

СТРАТЕГІЇ ПЕРЕХОДУ АВТОТРАНСПОРТУ НА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

STRATEGIES FOR THE TRANSITION OF ROAD TRANSPORT TO CLEAN ENERGY SOURCES



Порфіренко Володимир Іванович, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри «Менеджмент». Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: porfirenko@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0329-6217>



Норець Станіслав Романович, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, e-mail: st.norets@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-8747-7681>

Анотація. Автомобільний транспорт є одним із найбільших джерел забруднення повітря та зміни клімату. Перехід на екологічно чисті джерела енергії є ключовим завданням для пом'якшення впливу транспорту на навколишнє середовище.

За основу були взяті дослідження кафедри менеджменту Національного Транспортного університету в галузі екології автотранспорту. У статті розглянуто різні стратегії переходу автомобільного транспорту на екологічно чисті джерела енергії: розвиток електромобілів та інших транспортних засобів на альтернативних джерелах енергії, впровадження інфраструктури для зарядки електромобілів, розвиток екологічно чистого громадського транспорту, заохочення використання альтернативних видів транспорту.

Перехід на екологічно чисті джерела енергії для автомобільного транспорту є складним завданням, яке потребує зусиль з боку всіх зацікавлених сторін. Однак, це завдання є необхідним для захисту навколишнього середовища та забезпечення сталого розвитку.

Ключові слова: екологія, електричний автотранспорт, водневий автотранспорт, двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ), екологічний громадський транспорт, забруднення атмосферного повітря, електробуси, екологічно чисті джерела енергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Транспорт завжди був невід'ємною частиною життя людства, і він постійно змінювався та адаптувався на всіх етапах історії, відповідно до розвитку та потреб людей. Наразі автотранспорт переживає революцію, спрямовану на створення більш екологічно чистих рішень. Одними з головних учасників цієї трансформації є електромобілі та автомобілі на водневих паливках.

Для переходу автотранспорту на екологічно чисті джерела енергії та їхнього впливу на наше майбутнє, важливо проаналізувати перспективи розвитку найпоширенішого на сьогодні виду – автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) з технічної та екологічної сторін.

На жаль, на сьогоднішній день автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) є досить неекологічними з точки зору викидів шкідливих газів і споживання пального. Основною причиною забруднення є неповне і нерівномірне згоряння палива. При русі автомобіля лише .5% палива використовується для приводу, тоді як 85% викидається в атмосферу. Камера згоряння автомобільного двигуна діє як хімічний реактор, який виробляє отруйні речовини і викидає їх в атмосферу.

Негативний вплив автотранспорту на людей і навколишнє середовище має кілька основних факторів:

1) Забруднення повітря (викиди в атмосферу включають в себе багато шкідливих речовин, які шкодять як здоров'ю людини, так і навколишньому середовищу);

2) Забруднення навколишнього середовища (викиди автотранспорту також впливають на ґрунт і воду, що призводить до деградації природи);

3) Шум (автомобілі виробляють інтенсивний шум, що може негативно впливати на здоров'я людини і комфорт життя);

4) Вібрація (рух автомобілів також створює вібрацію, яка може впливати на структуру будівель і інфраструктури);

5) Виділення тепла (процес руху автомобілів супроводжується розсіюванням тепла, що може впливати на клімат та споживання енергії).

Джерелами забруднення повітря під час експлуатації автотранспорту є двигуни внутрішнього згоряння, які викидають в атмосферу відпрацьовані гази та паливні випаровування. Ці викиди містять багато різних компонентів продуктів повного і неповного згоряння нафтових палив, а також неорганічні сполуки.

Наприклад, при русі автомобіля зі швидкістю 80-90 км/год, вуглекислота утворюється в кількості, яка еквівалентна кількості кисню, що подається для дихання 300-350 осіб. Річний вихлоп одного автомобіля містить 800 кг небезпечного оксиду вуглецю, 40 кг оксидів азоту і більше 200 кг різних вуглеводнів. Через високу токсичність, допустима концентрація оксиду вуглецю в атмосферному повітрі не повинна перевищувати 1 мг/м³ (рис. 1).

Вуглеводні утворюються при неповному згорянні палива. Автотранспорт відповідає за приблизно 39% викидів вуглеводнів у індустріально розвинених країнах. Бензинові двигуни викидають більше вуглеводнів, ніж дизельні. Один з найнебезпечніших вуглеводнів, бензопірен, є природним компонентом сирої нафти і може виявлятися високими концентраціями на міських дорогах та біля заправних станцій.

Автомобілі також є основним джерелом чадного газу CO, який є однією з найбільш токсичних речовин, що шкодять здоров'ю людини. Крім того, в атмосферу виділяються оксиди азоту NO і N₂O, які також мають негативний вплив на людей і рослини.

Озон, який в верхніх шарах атмосфери є захисним шаром, може стати шкідливим при забрудненні. Формування приземного озону є наслідком забруднення, викликаного автотранспортом, і включає фотохімічні реакції з участю оксидів азоту та вуглеводнів.

Сполуки сірки SO і SO₂ можуть викликати окиснення води і ґрунтів, що негативно впливає на здоров'я людини і екосистему. Альдегіди, які утворюються під час неповного згоряння палива, мають неприємний запах і можуть викликати різні респіраторні проблеми, такі як роздратування очей, носа, кашель і утруднення дихання[1,2].

Отже, для запобігання забруднення планети, перехід до більш технічно досконалих та екологічно-дружніх альтернатив, необхідний, і спонукає до розвитку та експлуатації автотранспорту на чистих джерелах енергії. Це підтверджується багатьма науковими публікаціями [3, 4].

Для запобігання забруднення планети "Велика сімка" (G7) має спільний план, спрямований на досягнення повного усунення викидів на дорогах до 2050 року. Це є значущим кроком у боротьбі зі зміною клімату. Основний пункт цього плану передбачає: повністю електричні, гібридні або без викидні автомобілі до 2035 року. Країни G7 планують впровадити обмеження на продаж нових автомобілів, які використовують традиційні ДВЗ. Це означає, що всі нові автомобілі, що будуть продані в цих країнах, повинні бути повністю електричними, гібридними або використовувати паливо з нульовими викидами вуглекислого газу.

Велика Британія планує заборонити продаж нових автомобілів з ДВЗ після 2030 року. У той же час Європейський союз розглядає впровадження стандарту Євро-7 і планує припинити продаж автомобілів з ДВЗ до 2035 року, хоча це не буде повністю вдаватися. У Сполучених Штатах Америки наразі лише штати Нью-Йорк і Каліфорнія мають намір заборонити продаж автомобілів з ДВЗ [5].



Рисунок 1 – Аналіз викидів від автотранспорту по хімічних елементах
Figure 1 – Analysis of vehicle emissions by chemical elements

Варто зауважити, що передові країни вже зараз реалізують цей план. Наївно припускати, що ідея ця є прийнятою серед всіх громадян, але влада має показувати це на власному прикладі, і такий приклад є – громадський транспорт.

Електробус є логічним розвитком громадського транспорту, враховуючи «зелені» тенденції розвитку. Це пасажирський транспортний засіб, який приводиться в рух електродвигуном. Електрична енергія для руху електробуса може отримуватися з акумуляторної батареї на борту, з контактної мережі, а також з обидвох джерел.

Електробуси все частіше використовуються в містах по всьому світу, оскільки вони є більш екологічно чистим і економічним видом транспорту[6,7].

Основна частина

У сучасному світі Китай є провідним у переході до використання електробусів, як малих, так і великих (рис. 2). За даними Bloomberg, 99% всіх вироблених у світі електробусів виготовляється саме в Китаї. Головна причина цього успіху полягає в тому, що на території Китаю знаходиться 95% всесвітніх запасів літію, який використовується як ключовий компонент у батареях для електричних автомобілів і електробусів.

У Сполучених Штатах лише 0,5% автобусів є електричними. Недавно ще розвинуті європейські країни, такі як Франція, Велика Британія, Норвегія та Швеція, відносилися до переходу

на електробуси з обережністю. Це було пов'язано з необхідністю будівництва інфраструктури для зарядки транспорту з нуля і обмеженою кількістю тестових випробувань.

Але починаючи з 2021 року, ситуація почала змінюватися. Європейська комісія схвалила активну підтримку екологічно чистих пасажирських транспортних засобів, рекомендуючи державам на території Європи підтримувати перевізників на державному рівні у закупівлі електробусів. Ця підтримка охоплює не лише придбання транспорту, але й створення відповідної інфраструктури.



Рисунок 2 – Найдовший в світі електробус BYD model K12A
Figure 2 – The world's longest electric bus BYD model K12A

Компанія BYD з Китаю входить до трійки провідних світових виробників електробусів, і їхні пасажирські автобуси експлуатуються в численних країнах світу, включаючи США, Колумбію, Данію, Нідерланди та Шотландію [8].

Щодо України, у Києві найбільшим забруднювачем повітря є приватний і комунальний транспорт із двигунами внутрішнього згоряння. Дизельні двигуни внутрішнього згоряння, які в основному використовуються на міському пасажирському транспорті в мегаполісах, є джерелом шкідливих викидів у повітря. Ці викиди негативно впливають на здоров'я людей, зокрема, скорочують тривалість життя. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я, через забруднення повітря українці втрачають близько 2,5 років життя. Цей показник є одним з найгірших у світі. За рівнем смертності через забруднення повітря Україна посідає 5 місце в Європі.

У той час як у багатьох європейських мегаполісах карантин призвів до зменшення забруднення повітря, у Києві в 2020 році, навпаки, кілька разів реєстрували рекордну забрудненість. Це було пов'язано не лише з лісовими пожежами, які періодично виникають на Київщині та Житомирщині, а й з постійними викидами від підприємств енергетики та автотранспорту. Державна екологічна інспекція здійснює контроль за викидами з ТЕЦ, але викиди від автотранспорту державою взагалі не регулюються [9].

Отже, Україні життєво необхідні реформи у сфері громадського транспорту. Президент підписав проект закону №8172, який чітко прописує, що “до перевезень пасажирів на міських автобусних маршрутах загального користування в режимі регулярних пасажирських перевезень у містах районного та обласного значення з 1 січня 2036 року допускаються виключно електробуси...”. Головною метою закону є вказати шлях, яким Україна буде рухатися з усім світом до зменшення викидів вуглецю. Але в реальності все може обмежитись переходом певної частини автобусного парку країни на природний газ. Адже експерименти з електробусами на окремих маршрутах проводяться вже не один рік, але суттєвих зрушень в цьому напрямку поки що не спостерігається. Чому?

Бо перехід на електробуси в Україні потребує значних інвестицій, які можуть складатися з декількох етапів. Спочатку необхідно придбати електробуси і налагодити інфраструктуру для їх зарядки, а потім підтримувати їх експлуатацію. Звичайно, такі інвестиції можуть мати позитивний ефект на здоров'я населення та екологію в містах. Але мова йде про значні кошти. Згідно інформації від Міністерства інфраструктури, в Україні нараховується приблизно 50 тисяч автобусів різних типів, з яких близько 30 тисяч обслуговують міські маршрути. Якщо виникає завдання замінити цей автопарк на більш екологічні транспортні засоби, такі як електробуси, автобуси на водневих паливних елементах або «метанові» автобуси, протягом 13 років, то необхідно проводити заміну 2300 автобусів щорічно. Цей висновок робить Марина Китіна, яка є експертом у галузі транспортних інновацій та еко-активістом.

За інформацією від одного виробника електробусів в Україні, корпорації "Електрон", вони вже на даний момент можуть виготовляти до 1000 електробусів щорічно, і можуть швидко розширити обсяг виробництва. Додатково, щонайменше два інші виробники в Україні також мають власні розробки електробусів. Зокрема, в Україні представлені представництва великих виробників електробусів, таких як компанії YUTONG та SKYWELL. Також, на початку 2019 року Україну відвідувала делегація найбільшого виробника у світі, компанії BYD, яка розглядала можливість створення власного виробництва електробусів або утворення спільного підприємства з українськими виробниками.

Проте, прогрес у розвитку виробництва у нас гальмується саме відсутністю попиту зі сторони міст, і саме цей закон повинен сприяти появі цього попиту. Ситуація аналогічна тій, яка виникла в Польщі, де завдяки замовленням від польських міст на електробуси, місцевий виробник SOLARIS за короткий період часу досяг шаленого розвитку і став найбільшим виробником електробусів в Європі, а зараз також розпочав виробництво водневих автобусів. Такий сценарій повинен розгорнутися і в Україні [9].

Для того, щоб громадяни всерйоз замислювались про купівлю електромобілів, необхідно, щоб вони були впевнені в наявності доступної та високоякісної інфраструктури для зарядки. Зокрема, необхідно розробити нормативно-правову базу, яка регулюватиме будівництво та експлуатацію зарядних станцій, надати фінансову підтримку для будівництва зарядних станцій та співпрацювати з приватним сектором для будівництва зарядних станцій. В ідеалі ця інфраструктура повинна відповідати таким вимогам:

Доступність: зарядні станції повинні бути доступні для всіх користувачів, незалежно від їхнього місцезнаходження або часу доби;

Швидкість: зарядні станції повинні дозволяти швидко заряджати електробуси та інші транспортні засоби, щоб вони могли продовжувати свою роботу без перерв;

Економічність: вартість зарядки електробусів та інших транспортних засобів повинна бути доступною для користувачів;

Екологічність: автомобілі повинні заряджатись тільки від джерел відновлюваної енергії.

Завдяки електрифікації громадського транспорту та розвитку інфраструктури для зарядки громадяни зможуть побачити переваги електротранспорту та стануть більш схильними до купівлі електромобілів.

Електромобілі вже давно не є диковинкою на ринку автотранспорту. Цікавий факт: електромобіль з'явився раніше, ніж автомобіль з двигуном внутрішнього згоряння. Протягом останніх декількох років електромобілі значно набули популярності та стали більш доступними для споживачів. Велика кількість автовиробників представляє на ринку різноманітні моделі електромобілів з різними характеристиками і ціновими діапазонами (рис. 3).



Рисунок 3 – Блок-схема типів електромобілів
Figure 3 – Block diagram of types of electric vehicles

З рисунку видно, що наразі існують чотири типи електромобілів:

- а) гібридні, які мають невеликий ДВЗ, який підзаряджає через генератор акумуляторні батареї (АКБ), для приводу в дію електричного двигуна авто;
- б) гібридні, які працюють на водні та використовують тип електродвигуна, що мають акумуляторні електромобілі;
- в) plug-in автомобілі, в яких АКБ при необхідності може підзаряджатись від загальної чи виділеної мережі електроструму;
- г) повністю електричні авто, що працюють виключно від електроструму вмонтованого блоку АКБ.

Споживачі все більше віддають перевагу електромобілям через їхні численні переваги, такі як екологічність (менше викидів шкідливих газів), економічність (менше витрат на «пальне»), та технологічні можливості (автопілот, висока продуктивність, мережеве підключення тощо). Наразі електромобілі мають всі можливості витіснити автомобілі з ДВЗ до 2035 року, але все залежить від низки факторів, таких як: розвиток акумуляторних батарейних технологій, збільшення місткості батарей, збільшення швидкості зарядки та зменшення вартості батарей, розвиток мережі зарядних станцій, вартість електроавтомобілів, вартість пального, податки та інші економічні фактори, які можуть впливати на вибір водіїв при купівлі автомобіля.

Електромобілі сповна вирішують питання, пов'язані з викидами автомобільного транспорту, але й не можна сказати, що вони на 100% екологічно чисті. Коли електромобіль рухається, він залишається екологічно чистим та відносно безпечним на дорозі, але негативні впливи його експлуатації переносяться на те місце, де виробляється електроенергія у випадку, коли електромобіль не заряджався від джерела відновлюваної енергії та на те місце де автомобіль був виготовлений [10].

Другий аспект, за який часто висловлюють критику стосовно електромобілів, полягає в проблемі переробки батарей. У той час, коли традиційні свинцево-кислотні акумулятори, які використовуються у звичайних автомобілях, активно піддаються процесу переробки, це не можна

сказати про літій-іонні батареї. Батарея електрокарів є більшою та важчою і складається з численних літій-іонних елементів (рис. 4), кожен з яких необхідно розбирати окремо.

Технології утилізації не встигають відповідати швидко зростаючому ринку електромобілів, і це призводить до ситуації, де на сміттєзвалищах накопичуються тисячі відпрацьованих акумуляторних батарей. Небезпечні хімічні речовини з цих батарей можуть потрапити в навколишнє середовище. Учені з Бірмінгемського університету, у своїй публікації у журналі «Nature», закликають виробників електромобілів і уряди всього світу спільно розробити надійний план переробки батарей, який допоможе вирішити цю проблему якнайшвидше [11].

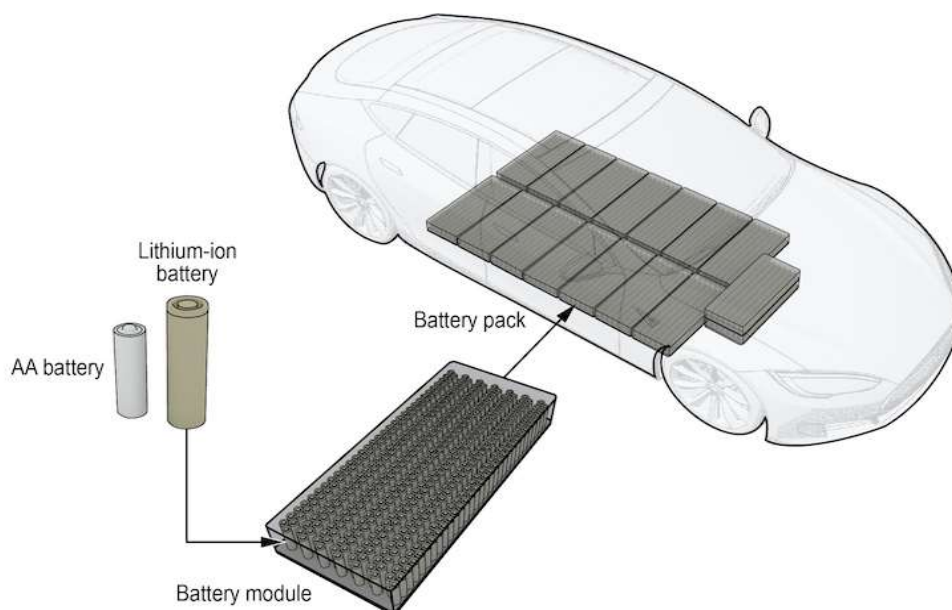


Рисунок 4 – Блок акумуляторів автомобіля Tesla
Figure 4 – Tesla car battery block

Проблема переробки літій-іонних батарей полягає в тому, що під час процесу втрачається значна частина важливих компонентів до так званої "чорної маси" – суміші літію, марганцю, кобальту та нікелю. Це вимагає подальшої дорогої обробки.

Крім цього, окрему небезпеку становить виробництво акумуляторів та електромоторів, оскільки потребує більшої кількості токсичних речовин нікелю, міді та алюмінію, які збільшують ризик окислення ґрунту [12].

Хоча ручний демонтаж дозволяє більш ефективно відновлювати більшість цих матеріалів, він потребує людської праці. В Європі ця праця стає дорогою, що робить проект економічно невигідним. У країнах з низькими витратами на працю, таких як Китай, умови праці є неприйнятними, або навіть небезпечними.

Водночас ефективна переробка акумуляторів могла б вирішити проблему дефіциту сировини. Наприклад, у Великій Британії взагалі відсутні природні ресурси для виробництва батарей. Крім того, під час виробництва електромобілів заводи можуть виділяти парникові гази та шкідливі забруднювачі, іноді навіть у більших кількостях, ніж під час виробництва автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння [13].

Отже, виникає питання «які є альтернативи?». А вони є - водень. ЄС затвердив водневу стратегію, яка дозволить поступово відмовитися від використання викопного палива та повністю перейти до зелених технологій. Існують три типи промислових технологій для виробництва водню, які часто класифікують як сірі, голубі та зелені.

Сірі технології: Виробництво водню з природного газу, що є найстарішою та менш екологічно ефективною методологією. Зазначається, що вона втрачає популярність через свою неекологічність.

Голубі технології: Виробництво водню з води шляхом електролізу, де енергія отримується від атомних або теплових електростанцій. "Голубий водень" розглядається як засіб для накопичення електроенергії у періоди низького попиту.

Зелені технології: Використання електролізу для виробництва водню, але з використанням енергії від відновлювальних джерел, таких як сонячні чи вітрові станції. Зазначається, що зниження вартості сонячних панелей зробило собівартість сонячної енергії конкурентоспроможною в порівнянні з енергією, виробленою на атомних електростанціях [14].

Воднева стратегія ЄС – це амбітний план, який має на меті зробити водень основним джерелом енергії для тих галузей економіки, які не можуть бути повністю електрифіковані. Це дозволить ЄС досягти нульових викидів вуглекислого газу до 2050 року. Водень – це чисте паливо, яке при згорянні утворює лише воду. Він не виділяє вуглекислого газу, тому його використання допоможе ЄС відмовитися від використання викопних вуглеводнів.

Пріоритетом для ЄС є виробництво відновлюваного водню, тобто зеленого, що виробляється шляхом електролізу за рахунок відновлюваних джерел енергії, переважно енергії вітру та сонця.

Згідно з Массачусетським технологічним інститутом, прогнозується, що виробництво водню за допомогою сонячних панелей може стати рентабельним протягом наступних десяти років. За даними Міжнародного агентства відновлюваної енергетики IRENA, до 2025 року "зелений водень" може коштувати \$4-6 за кілограм з подальшою перспективою зниження цін до \$2 за кілограм до 2040 року, що вдвічі дешевше, ніж на сучасному етапі.

З 2025 по 2030 рік планується довести потужність електролізерів в ЄС до 40 гігават, а річне виробництво водню до 10 млн т. До 2050 року виробництво і застосування водню має зрости ще більше.

Водневий альянс ЄС, до якого увійшли підприємства, громадські організації, міністерства і Європейський інвестиційний банк, має на меті забезпечити успішну реалізацію Водневої стратегії.

Воднева стратегія ЄС – це важливий крок у напрямку декарбонізації економіки та досягнення нульових викидів вуглекислого газу. Якщо вона буде успішно реалізована, ЄС зможе стати світовим лідером у галузі відновлюваної енергетики та декарбонізації [14].

Давайте розглянемо ситуацію, де двигун внутрішнього згорання, призначений для використання водню, іншими словами, водневий двигун, конструктивно не відрізняється значуще від традиційного двигуна з внутрішнім згоранням (ДВЗ). В обох випадках є циліндри, поршні, камера згорання і складний кривошипно-шатунний механізм для перетворення руху поршня в корисну роботу.

Основна відмінність полягає в тому, що в циліндрах водневого двигуна згорає суміш повітря та водню, а не бензину, газу або дизельного палива. Крім того, спосіб подачі водневого палива, створення суміші та запалювання відрізняється від аналогічних процесів у традиційних двигунах. Перш за все, горіння водню відбувається набагато швидше, ніж горіння нафтового палива. У звичайному ДВЗ суміш бензину або дизельного палива з повітрям заповнює камеру згорання, коли поршень майже досягає верхньої мертвої точки (ВМТ), після чого паливо горить певний час, і лише потім відбувається випуск відпрацьованих газів.

У водневому двигуні реакція протікає набагато швидше, що дозволяє затримати наповнення циліндра на той момент, коли поршень вже почав рухатися вниз відносно нижньої мертвої точки (НМТ). Водень не містить вуглецю та вуглеводнів, тому єдиними небажаними викидами, які можуть виникнути при його використанні, є оксиди азоту (NOx). Ці сполуки виникають, коли азот із повітря окислюється при високих температурах, звісно помітно краще, ніж ДВЗ, працюючий на бензині, але не ідеально.

Автомобілі на водні не працюють не від великої важкої батареї, а від блоку паливних елементів. Проте для обертання коліс в такому транспортному засобі використовується той самий

тип електродвигуна, який мають акумуляторні електромобілі. Чистий водень проходить через мембрану і з'єднується з киснем з повітря, генеруючи електрику, яка в свою чергу обертає колеса.

Водневі електромобілі є однією із складових, спрямованих на розвиток екологічно чистої транспортної інфраструктури, і зараз вони ще не отримали широкого розповсюдження. Україна також поки що має невелику кількість таких автомобілів на дорогах, власники яких заправляють авто в Польщі через відсутність відповідної інфраструктури в межах України [15].

Висновок. Автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) існують на ринку вже протягом декількох десятиліть, а точніше – більше століття, але в їхньому сучасному вигляді їх майбутнє стає сумнівним. Для забезпечення їхньої тривалої експлуатації, необхідно розглядати можливості модифікації ДВЗ та їх адаптації до сучасних вимог і стандартів для забезпечення екологічності.

Електромобілі представляють перспективний напрямок розвитку автотранспорту, об'єднуючи передові технології і екологічну чистоту. Проте існують важливі виклики, які потрібно вирішити, включаючи недосконалість акумуляторів, нестачу розвиненої інфраструктури для зарядки та доступу до відновлюваної енергії, недорогі та надійні місткі акумулятори, інфраструктуру для електро- та водневих автомобілів, ефективні та відносно недорогі засоби зберігання водню та заправки його для водневого транспорту.

Стратегії переходу автомобільного транспорту на екологічно чисті джерела енергії включають:

- Розвиток електромобілів та інших транспортних засобів на альтернативних джерелах енергії. Електромобілі є найбільш перспективним видом транспорту на альтернативних джерелах енергії. Вони не викидають шкідливих речовин в атмосферу і мають низький рівень шуму;

- Впровадження інфраструктури для зарядки електромобілів. Інфраструктура для зарядки електромобілів є ключовим фактором для їхнього поширення. Вона повинна бути доступною в різних місцях, таких як громадські паркінги, торгові центри та житлові комплекси;

- Розвиток екологічно чистого громадського транспорту. Громадський транспорт є найбільш ефективним видом транспорту з точки зору використання енергії. Його розвиток допоможе зменшити кількість приватних автомобілів на дорогах і зменшити забруднення повітря;

- Державне стимулювання розвитку електромобілів та інших транспортних засобів на альтернативних джерелах енергії. Для цього необхідно впровадити державні програми субсидування придбання електромобілів та електробусів, а також забезпечити доступність як територіально, так і фінансово, інфраструктури для зарядки електромобілів;

- Розробка національної Програми переходу автомобільного транспорту на екологічно чисті джерела енергії. Ця програма повинна включати конкретні заходи та терміни їхнього виконання.

Перелік посилань

1. Архіпова Г. І., Ткачук І.С., Глушков Є.І. «Аналіз впливу відпрацьованих автомобільних газів на стан атмосферного повітря в густонаселених районах» URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/519/1/stat%27ya.pdf>

2. Трофімов І. Л. «Зниження шкідливого впливу викидів моторного транспорту на стан атмосферного повітря» URL: [https://jrnл.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/7418/8479](https://jrnل.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/7418/8479)

3. Porfirenko V. Ways of Optimizing the Environmental and Operational Mobility of Passenger Transportation in Megacities / Volodymyr Porfirenko, Dmytro Dekhtiarenko, Liliia Lytvvshko, Mykola Hrebelynyk, Valentyna Artemchuk, Oleksii Parokhnenko// Book Title : Digitalisation: Opportunities and Challenges for Business. Lecture Notes in Networks and Systems. Volume 2. Publisher Springer Cham. Scopus issue. March 2023. P. 720-732. DOI:<https://doi.org/10.1007/978-3-031-26956-1>

4. Порфіренко В.І. Інноваційний модульний розвиток мережі електробусних пасажирських перевезень в мегаполісах : « Інноваційний розвиток транспортного комплексу: монографія / За загал. редакцією проф. Ложачевської О.М. Київ: Міленіум, 2021. С. 130-140.

5. Інформаційно-аналітична група AUTOCONSULTING «На зустрічі G7 було оголошено про відмову від вигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) до 2035 року» URL: <https://autoconsulting.ua/article.php?sid=53921>
6. Порфіренко В.І. «Економічне обґрунтування застосування модульного принципу використання електробусів у пасажирському сполученні мегаполісів» / В.І. Порфіренко, Д.Г. Полосухін // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Економічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2021. – Вип. 2 (49).- С.131-141.
7. Порфіренко В.І. Перспективи розвитку та ефективного застосування електричних автобусів при виконанні пасажирських перевезень. – 3б.: Соціально-компетентне управління корпораціями в умовах поведінкової економіки: – Луцьк, ССНУ, 2020, с.108 – 112.
8. Боришкевич В. «Світ переходить на електробуси. В чому їх недоліки та чи потрібні вони Україні» URL: <https://tech.liga.net/ua/technology/article/mir-perehodit-na-elektrobusy-v-chem-ih-nedostatki-i-nujny-li-oni-ukraine>
9. Інформаційно-аналітична група AUTOCONSULTING «Чи зможе Україна до 2036 року повністю перейти на електробуси. Думка провідних операторів» URL: <http://autoconsulting.ua/article.php?sid=53724>
10. Бондаренко І. «Чи дійсно екологічні електрокари?» URL: <https://www.the-village.com.ua/village/city/eco/299547-chi-ekologichni-naspravdi-elektrokari>
11. Журнал Nature «Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles» URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1682-5>
12. Стецюк М. «Дослідження: електромобілі можуть спровокувати нову екологічну кризу» URL: <https://ecotech.news/transport/603-doslidzhennya-elektromobili-mozhut-sprovokuvati-novu-ekologichnu-krizu.html>
13. «Як переробляють старі батареї від електромобілів і чому це є проблемою?» URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2021/05/06/yak-pereroblyayut-stari-batareyi-vid-elektromobiliv-i-chomu-cze-ye-problemoju/>
14. РБК-Україна AUTO «Вода замість вуглекислоти: вирішена головна проблема ДВЗ на водні» URL: <https://www.rbc.ua/ukr/auto/voda-so2-reshena-glavnaya-problema-vodorodnyh-1637564104.html>
15. Німецький П. «Як працює водневий двигун?» URL: <https://www.renovablesverdes.com/uk/como-funciona-un-motor-de-hidrogeno/>

STRATEGIES FOR THE TRANSITION OF ROAD TRANSPORT TO CLEAN ENERGY SOURCES

Porfirenko Volodymyr I., National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: porfirenko@gmail.com, tel.: +380675034433, Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovich-Pavlenko, 1, k. 242. <https://orcid.org/0000-0003-0329-6217>

Norets Stanislav R., National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: st.norets@gmail.com, tel.: +380633622378, Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovich-Pavlenko, 1, k. 242. <https://orcid.org/0009-0005-8747-7681>

Abstract. Road transport is one of the leading sources of air pollution and climate change. The transition to clean energy sources is a key task to mitigate the impact of transport on the environment.

This article is based on the research of the Department of Management of the National Transport University in the field of road transport ecology. The article discusses various strategies for the transition of road transport to clean energy sources: the development of electric vehicles and other vehicles powered by alternative energy sources, the implementation of infrastructure for charging electric vehicles, the development of clean public transport, and the promotion of the use of alternative modes of transport.

The transition to clean energy sources for road transport is a complex task that requires the efforts of all stakeholders. However, this task is necessary to protect the environment and ensure sustainable development.

Keywords: ecology, electric vehicles, hydrogen vehicles, internal combustion engine (ICE), clean public transport, air pollution, electric buses, clean energy sources.

References

1. Arkhipova G.I., Tkachuk I.S., Glushkov E.I. "Analysis of the impact of exhaust gases on atmospheric air in densely populated areas"
URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/519/1/stat%27ya.pdf>
2. I. L. Trofimov "Decreasing the harmful effects of motor vehicle emissions on the state of atmospheric air" URL: [https://jrnл.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/7418/8479](https://jrnل.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/7418/8479)
3. Porfirenko V. Ways of Optimizing the Environmental and Operational Mobility of Passenger Transportation in Megacities / Volodymyr Porfirenko, Dmytro Dekhtiarenko, Liliia Lytvynshko, Mykola Hrebelynyk, Valentyna Artemchuk, Oleksii Parokhnenko// Book Title : Digitalisation: Opportunities and Challenges for Business. Lecture Notes in Networks and Systems. Volume 2. Publisher Springer Cham. Scopus issue. March 2023. P. 720-732. DOI:<https://doi.org/10.1007/978-3-031-26956-1>
4. Porfirenko V.I. Innovative modular development of the network of electric bus passenger transportation in megacities: "Innovative development of the transport complex: monograph / In general. edited by Prof. Lozhachevska O.M. Kyiv: Millennium, 2021. P. 130-140.
5. AUTOCONSULTING information and analytical group "At the G7 meeting, it was announced that internal combustion engines will be abandoned by 2035" URL: <https://autoconsulting.ua/article.php?sid=53921>
6. Porfirenko V.I. "Economic justification of the application of the modular principle of the use of electric buses in passenger transport of megacities" / V.I. Porfirenko, D.G. Polosukhin // Bulletin of the National Transport University. Series "Economic Sciences". Scientific and technical collection. - K.: NTU, 2021. - Issue 2 (49).- P.131-141.
7. Porfirenko V.I. Prospects for the development and effective use of electric buses in passenger transportation. - Collection: Socially competent management of corporations in the conditions of behavioral economics: - Lutsk, SENU, 2020, p.108 - 112.
8. Boryshkevich V. "The world is switching to electric buses. What are their shortcomings and whether Ukraine needs them" URL: <https://tech.liga.net/ua/technology/article/mir-perehodit-na-elektrobussy-v-chem-ih-nedostatki-i-nujny-li-oni-ukraine>
9. Information and analytical group AUTOCONSULTING "Will Ukraine be able to fully switch to electric buses by 2036. Opinion of leading operators" URL: <http://autoconsulting.ua/article.php?sid=53724>
10. Bondarenko I. "Are electric cars really ecological?" URL: <https://www.the-village.com.ua/village/city/eco/299547-chi-ekologichni-naspravdi-elektrokari>
11. Nature magazine "Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles" URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1682-5>
12. Stetsyuk M. "Research: electric cars can provoke a new environmental crisis" URL: <https://ecotech.news/transport/603-doslidzhennya-elektromobili-mozhut-sprovokuvati-novu-ekologichnu-krizu.html>
13. "How are old batteries from electric cars recycled and why is this a problem?" URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2021/05/06/yak-pereroblyayut-stari-batareyi-vid-elektromobiliv-i-chomu-cze-ye-problemoyu/>
14. RBC-Ukraine AUTO "Water instead of carbon dioxide: the main problem of ICE on hydrogen is solved" URL: <https://www.rbc.ua/ukr/auto/voda-so2-reshena-glavnaya-problema-vodorodnyh-1637564104.html>
15. Niemetskyi P. "How does a hydrogen engine work?" URL: <https://www.renovablesverdes.com/uk/como-funciona-un-motor-de-hidrogeno/>

Дата надходження до редакції 29.10.2023.