E_n - коефіцієнт приведення капітальних вкладень по різних варіантах до поточних річних виробничих витрат.

В той час ефективність експлуатації автобусів визначається на основі значень складових собівартості. Найбільш поширеним є запропонований техніко-економічний показник - приведені питомі витрати на перевезення B_n :

$$B_n = \frac{C_e + 0,1(K + 0,1 \cdot B_n)100}{W_p}, \quad (3)$$

де C_e - собівартість експлуатації, грн; K - капітальні вкладення, грн; B_n - вартість автобусу ліквідна, грн.; W_p - продуктивність автобусу за рік, грн.

Важливою характеристикою формули (3) є те, що вона враховує не лише величину капітальних витрат і продуктивність ТЗ, але й його ліквідаційну вартість.

Запропоновано застосування цільової функції, яка відображає прибуток підприємства, що експлуатує ТЗ, а також враховує його ринкову вартість з урахуванням попиту та експлуатаційних витрат:

$$\Pi_{pi} = (B_i - C_i - E_n \frac{K_{pi}}{N_{pi}})N_{pi} \rightarrow \max, \quad (4)$$

де B_i - ринкова вартість за якою може бути реалізовано автобус i -го варіанту, грн./од.; C_i - i -ий варіант собівартості автобусу, грн./од.; E_n - економічний коефіцієнт ефективності підприємства; N_{pi} - i -ий варіант річного об'єму реалізації моделі автобусу, що визначається на основі досліджень.

Проведена оцінка питомих витрат на експлуатацію різних моделей пасажирських автобусів, що функціонують в м. Кропивницькому Кіровоградської області, зокрема іноземного виробництва з початковими пробігами більш ніж 350 тис. км (рис. 2, 3).

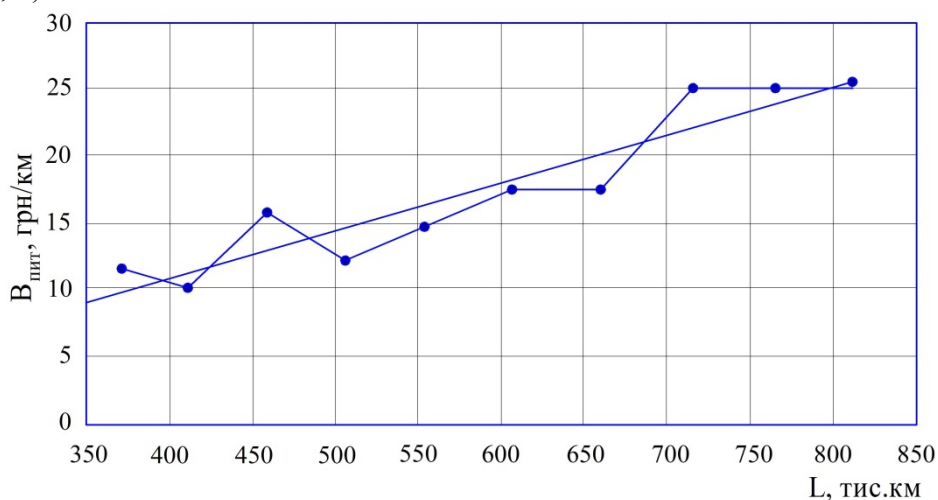


Рисунок 2 - Питомі витрати на забезпечення працездатності міських пасажирських автобусів Mercedes-Benz Citaro O 530 G

Джерело: розроблено авторами

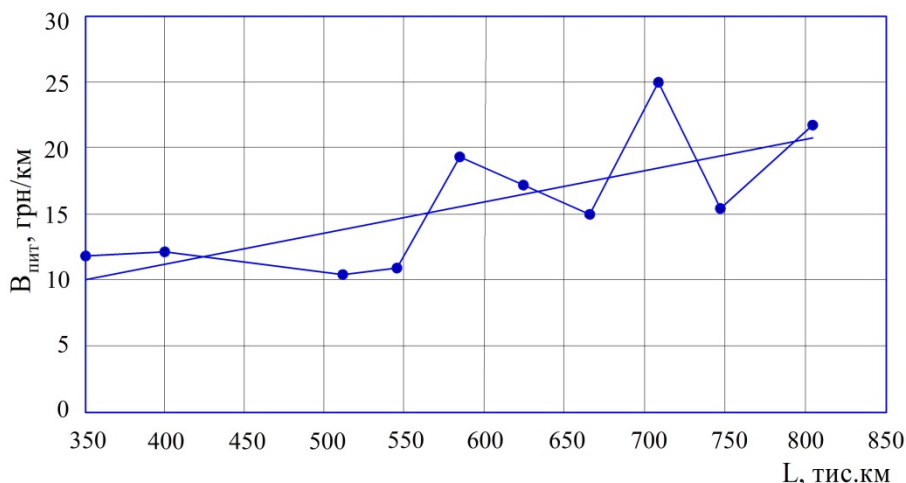


Рисунок 3 - Питомі витрати на забезпечення працездатності міських пасажирських автобусів МАЗ-103

Джерело: розроблено авторами

З аналізу наведених графічних залежностей випливає, що після досягнення порядку 350 тис. км пробігу відбувається різке підвищення питомих витрат, необхідних для підтримання працездатності автобусів моделей Mercedes-Benz Citaro O 530 G та МАЗ-103. Отримані результати дають змогу оцінити не лише фактичний технічний стан РС, але й швидкість зниження його експлуатаційної результативності. Оскільки обидві зазначені моделі експлуатувалися в однакових умовах одного підприємства, з'являється можливість порівняти їх за рівнем надійності та витратності, зокрема є можливість визначити, наскільки автобус Mercedes-Benz Citaro O 530 G є дорожчим або менш надійним в експлуатації порівняно з МАЗ-103. При цьому слід підкреслити, що перша група автобусів характеризується більш рівномірним і стабільним технічним станом, хоча це супроводжується більшими витратами. Саме тому здійснення планування експлуатації є більш передбачуваним для автобусів Mercedes-Benz Citaro O 530 G.

Важливим при цьому є встановлення рівня ефективності для кожної групи автобусів, оскільки без цього їх порівняльна оцінка не може бути об'єктивною. Отже, ключовою метою функціонування будь-якого АТП є максимізація прибутку, поряд з витратами на утримання РС.

Висновки.

1. Встановлено, що ефективність експлуатації міських автобусів істотно залежить від їх напрацювання: зі збільшенням пробігу знижується надійність, зростають витрати на технічне обслуговування і ремонт, що призводить до погіршення загальних техніко-економічних показників.

2. Доведено, що існуючі методики оцінки ефективності експлуатації автобусів мають обмеження, оскільки недостатньо враховують зміну прибутковості, складність визначення коефіцієнта дисконтування та вплив ринкових факторів, що знижує точність прийняття управлінських рішень.

3. Запропоновано підхід, в якому на основі інтегрального показника комплексно оцінюється ефективність експлуатації автобусів, враховуючи як витрати, так і результати транспортної роботи, ліквідну вартість та споживчу привабливість рухомого складу.

4. За результатами дослідження встановлено, що після пробігу порядку 350 тис. км відбувається суттєве зростання питомих витрат на забезпечення працездатності автобусів, що може бути критерієм для обґрунтування доцільності їх заміни.

5. Порівняльний аналіз значення ефективності ресурсу і техніко-економічних показників експлуатації досліджуваних моделей автобусів показав, що транспортні

засоби іноземного виробництва характеризуються більш стабільними експлуатаційними показниками, тоді як вітчизняні моделі можуть бути економічно вигіднішими на початкових етапах експлуатації. Це необхідно враховувати при формуванні та оптимізації автобусного парку на автотранспортному підприємстві.

Список літератури

1. Аулін В.В., Голуб Д.В., Лисенко С.В. та ін. Методологія визначення основних експлуатаційних властивостей та якості функціонування транспортних і технічних систем. Вісник інж. академії України, №2, 2017. С.110-115.
2. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. та ін. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія. Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. 370 с.
3. Аулін В.В., Голуб Д.В., Біліченко В.В. та ін. Формування показників оцінки ефективності транспортного процесу перевезень. Вісник машинобудування та транспорту №1(11), 2020. С.5-10.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В., Лисенко С.В. та ін. Оцінка працездатності автомобільних транспортних систем на основі математичних методів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів, 2020. №22. С. 262-271.
5. Аулін В.В., Біліченко В.В., Голуб Д.В. та ін. Особливості дослідження ефективності транспортних систем на етапах життєвого циклу. Вісник машинобудування та транспорту №1(13), 2021. - С. 15-16.
6. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. та ін. Обґрунтування рівня конкуренції на міських пасажирських маршрутах. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. Вип. 6(37). Ч.2 С. 89-98.
7. Босняк М. Г. Пасажирські автомобільні перевезення. Навчальний посібник. К.: Видавничий дім «Слово», 2009. 272 с.
8. Волобуєва Т. В., Сирота В. М., Мастепан С. М. та ін. Формування умов ефективного функціонування транспортної системи автотранспортного підприємства. *Вісник машинобудування та транспорту*, №1(19), 2024. С. 21-28.
9. Голуб Д.В. Теоретична модель транспортної системи як сукупності взаємодіючих і взаємоперетворюючих елементів та підсистем. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. Вип. 5(36). Ч.2 С. 324-334.
10. Голуб Д.В., Аулін В.В., Біліченко В.В., Замуренко А.С. Реалізація системного підходу при визначенні ефективності функціонування складних регіональних транспортних систем. Вісник машинобудування та транспорту №15(1), ВНТУ, 2022. С. 6-14.
11. Голуб Д.В. Методи та підходи до моделювання ефективності цілей операцій в транспортних системах. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. Вип. 5(36). Ч.1 С. 317-327.
12. Голуб Д.В., Біліченко В.В., Аулін В.В. та ін. Методологічний підхід до розв'язання проблеми надійності функціонування автомобільних транспортних систем. Вісник машинобудування та транспорту №19(1), ВНТУ, 2024. С. 48-57.
13. Горбачов П. Ф. Сучасні наукові підходи до організації роботи маршрутного пасажирського транспорту в містах : монографія. Х. : ХНАДУ, 2009. 196 с.
14. Горяїнов О. М. Вплив техніко-експлуатаційних показників роботи автотранспорту на ефективність логістичної системи: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01-Транспортні системи, Національний транспортний ун-т., Київ, 2004. 17 с.
15. Ge Liping, Vob Stefan, Xie Lin Robustness and disturbances in public transport. Public Transport Planning and Operations, 2022. Vol. 14. P. 191-261.
16. Іванілов О.С., Дмитрієв І.А., Шевченко І.Ю. Економіка підприємств автомобільного транспорту: підручник. Х.: ФОП Бровін О.В., 2017. 632 с.
17. Корецька С.О., Якимчук А.Ю., Карпан Т.С. Економіка автомобільного транспорту: Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2012. 309 с.
18. Podvalna Halina, Bochko Olena, Kuziak Viktoriia and other. Economic efficiency of road transport vehicles of fleet and its impact on commercial indices and production plan of a motor transport enterprise. E3S Web of Conferences 234(4):00056. Lviv Polytechnic National University, Lviv, 2021. P. 1-11.
19. Хаврук В.О.. Оцінка резервів підвищення ефективності використання рухомого складу автотранспортного підприємства. Наука та прогрес транспорту, № 2 (98), НТУ, 2022. С. 17-25.
20. Yu Zhou, Ran Zheng Capacity-based daily maintenance optimization of urban bus with multi-objective failure priority ranking. *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 244, 2024. P. 109-124.

References

1. Aulin, V. V., Holub, D. V., Lysenko, S. V., et al. (2017). Methodology for determining the main operational properties and quality of functioning of transport and technical systems. *Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine*, 2, 110–115 [in Ukrainian].

2. Aulin, V. V., Holub, D. V., Hrynkiv, A. V., et al. (2017). Methodological and theoretical foundations for ensuring and improving the reliability of automotive transport systems functioning. Kropyvnytskyi: LLC "KOD" Publishing House, 370 p. [in Ukrainian].
3. Aulin, V. V., Holub, D. V., Bilichenko, V. V., et al. (2020). Formation of indicators for evaluating the efficiency of the transportation process. *Bulletin of Mechanical Engineering and Transport*, 1(11), 5–10 [in Ukrainian].
4. Aulin, V. V., Holub, D. V., Lysenko, S. V., et al. (2020). Assessment of the operability of automotive transport systems based on mathematical methods. *Technical Service of Agro-Industrial, Forestry and Transport Complexes*, 22, 262–271 [in Ukrainian].
5. Aulin, V. V., Bilichenko, V. V., Holub, D. V., et al. (2021). Features of studying the efficiency of transport systems at different stages of the life cycle. *Bulletin of Mechanical Engineering and Transport*, 1(13), 15–16 [in Ukrainian].
6. Aulin, V. V., Holub, D. V., Hrynkiv, A. V., et al. (2022). Justification of the level of competition on urban passenger routes. *Central Ukrainian National Technical University Bulletin*, 6(37), Part 2, 89–98 [in Ukrainian].
7. Bosniak, M. H. (2009). *Passenger road transportation*. Kyiv: Publishing House “Slovo”, 272 p. [in Ukrainian].
8. Volobueva, T. V., Syrota, V. M., Mastepan, S. M., et al. (2024). Formation of conditions for efficient functioning of the transport system of a motor transport enterprise. *Bulletin of Mechanical Engineering and Transport*, 1(19), 21–28 [in Ukrainian].
9. Holub, D. V. (2022). Theoretical model of the transport system as a set of interacting and transforming elements and subsystems. *Central Ukrainian National Technical University Bulletin*, 5(36), Part 2, 324–334 [in Ukrainian].
10. Holub, D. V., Aulin, V. V., Bilichenko, V. V., & Zamurenko, A. S. (2022). Implementation of a systems approach in determining the efficiency of functioning of complex regional transport systems. *Bulletin of Mechanical Engineering and Transport*, 15(1), 6–14 [in Ukrainian].
11. Holub, D. V. (2022). Methods and approaches to modeling the effectiveness of operational goals in transport systems. *Central Ukrainian National Technical University Bulletin*, 5(36), Part 1, 317–327 [in Ukrainian].
12. Holub, D. V., Bilichenko, V. V., Aulin, V. V., et al. (2024). Methodological approach to solving the problem of reliability of automotive transport systems functioning. *Bulletin of Mechanical Engineering and Transport*, 19(1), 48–57 [in Ukrainian].
13. Horbachov, P. F. (2009). *Modern scientific approaches to the organization of urban passenger transport operation*. Kharkiv: KhNADU, 196 p. [in Ukrainian].
14. Horiainov, O. M. (2004). Influence of technical and operational indicators of motor transport operation on the efficiency of the logistics system. Extended abstract of candidate’s thesis. Kyiv: National Transport University, 17 p. [in Ukrainian].
15. Ge, L., Vob, S., & Xie, L. (2022). Robustness and disturbances in public transport. *Public Transport. Planning and Operations*, 14, 191–261 [in English].
16. Ivanilov, O. S., Dmytriiev, I. A., & Shevchenko, I. Yu. (2017). *Economics of motor transport enterprises*. Kharkiv: FOP Brovin O. V., 632 p. [in Ukrainian].
17. Koretska, S. O., Yakymchuk, A. Yu., & Karpan, T. S. (2012). *Economics of road transport*. Rivne: NUVHP, 309 p. [in Ukrainian].
18. Podvalna, H., Bochko, O., Kuziak, V., et al. (2021). Economic efficiency of road transport vehicles of fleet and its impact on commercial indices and production plan of a motor transport enterprise. *E3S Web of Conferences*, 234(4), 00056, 1–11 [in English].
19. Khavruk, V. O. (2022). Assessment of reserves for improving the efficiency of the use of the rolling stock of a motor transport enterprise. *Science and Transport Progress*, 2(98), 17–25 [in Ukrainian].
20. Zhou, Y., & Zheng, R. (2024). Capacity-based daily maintenance optimization of urban bus with multi-objective failure priority ranking. *Reliability Engineering & System Safety*, 244, 109–124 [in English].

Dmytro Holub, Assoc. Prof., PhD tech. sci, **Nataliia Zamkova**, **Diana Chorna**

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Improvement of the Approach to the Technical and Economic Evaluation of Vehicle Operation Efficiency on Urban Routes Considering their Operational Condition

The article considers an actual scientific and practical problem of assessing the efficiency of urban bus operation taking into account their accumulated mileage from the beginning of operation. It has been established that insufficient study of the patterns of efficiency change during the aging process of rolling stock complicates the selection of a rational bus fleet structure and the determination of economically feasible replacement periods. It is substantiated that with increasing mileage there is a gradual deterioration of the technical condition of buses, a

decrease in the coefficient of technical readiness, an increase in the number of failures and downtime in maintenance and repair, which leads to higher operating costs and a decrease in the overall efficiency of their use.

Modern approaches to assessing the efficiency of rolling stock operation are analyzed, including models for determining the optimal service life of buses based on operational reliability, changes in costs, and residual value. The limitations of existing methods are identified, which consist in insufficient consideration of profitability, the complexity of determining the discount rate, and the subjectivity of assessing the consumer attractiveness of vehicles. An improved approach to technical and economic assessment is proposed, based on an integral efficiency indicator that takes into account reduced costs, transport work volumes, residual value, market conditions, and operational characteristics of buses.

Based on experimental data, a comparative analysis of the operation of buses of different models in urban conditions is carried out using the example of the city of Kropyvnytskyi. The dependence of specific costs for maintaining operability on mileage is studied, and it is established that after reaching a mileage of about 350 thousand km, a significant increase in these costs occurs. It is found that foreign-made buses are characterized by more stable technical condition indicators, although they have higher maintenance costs, while domestic models are less stable but have lower initial costs.

It is emphasized that the efficiency of rolling stock operation should be assessed comprehensively, not only in terms of costs, but also taking into account profit and productivity. The proposed approach makes it possible to more reasonably determine the feasibility of further operation or replacement of buses, which will contribute to optimizing the structure of the rolling stock fleet, increasing the economic efficiency of transportation, and reducing the costs of motor transport enterprises.

efficiency of operation, buses, mileage, technical reliability, specific costs, rolling stock, service life, technical and economic assessment, transport work, optimization

Одержано (Received) 30.03.2026

Прорецензовано (Reviewed) 03.04.2026

Прийнято до друку (Approved) 07.04.2026

УДК 656.02:656.073

[https://doi.org/10.32515/2664-262X.2026.14\(45\).383-397](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2026.14(45).383-397)

Д.О. Кульова, д-р філос., **А.В. Гриньків**, ст. дослід., канд. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: d.coolava@gmail.com, avgrinkiv@gmail.com*

Виявлення та аналіз перешкод у застосуванні мультимодальних технологій в логістиці вантажних перевезень

Європейська Комісія звертає основну увагу на вдосконалення мультимодальних вантажних перевезень, щоб зменшити проблеми, що пов'язані з екологією, заторами, а також досягти всіх цілей, які визначені у Паризькій угоді. Стимулювання мультимодальності не дає значних результатів, через те, що більшість вантажних перевезень продовжують здійснюватися автомобільним транспортом. За таких умов необхідно визначити основні проблемні питання, пов'язані з мультимодальними перевезеннями у логістичних послугах, а також розробити рекомендації для їх вирішення.

Перешкоди для розвитку мультимодальних вантажних перевезень аналізуються комплексно з використанням математичного та структурного моделювання. Визначено основні перешкоди розвитку мультимодальності, які пов'язані з: попитом, характером відправлень вантажів, інфраструктурою, низькою пропозицією, неналежною організацією транспортного процесу із законодавством та ін.

Розроблено орієнтовані на користувача необхідні заходи для підтримки мультимодальних перевезень, використовуючи підхід «знизу догори». Показано, що участь логістичних компаній сприяє прийняттю запропонованих заходів. Формування економічної ефективності, аналіз та обробка логістичної інформації та підготовка кваліфікованого персоналу або підвищення обізнаності в логістичних колах, в роботі визначені як заходи, що мають значний вплив на стимулювання мультимодальних перевезень.

мультимодальне перевезення, вантажні перевезення, перешкода, інтерпретаційне структурне моделювання, транспортно-логістична система

© Д. О. Кульова, А. В. Гриньків, 2026