

© В. Є. Олішевська, канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедри автомобілів
та автомобільного господарства,
ORCID: 0000-0002-3098-1351,
e-mail: olishevskav.ye@nmu.one;
© Г. С. Олішевський, канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедри електроенергетики,
ORCID: 0000-0001-9576-7527,
e-mail: olishevskiyi.h.s@nmu.one
(Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»)

© Valentyna Olishevskaya, Ph. D.,
Associate Professor of Automobiles
and Automobile Economy Department,
ORCID: 0000-0002-3098-1351,
e-mail: olishevskav.ye@nmu.one,
© Hennadiy Olishevskiy, Ph. D.,
Associate Professor of Electric Power
Engineering Department,
ORCID: 0000-0001-9576-7527,
e-mail: olishevskiyi.h.s@nmu.one
(Dnipro University of Technology)

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ПЕРЕХОДУ ДО ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

SUBSTANTIATING RATIONAL ROLLING STOCK AT AN ENTERPRISE IN THE TRANSITION TO ELECTRIC VEHICLES

Анотація. Електромобілі є актуальною темою для стратегічного розвитку автомобільних компаній і автопідприємств України. Але висока вартість електромобілів, порівняно із традиційними автомобілями з двигуном внутрішнього згорання, є суттєвою проблемою, яка гальмує перехід підприємств на електромобілі. Розроблена автоматизована методика розрахунку раціональної кількості рухомого складу підприємства, яка дозволяє проводити дослідження змін витрат залежно від складу автомобілів підприємства, що дає техніко-економічні аргументи й полегшує розуміння для прийняття рішення щодо раціонального рухомого складу підприємства у складних умовах переходу на електромобілі.

Надані рекомендації щодо варіантів розвитку автотранспортних підприємств, що дозволить зменшити витрати на експлуатацію автомобілів та підвищити конкурентоспроможність підприємств в умовах економічної кризи, дефіциту енергоресурсів та інтенсивного забруднення навколишнього середовища.

Ключові слова: автомобіль з двигуном внутрішнього згорання, електромобіль, раціональний рухомий склад підприємств, автоматизована методика, витрати на придбання та експлуатацію автомобілів.

Abstract. Analysis of modern trends in the development of road transport has been carried out, which reveals that the sales of electric cars in the world are growing annually. China, the USA, and the European Union can be considered the leaders in terms of sales volume. Ukraine is among the top ten leaders in terms of the growth rate of electric vehicles. The expediency of replacing cars with an internal combustion engine by electric cars has been considered. Electric vehicles are a relevant topic for the strategic development of automotive companies and auto enterprises in Ukraine. The analysis shows that the problems of motor transport enterprises are primarily related to significant physical wear of the rolling stock. However, the high cost of electric cars, compared to traditional cars with an internal combustion engine, is a significant problem that inhibits the transition of enterprises to electric vehicles. The current work reports a study aimed at investigating the modern capabilities of enterprises and the use of electric vehicles.

An automated procedure for calculating the rational number of rolling stock at an enterprise has been devised, which makes it possible to conduct a study of changes in costs depending on the composition of the company's cars, which provides technical and economic arguments and facilitates understanding for making a decision about the rational rolling stock of the enterprise under the difficult conditions of transition to electric vehicles.

The scientific novelty of this work relates to the improvement of methodical approaches to improve the resource saving of the enterprise through the selection of rational options for the distribution of rolling stock – cars with an internal combustion engine and electric vehicles.

The practical significance of the reported results is the development of an automated procedure for calculating the rational number of rolling stock at an enterprise.

Clear recommendations are given regarding options for the development of motor vehicle enterprises, which could reduce the costs of operating cars and increase the competitiveness of enterprises under the conditions of the economic crisis, shortage of energy resources, and intensive environmental pollution.

Keywords: car with an internal combustion engine, electric vehicle, rational rolling stock of enterprises, automated procedure, costs for the purchase and operation of cars.

Вступ

Однією з найяскравіших характеристик розвитку будь-якої країни є автомобільний транспорт. Автомобільний транспорт відіграє важливу роль у функціонуванні та розвитку економіки країни, забезпеченні зв'язку, виробництва й споживання, активізації руху товарно-матеріальних потоків, підтримці мобільності робочої сили та задоволенні потреби населення в перевезеннях.

Станом на 2017 рік автомобільний транспорт в Україні налічує понад 9,2 млн транспортних засобів, зокрема: 6,9 млн легкових автомобілів, орієнтовно 250 тис. автобусів, близько 1,3 млн. вантажних автомобілів, понад 840 тис. одиниць мототранспорту [1].

Використання автомобільного транспорту в Україні має свої особливості ([2]):

- швидке зростання рівня автомобілізації;
- технічна та (або) моральна застарілість майже 70 відсотків рухомого складу;
- середній вік парку легкових автомобілів в Україні сягає 22,7 років, що у два рази перевищує середній вік парку легкових автомобілів у Європейському Союзі (ЄС) – приблизно 11,5 років;
- кількість автомобілів віком понад 10 років в Україні становить 83 %, в ЄС – 55 %;
- за даними Уряду України, до 60 % екологічного збитку в країні пов'язані з перевезенням пасажирів легковими автомобілями;
- велике споживання дефіцитних ресурсів;
- великий негативний вплив на навколишнє середовище (викиди в атмосферу шкідливих речовин, що здійснюються автомобільним транспортом, становлять 95 % усіх викидів) [2].

Питання суперечності між користю від автомобільного транспорту та його шкідливим впливом на навколишнє середовище вирішують різними шляхами: вдосконаленням конструкції автомобілів, використанням якісних автомобільних експлуатаційних матеріалів, підвищенням якості діагностування, технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Але сьогодні одним із найбільш перспективних напрямів розвитку автомобільного транспорту можна вважати розвиток електро- і гібридних автомобілів, а також екологічно стійкої транспортної інфраструктури.

Серед публікацій, присвячених проблемам та перспективам розвитку електромобілів, слід відзначити наукові праці В. А. Кашканова, О. В. Бажинова, А. М. Редзюка, О. І. Відоменко, О. Є. Кондратьєва, Щ. В. Аргуна, В. С. Гіріна, А. В. Гнатова, В. П. Кужеля, О. В. Харчука, Я. В. Шевчука та багатьох інших [3]-[6]. Науковці розглядають як технічні, так і економічні аспекти розвитку електромобілів, які не завдають такої шкоди навколишньому середовищу, як традиційні автомобілі з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ). В багатьох роботах висвітлюються проблеми і переваги електромобілів, перспективи експлуатації та вартість їхнього обслуговування.

Важливою перевагою використання електромобілів є значне зменшення витрат на енергоресурси. Аналітичні дослідження показують, що на сьогодні в багатьох країнах електроенергія є найдешевшим енергоресурсом, що застосовується для транспортних засобів.

Аналіз світових тенденцій розвитку автомобільного транспорту показує, що продажі електромобілів у світі щорічно зростають [7], [8].

У 2020 р. продажі електромобілів у світі досягли 4,2 % від загального обсягу глобального ринку легкового транспорту і склали 3,1 млн машин [5], [8]. Майже 47 % світових продажів електромобілів у 2020 р. припало на ринок Китаю, що зробило його найбільшим у світі [7].

Світовим лідером за кількістю електромобілів відносно проданих транспортних засобів стала Норвегія: у 2019 р. – 55 %, у 2020 р. – 80 % [7]. Цілком справедливо зазначити, що для цієї країни електромобілі вже стали новою реальністю.

У другому півріччі 2021 р. в Західній Європі частка електромобілів склала 7,5 %, тому можна вважати ринок Європи лідером, що є найближчим до етапу швидкого масового переходу на електромобілі.

У 2022 р. кількість проданих електромобілів в Індії та Південно-Східній Азії зросла більш ніж на 200 %, у Японії – на 100 %, в Китаї – майже на 100 %, в Австралії – на 90 %, у США – на 50 %, у Європі – на 17 % [8], [9].

Ринками, на яких спостерігається зростання як електромобілів, так і автомобілів з ДВЗ, є Індія і Південно-Східна Азія [9]. В

Австралії у 2022 р. відбулося зростання продажів автомобілів з ДВЗ на 1 %.

В інших країнах ринок легкових автомобілів з ДВЗ щорічно скорочується.

В Україні перші заходи, спрямовані на вивчення можливостей експлуатації електромобілів та створення інфраструктури і зарядних станцій, були здійснені у 2011 р.

Зростанню обсягів ввезення електромобілів в Україну у 2015...2016 р.р. сприяло ухвалення Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про Митний тариф України» щодо ввізного мита на електромобілі» № 822-VIII від 25.11.2015.

Сукупний обсяг ввезення електромобілів в Україну за 2010...2016 р.р. склав орієнтовно 3,2 тис. одиниць, а найбільш поширеним електромобілем в Україні (станом на лютий 2016 р.) став Nissan LEAF, питома вага якого склала 70 % від парку електромобілів.

У 2018 р. в Україні відбулося стрімке зростання продажів електромобілів – на 402 %, в той час, як у Китаї зростання склало 175 %, у Європі – близько 78 %. У підсумку, за темпами приросту електромобілів, Україна увійшла до десятки лідерів [5], [10]. Тим часом продажі звичайних автомобілів скоротилися на 68 %, частково через економічну рецесію, але здебільшого завдяки очевидним перевагам електромобілів.

На зростання продажів вплинули не тільки політичні рішення (пільговий період на імпорт електричних автомобілів), а й активні дії бізнесу, зокрема, Укренерго, ДТЕК та сервіси таксі (Uber), які на власному прикладі демонстрували актуальність електромобілів в Україні.

За період з 01.07.2020 р. по 01.01.2021 р. кількість продажів в Україні збільшилась на 4017 електромобілів. Лідером із продажів на українському ринку за 2020 рік був вищезгаданий Nissan Leaf (54 %), на другому місці – Tesla Model S (6 %), третім за популярністю став Renault Kangoo (4 %), четверте і п'яте місця розділили BMW I3 (4 %) і Tesla Model 3 (3 %) [6]. Середній вік електромобілів, що були продані у 2020 р., становив 5...5,3 років [5].

На 1 січня 2023 р. в Україні офіційно зареєстровано 46830 електромобілів [7]. А за перші сім місяців 2023 р. – 15932 легкових електромобіля [7], [11], [12].

Наведені дані демонструють, що на сучасному етапі розвитку науки і технологій

швидкими темпами відбувається перехід від автомобілів з ДВЗ до електромобілів.

Електромобілі є актуальною темою для стратегічного розвитку не тільки для урядів країн, але й для автомобільних компаній та автопідприємств. Перехід від автомобілів з ДВЗ на електромобілі є перспективним напрямом вирішення проблем автомобільного транспорту, але його реалізація поки що є нелегким процесом.

Перехід на електромобілі потребує подальшого розвитку автотранспортних підприємств. Це складне питання, яке можна вирішувати різними шляхами.

Розвиток автотранспортного підприємства шляхом оновлення рухомого складу розглядається в роботах Є. С. Кузнецова, І. П. Курнікова та ін. [13], [14]. У роботах В. М. Варфоломєєва, В. Е. Канарчука, І. П. Курнікова та інших дослідників підняті питання розвитку виробничо-технічної бази підприємств [13], [14].

Найбільш прийнятні варіанти стратегій організаційно-технічного розвитку виробничих систем на автомобільному транспорті – оновлення (розширення), диверсифікація, трансформація та спеціалізація – обґрунтовано в роботах В. В. Біліченка, С. В. Цимбала [13], [14].

Види зміни структури рухомого складу підприємства можна класифікувати у такий спосіб:

- *просте поповнення парку*: кількісна заміна парку (групи автомобілів), що пов'язане зі збільшенням чисельності транспортних засобів наявних найменувань;

- *складне (розширене) поповнення парку*: кількісна заміна парку, пов'язана з придбанням рухомого складу, який раніше не експлуатувався на підприємстві; у зв'язку із придбанням автомобілів, які раніше не експлуатувались, відбувається і якісна заміна рухомого складу;

- *тотожна заміна рухомого складу*: якісна заміна парку, пов'язана із заміною кожної старої одиниці рухомого складу на нову того ж найменування;

- *модернізація парку рухомого складу*: якісна заміна парку, тобто заміна рухомого складу одного найменування на більш ефективні транспортні засоби іншого найменування; при цьому можливо, що більш ефективні типи або марки рухомого складу

ніколи раніше не експлуатувалися на цьому підприємстві [13], [14].

Вчені А. Д. Чемберлен, К. К. Андерс, Дж. Барні, Г. Хамел, К. К. Прахалад, А. А. Томпсон, А. Дж. Стрикленд, З. Є. Шершньова та ін. як перспективний інструмент стратегічного управління підприємством пропонують ресурсний підхід, який на відміну від ринкового передбачає не пристосування потенціалу підприємства до мінливих умов зовнішнього середовища, а випереджувальне створення та розвиток унікальних ресурсів підприємств [15].

Суть ресурсного підходу полягає в розробці стратегії на підставі використання ресурсів підприємства. Головним ресурсом будь-якого автотранспортного підприємства, яке створює стійку конкурентну перевагу, є рухомий склад [15].

Шинкаренко В. Г. пропонує методичний підхід, який дозволяє визначити критерій розрахунку кількості рухомого складу за кожною маркою автомобілів на підставі більш повного врахування їхніх особливостей [15].

Проведений аналіз показує, що проблеми автотранспортних підприємств, які працюють у сучасних складних умовах, насамперед пов'язані зі значним фізичним зносом та моральним старінням рухомого складу.

З огляду на це, дослідження, спрямовані на вивчення сучасних можливостей модернізації рухомого складу підприємств України і використання електромобілів, мають особливе значення і актуальність в умовах економічної кризи, дефіциту енергоресурсів та інтенсивного забруднення навколишнього середовища.

Метою роботи є розробка методики та обґрунтування раціональної кількості електромобілів в умовах переходу підприємства від автомобілів з двигуном внутрішнього згорання до електромобілів.

Основна частина

У роботі проведено теоретичне дослідження для підприємства, яке надає послуги таксі, експлуатує автомобілі з ДВЗ Hyundai i30 (на дизельному паливі) і планує провести модернізацію рухомого складу та придбати нові електромобілі.

Для запланованого придбання підприємством розглянуто електромобіль Nissan Leaf. Як другий електромобіль прийнято Renault Zoe.

Враховуючи те, що залежність витрат від кількості автомобілів є лінійною і самі витрати на електромобілі (з урахуванням вартості нових одиниць) більші, ніж на традиційні автомобілі з ДВЗ, вирішення задачі з мінімізації загальних витрат дасть некоректний результат, який полягає в рекомендації відмови від експлуатації електромобілів.

Тому для задоволення техніко-економічних умов з урахуванням екологічного чинника, за раціональну умову планування майбутнього рухомого складу підприємства була прийнята рівність витрат на придбання та експлуатацію автомобілів для групи традиційних автомобілів з ДВЗ і групи електромобілів (або двох груп різних видів електромобілів). Така умова, на думку авторів, є найбільш раціональною та доцільною в непростих економічних та політичних обставинах глобального переходу світової автомобільної галузі до сучасного екологічного виду транспорту і є, звісно, не останньою в подальшому розвитку методів планування майбутнього рухомого складу автомобільних підприємств.

У процесі модернізації рухомого складу підприємства, за умови переходу від традиційних автомобілів з ДВЗ до електромобілів, необхідно дослідити можливості зміни рухомого складу в сучасних умовах і визначити таке співвідношення традиційних автомобілів і електромобілів, за якого витрати підприємства були б рівноцінними для цих груп.

Для вирішення поставленого завдання розроблено автоматизовану методику розрахунку раціональної кількості електромобілів підприємства (**рис. 1**), яка реалізована в середовищі пакета Mathcad.

Серед вхідних даних такі:

- складові витрат на придбання, обслуговування та експлуатацію автомобілів: з ДВЗ Hyundai i30 (*D*) та електромобілів різних марок – електромобіль Nissan Leaf (*ED1*), електромобіль Renault Zoe (*ED2*), за умов однакового пробігу;

- кількість досліджуваних груп автомобілів N_r ;

- загальна кількість автомобілів на підприємстві N_3 .

Досліджуючи перехід підприємства від експлуатації традиційних автомобілів з ДВЗ до експлуатації електромобілів, важливо коректно розрахувати витрати на придбання та експлуатацію автомобілів.

Ретельний аналіз витрат автомобіля з ДВЗ Hyundai i30, а також електромобілів Nissan Leaf і Renault Zoe проведено в роботі [16].

Витрати на експлуатацію автомобіля поділено на групи:

- витрати на паливо – у випадку автомобіля з ДВЗ, або електроенергію – у випадку експлуатації електромобіля;
- витрати на проведення ТО-1 автомобіля;
- витрати на проведення ТО-2 автомобіля;
- витрати на запасні частини, масла та технічні рідини, що підлягають заміні відповідно до регламенту проведення ТО-1 автомобіля;

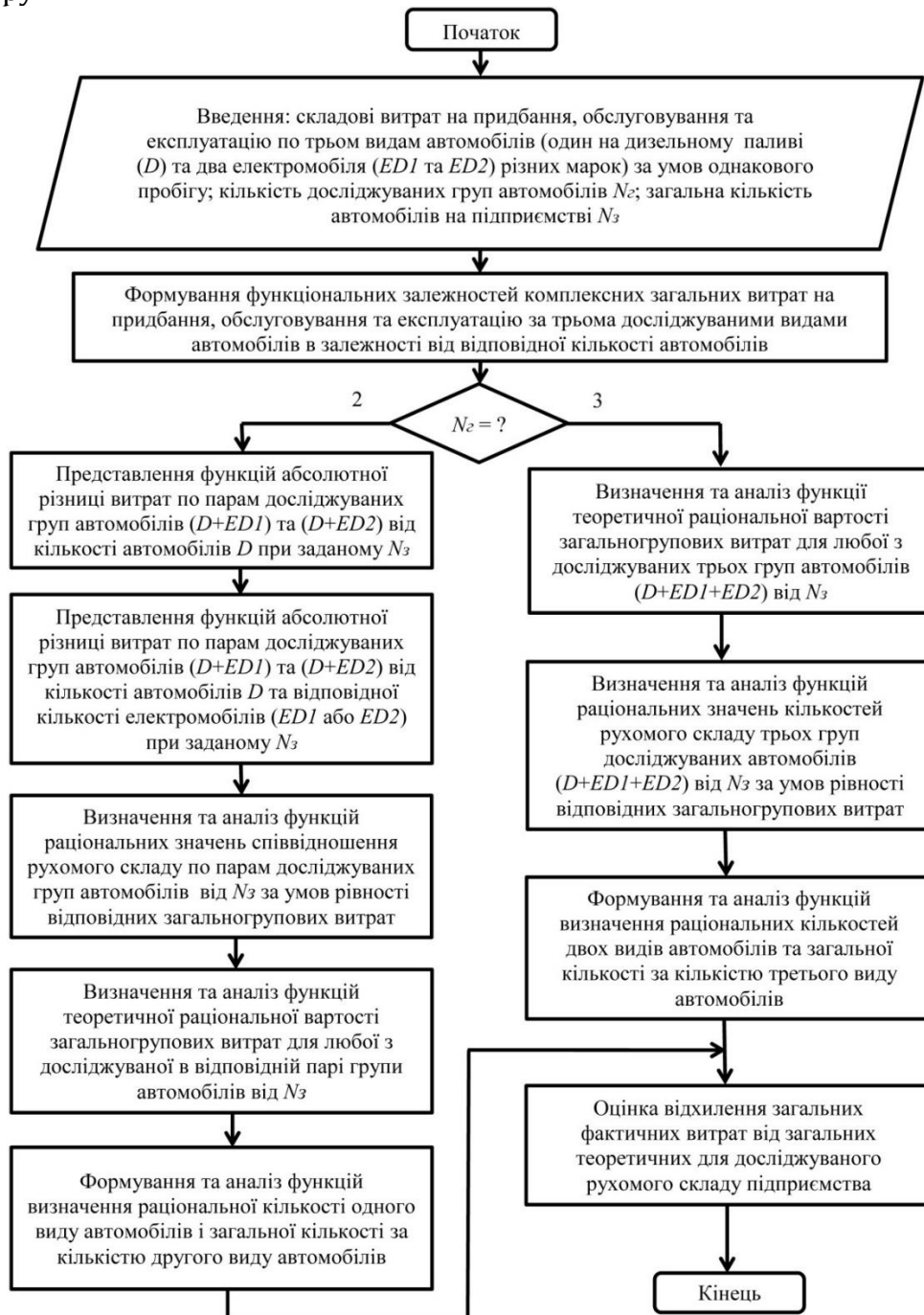


Рис. 1. Блок-схема автоматизованої методики розрахунку раціональної кількості рухомого складу підприємства

– витрати на запасні частини, масла та технічні рідини, що підлягають заміні відповідно до регламенту проведення ТО-2 автомобіля.

Витрати на електроенергію – у випадку аналізу експлуатації електромобіля – враховують вартість електроенергії для підприємства.

Витрати на проведення технічного обслуговування автомобіля залежать від кількості та трудомісткості робіт, що будуть виконуватися.

Технічне обслуговування автомобілів, що розглядається в роботі, складається з технічного обслуговування ТО-1 та технічного обслуговування ТО-2. Періодом обслуговування є пробіг у 15 000 км для автомобілів Hyundai i30, Nissan Leaf, і пробіг у 12 000 км – для автомобіля Renault Zoe. Трудомісткість технічного обслуговування – це норми часу, які встановлює виробник автомобіля з урахуванням особистих конструктивних особливостей окремих моделей і надає інформацію дилерським станціям і авторизованим СТО [16].

Вартість виконання ТО-1 та ТО-2 залежить від часу проведення робіт – під час гарантії або після неї.

Витрати на експлуатацію визначено з урахуванням пробігу автомобіля до капітального ремонту $L_{кр}$, що для зазначених автомобілів становить 300 000 км [16].

Суттєвою проблемою закупівлі нових електромобілів для підприємства є їхня висока вартість, яка обумовлена вартістю акумуляторної батареї. Тому в дослідженні враховано вартість нового автомобіля.

Значними витратами для підприємства у разі експлуатації електромобіля є витрати на ремонтні роботи акумуляторної батареї і вартість нової батареї. Тому в розрахунках ці витрати враховано.

Отже, загальні витрати на придбання та експлуатацію Z_{Σ} автомобіля є сумою складових, що розраховуються за формулою:

$$Z_{\Sigma} = Z_A + Z_{II} + Z_{TO1} + Z_{TO2} + Z_{BM1} + Z_{BM2},$$

де Z_A – вартість нового автомобіля, грн;

Z_{II} – витрати на дизельне паливо, необхідне для одного автомобіля (або витрати на електроенергію у разі розрахунку для електромобіля), грн;

Z_{TO1} – витрати на проведення ТО-1 одного автомобіля, грн;

Z_{TO2} – витрати на проведення ТО-2 одного автомобіля, грн;

Z_{BM1} – витратні матеріали під час проведення ТО-1 одного автомобіля, грн;

Z_{BM2} – витратні матеріали під час проведення ТО-2 одного автомобіля, грн.

Витрати на придбання та експлуатацію автомобіля приймаються в абсолютному вимірі (грн).

Теоретичне дослідження проведено для таких варіантів поєднання автомобілів на підприємстві:

варіант а: підприємство планує придбати та експлуатувати автомобілі з ДВЗ Hyundai i30 і електромобілі Nissan Leaf;

варіант б: підприємство планує придбати та експлуатувати автомобілі з ДВЗ Hyundai i30 і електромобілі Renault Zoe;

варіант в: підприємство планує придбати та експлуатувати автомобілі з ДВЗ Hyundai i30 і електромобілі Nissan Leaf, Renault Zoe.

Теоретичні дослідження проведено для перелічених варіантів поєднання автомобілів на підприємстві за умови, що підприємство розглядає різні значення загальної кількості автомобілів N_z : 15, 30, 50, 75 або 100 одиниць.

Результати розрахунків раціонального розподілу автомобілів на прикладах, коли підприємство планує придбати та експлуатувати загальну кількість автомобілів N_z , представлені в **табл. 1** і на **рис. 2-3**.

За результатами дослідження встановлено раціональний розподіл між традиційними автомобілями з ДВЗ та електромобілями підприємства.

Проаналізуємо ситуацію, наприклад, якщо підприємство планує придбати та експлуатувати автомобілі з ДВЗ D і електромобілі Nissan Leaf $ED1$, загальна кількість автомобілів планується в розмірі $N_z = 50$ одиниць.

Тоді, за розрахунками представлених функцій (**рис. 1**) отримуємо (після округлення) значення раціонального розподілу автомобілів D в парі з електромобілями $ED1$ у кількості:

$$N_D(50) = 27 \text{ од.},$$

$$N_{ED1}(50) = 23 \text{ од.}$$

$$N_D(50) = 28 \text{ од.},$$

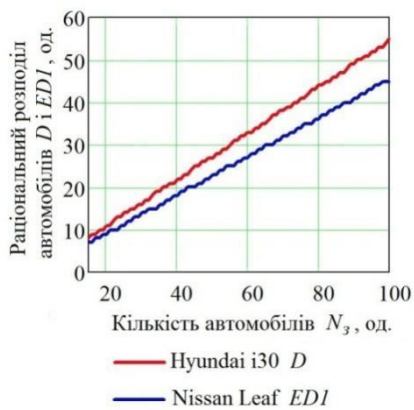
$$N_{ED2}(50) = 22 \text{ од.}$$

Якщо підприємство планує придбати та експлуатувати автомобілі з ДВЗ D і електромобілі Renault Zoe $ED2$, а $N_3 = 50$ одиниць, то раціональний розподіл автомобілів буде:

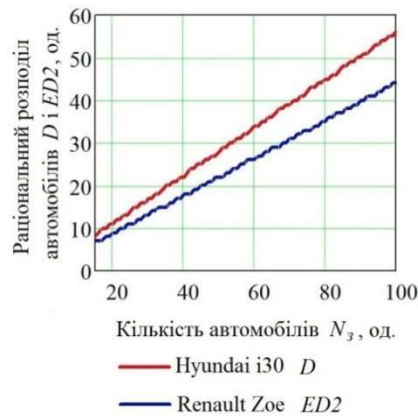
Таблиця 1

Результати дослідження раціонального розподілу автомобілів на підприємстві

Рухомий склад підприємства	Кількість автомобілів, од.	Загальна кількість автомобілів на підприємстві N_3 , од.				
		15	30	50	75	100
Hyundai i30, Nissan Leaf	Hyundai i30	8	16	27	41	55
	Nissan Leaf	7	14	23	34	45
Hyundai i30, Renault Zoe	Hyundai i30	8	17	28	42	56
	Renault Zoe	7	13	22	33	44
Hyundai i30, Nissan Leaf, Renault Zoe	Hyundai i30	6	11	19	29	38
	Nissan Leaf	5	10	16	24	32
	Renault Zoe	4	9	15	22	30



а



б

Рис. 2. Рациональний розподіл автомобілів за двома групами:
а – автомобілі з ДВЗ Hyundai i30 та електромобілі Nissan Leaf,
б – автомобілі з ДВЗ Hyundai i30 та електромобілі Renault Zoe

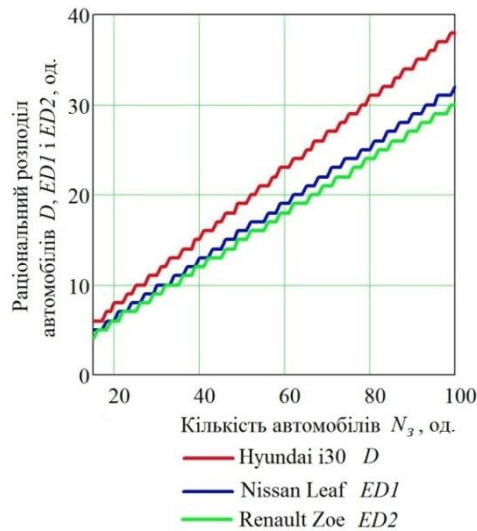


Рис. 3. Раціональний розподіл автомобілів Hyundai i30, електромобілів Nissan Leaf і Renault Zoe

Отримані результати дослідження дозволяють підприємствам, виходячи із загальної кількості автомобілів N_3 , розглядати три раціональні варіанти (табл. 1).

Раціональними варіантами, за умови придбання підприємством 15 нових автомобілів, можуть бути такі:

8 автомобілів Hyundai i30 і 7 електромобілів Nissan Leaf;

8 автомобілів Hyundai i30 і 7 електромобілів Renault Zoe;

6 автомобілів Hyundai i30, 5 електромобілів Nissan Leaf і 4 електромобіля Renault Zoe.

Раціональними варіантами, за умови придбання підприємством 30 нових автомобілів, можуть бути такі:

16 автомобілів Hyundai i30 і 14 електромобілів Nissan Leaf;

17 автомобілів Hyundai i30 і 13 електромобілів Renault Zoe;

11 автомобілів Hyundai i30, 10 електромобілів Nissan Leaf і 9 електромобілів Renault Zoe.

Раціональними варіантами, за умови придбання підприємством 50 нових автомобілів, можуть бути такі:

27 автомобілів Hyundai i30 і 23 електромобіля Nissan Leaf;

28 автомобілів Hyundai i30 і 22 електромобіля Renault Zoe;

19 автомобілів Hyundai i30, 16 електромобілів Nissan Leaf і 15 електромобілів Renault Zoe.

Раціональними варіантами, за умови придбання підприємством 75 нових автомобілів, можуть бути такі:

41 автомобіль Hyundai i30 і 34 електромобіля Nissan Leaf;

42 автомобіля Hyundai i30 і 33 електромобіля Renault Zoe;

29 автомобілів Hyundai i30, 24 електромобіля Nissan Leaf і 22 електромобіля Renault Zoe.

Раціональними варіантами, за умови придбання підприємством 100 нових автомобілів, можуть бути такі:

55 автомобілів Hyundai i30 і 45 електромобілів Nissan Leaf;

56 автомобілів Hyundai i30 і 44 електромобіля Renault Zoe;

38 автомобілів Hyundai i30, 32 електромобіля Nissan Leaf і 30 електромобілів Renault Zoe.

Висновки

Проведений аналіз світових тенденцій розвитку автомобільного транспорту показав, що продажі електромобілів у світі щорічно зростають, а ринок легкових автомобілів з ДВЗ скорочується.

Україна за темпами зростання електромобілів випередила такі розвинуті автомобільні країни, як США та Японія. Лідерами з продажів на українському ринку електромобілів є Nissan Leaf, Tesla Model S, Renault Kangoo, BMW I3 і Tesla Model 3.

Важливим технічним та економічним завданням, вирішення якого є необхідною умовою для розширення використання

електромобілів у нашій країні, є розвиток автотранспортних підприємств.

У роботі розроблена нова методика розрахунку раціональної кількості електромобілів підприємства, яка дозволяє зробити реальний перехід від традиційних автомобілів з ДВЗ до електромобілів.

Розроблена методика відповідає вимогам:

- адекватності, оскільки відображає результати з прийнятною точністю;
- універсальності, оскільки допускає варіювання великим числом змінних і зберігає можливість швидкого оцінювання отриманих результатів;
- економічності, оскільки не потребує великих затрат ресурсів для реалізації методики та затрат часу для прийняття управлінського рішення.

Розроблена автоматизована методика розрахунку раціональної кількості рухомого складу підприємства дозволяє проводити дослідження змін витрат залежно від складу автомобілів підприємства, що дає техніко-економічні аргументи й полегшує розуміння для прийняття рішення щодо раціонального рухомого складу підприємства у складних умовах переходу на електромобілі.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні методичних підходів щодо підвищення ресурсозбереження підприємства завдяки вибору раціональних варіантів розподілу рухомого складу – автомобілів з ДВЗ та електромобілів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці автоматизованої методики розрахунку раціональної кількості рухомого складу підприємства в умовах переходу від традиційних автомобілів до електромобілів.

Авторами роботи надані чіткі рекомендації щодо варіантів розвитку автотранспортних підприємств, що дозволить зменшити витрати на експлуатацію автомобілів та підвищити конкурентоспроможність підприємств в умовах економічної кризи, дефіциту енергоресурсів та інтенсивного забруднення навколишнього середовища.

Матеріали роботи використовуються здобувачами вищої освіти зі спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» в освітніх компонентах «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів», «Безпека

дорожнього руху та екологія на автотранспорті», здобувачами вищої освіти зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» в освітньому компоненті «Енергозбереження у промисловому та муніципальному секторах» (НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро).

Результати роботи можуть бути використані з метою ресурсозбереження у процесі модернізації автомобільного парку Кабінету Міністрів України, Національної поліції України, центрів медичної допомоги, ДП «Укрпошта», НЕК «Укренерго», ДТЕК, компаній, що надають послуги таксі, послуги оренди автомобілів або послуги з обміну автомобілів (car-sharing) та інших організацій і підприємств.

References

1. Nykyforuk, O. I., Chukayeva, I. K., Piriashvili, B. Z., Lyashenko, O. F., Karpov, V. M., Kudryts'ka, N. V. ... Plyuta, I. Yu. (2017). Development of infrastructure sectors as a factor in the implementation of priority areas of Ukraine's economic policy: a collective monograph [Rozvytok infrastrukturykh sektoriv yak chynnyk realizatsiyi priorytetnykh napryamiv ekonomichnoyi polityky Ukrayiny Kolektyvna monohrafiya, Natsional'na akademiya nauk Ukrayiny, DU «Instytut ekonomiky ta prohnozuvannya NAN Ukrayiny»]. Retrieved from <http://ief.org.ua/docs/mg/295.pdf> [in Ukrainian].
2. Ponedilok, Yu. V., Kryvoshapko, S. B. (2020). Problems and directions of development of the road transport system. Intelligent technologies for transport process management [Problemy ta napryamky rozvytku avtomobil'no-transportnoyi systemy]. Kharkiv, 186–188. Retrieved from https://sci.lubgd.edu.ua/bitstream/123456789/7218/1/%D0%97%D0%91%D0%86%D0%A0%D0%9D%D0%98%D0%9A_%D0%9C%D0%90%D0%A2%D0%95%D0%A0%D0%86%D0%90%D0%9B%D0%86%D0%92.pdf [in Ukrainian].
3. Kashkanov, V. A., Prysyazhnyuk, M. M. (2019). Advantages and disadvantages of electric vehicles. Problems and prospects of road transport development [Perevahy ta nedoliky elektromobiliv. Paper presented at the VII-yi mizhnarodnoyi nauko-vo-praktychnoyi internet-konferentsiyi «Problemy i perspektyvy rozvytku avtomobil'noho transportu»]. Vinnytsya, 65–68. Retrieved from <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/33267> [in Ukrainian].
4. Hroma, Ya. V., Hlushchenko, Ya. I. (2019). Comparative analysis of the electric vehicle market in Ukraine and the world [Porivnyal'nyy analiz rynku elektro-mobiliv v Ukrayini ta sviti. Ekonomichnyy visnyk NTUU «KPI»]. Kyiv, 16, 42–49. <https://doi.org/10.20535/2307-5651.16.2019.181408> [in Ukrainian].
5. Olishevs'ka, V. Ye., Olishevs'kyi, H. S. (2022). The concept of the development of electric vehicles and related infrastructure in Ukraine. Development problems and prospects [Kontseptsiya rozvytku elektromobiliv ta suputn'oyi infrastruktury v Ukrayini. Problemy i perspektyvy rozvytku avtomobil'noho transportu]. Vinnytsya, 225–228. Retrieved from <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/162861> [in Ukrainian].
6. Olishevs'ka, V. Ye., Olishevs'kyi, H. S. (2022). Research on the practice of stimulating the development of electric vehicles in developed countries [Doslidzhennya praktyky stymulyuvannya rozvytku elektromobiliv v rozvynutykh krayinakh svitu. Paper presented at the VIII

mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi internet-konferentsiyi «Avtomobil' i elektronika. Suchasni tekhnolohiyi»]. Kharkiv, 47–49. Retrieved from <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/161907> [in Ukrainian].

7. E-auto [Blog about Electric Cars] (2023). Number of Electric Cars in the World and Ukraine. Retrieved from <https://e-auto.in.ua/kilkist-elektromobiliv-u-sviti-ta-ukraïni-2023/>.

8. International Energy Agency. (2023). Global EV Outlook 2023 [Launch Webinar]. Retrieved from https://iea.blob.core.windows.net/assets/525aa16b-7a9d-40f9-a89f-5e613f019220/GEVO2023_WEB.pdf.

9. Bullard, N. (2023). Four Takeaways on the Future of the Global EV Market. Retrieved from <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-06-08/global-ev-sales-have-soared-as-overall-new-car-sales-sag>.

10. Ukrayins'ka pravda. (2018). Ukraine entered the TOP-10 countries in terms of the growth of sales of electric vehicles [Ukrayina uviyshla do TOP-10 krayin za zrostannyam prodazhu elektromobiliv]. Retrieved from <https://www.epravda.com.ua/news/2018/03/13/634925/> [in Ukrainian].

11. Employers' federation of automotive industry. (2023). Registration of electric vehicles for 7 months of 2023 [Reyestratsiyi elektromobiliv za 7 misyatsiv 2023 roku]. Retrieved from <https://fra.org.ua/uk/st/statistika/infoghrafika/reiestratsiyi-elektromobiliv-za-7-misiatsiv-2023-roku> [in Ukrainian].

12. Bryazhunov T. (2023). Sales of electric vehicles in Ukraine set a new record: popular brands and models [Prodazhi elektromobiliv v Ukrayini vstanovyly novyy rekord: populyarni marki i modeli. *Fokus*].

Retrieved from <https://focus.ua/auto/583621-prodazhi-elektromobiley-v-ukraine-ustanovili-novyy-rekord-populyarnye-marki-i-modeli-foto> [in Ukrainian].

13. Bilichenko, V. V., Smyrnov, Ye. V. (2019). Strategies of technical development of motor transport enterprises: a monograph [Stratehiyi tekhnichnoho rozvytku avtotransportnykh pidpryyemstv [monohrafiya]. Vinnytsya: VNTU. Retrieved from https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2021/Bilichenko_2019_144.pdf [in Ukrainian].

14. Tsymbal, S. V. (2015). Substantiation of strategies and options for the development of road transport enterprises [Obgruntuvannya stratehiy ta variantiv rozvytku avtotransportnykh pidpryyemstv. (dys. ... kand. tekhn. nauk) Vinnyts'kyi natsional'nyy tekhnichnyy universytet]. Vinnytsya. Retrieved from http://diser.ntu.edu.ua/Tsymbal_dis.pdf [in Ukrainian].

15. Shynkarenko, V. H. (2020). Evaluating the resources of a motor transport enterprise. [Otsinka resursiv avtotransportnoho pidpryyemstva. *Ekonomika transportnoho kompleksu Ekonomika transportnoho kompleksu*], 35, 83–94. Retrieved from <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/2932> [in Ukrainian].

16. KHNADU (2020). Study of maintenance modes for electrically driven vehicles [Doslidzhennya rezhymiv tekhnichnoho obsluhovuvannya avtomobiliv z elektrychnym pryvodom]. Retrieved from https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%95/2020R/AT_AE_MAX-80.pdf [in Ukrainian].