

ОГЛЯД ТЕНДЕНЦІЙ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ В ЄС І ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ / «КЛІМАТИЧНОЇ» ДОЦІЛЬНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Анотація. Частка використання електротранспорту в загальному парку транспортних засобів у світі швидко зростає, враховуючи нагальність проблеми глобальної зміни клімату і обмеженість ресурсів органічних видів палива. Іншим важливим аспектом є вплив використання електромобілів на функціонування енергосистем, наприклад для регуляції напруги, що є важливим для функціонування ОЕС України на тлі зниження споживання електроенергії. Визначені певні переваги і недоліки електромобілів, що дозволяє зробити обґрунтований вибір. Зокрема до найбільших переваг відносяться економічна і «кліматична» ефективність їх експлуатації, а до найбільших недоліків – висока вартість електромобілів і батарей, а також обмежена інфраструктура станцій зарядки. Враховуючи технологічний прогрес багато недоліків стають все менш значущими. Електромобілі можуть забезпечити регулювання частоти та напруги в енергосистемах. Слід зазначити, що важливою особливістю використання електротранспорту є можливість регулювати його споживання протягом доби. За рахунок регуляторних та/чи стимулюючих заходів можна перенести головне навантаження від заряджання акумуляторів на нічний час. Метою статті є проаналізувати стан і перспективи розвитку парку електромобілів в ЄС, а також провести оцінку екологічної і «кліматичної» ефективності експлуатації електромобілів в розрахунку на 1 км. Запропоновано методику оцінки екологічної та «кліматичної» ефективності експлуатації електромобілів в розрахунку на 1 км, що дозволяє визначити, в яких країнах ці показники є більш сприятливими для розвитку електротранспорту, а в яких необхідно використовувати стимулюючі законодавчі заходи. Проаналізовано поточний стан і перспективи розвитку парку електромобілів в ЄС. Проведено оцінку екологічної і «кліматичної» ефективності експлуатації електромобілів в ЄС. Визначено, що економічна ефективність експлуатації електромобілів в Європі складає від 9 до 18 євроцентів на 1 км. «Кліматична» ефективність експлуатації електромобілів в Європі складає від 5 до 20 г CO₂ на 1 км. Для порівняння ці показники в Україні становлять 15 євроцентів на 1 км і 20 г CO₂ на 1 км.

Ключові слова: сталий розвиток транспорту, електромобілі, енергетична ефективність, «кліматична» ефективність.

1. Вступ

Наразі людство зіткнулося зі складнощами у досягненні та забезпеченні сталого і екологічного використання транспортних засобів. У зв'язку з цим виникає низка проблем, серед яких:

– обсяги досяжного органічного палива не є невичерпними [1], що накладає природне обмеження на їх використання;

– спалювання органічного палива призводить до негативного впливу на навколишнє середовище [2], зокрема викидів парникових газів (ПГ) і шкідливих речовин.

Тому людство вимушено шукати шляхи вирішення цих проблем та забезпечення сталого розвитку транспорту. Одночасно необхідно, щоб такий розвиток був економічно доступним і технічно безпечним. Одним з перспективних напрямків вирішення є використання електромобілів (ЕМ).

Вважається, що використання електромобілів є можливим рішенням для скорочення викидів ПГ. Крім того, вони також сприяють диверсифікації енергетичного ринку та відкриття нових економічних можливостей. Оскільки ЕМ, отримують електроенергію, головним чином, від електричної мережі, вони також мають вищу загальну ефективність, ніж звичайні аналоги з двигунами внутрішнього згоряння, у зв'язку з більш високою ефективністю виробництва електроенергії в мережі та рекуперативному гальмуванню. ЕМ можуть забезпечити регулювання частоти та напруги в енергосистемах [3]. Слід зазначити, що важливою особливістю використання електротранспорту є можливість регулювати його споживання протягом доби. Наприклад, за рахунок регуляторних та/чи стимулюючих заходів можна перенести головне навантаження від заряджання акумуляторів на нічний час, що сприятиме стабілізації функціонування Об'єднаної енергосистеми України.

Згідно з дослідженнями аналітичної компанії EV-volumes [4], світовий парк ЕМ за 2021 р. вже налічує 6,75 млн одиниць, на 109% вище ніж у 2000 р. Частка їх реалізації в загальному обсязі автомобілей склала 8,3% проти 4,2% у 2019 р. Ці обсяги включають пасажирські автомобілі, легкі грузовики та легкі комерційні автомобілі. У 2022 р. очікується зростання продажу до близько 9,5 млн або навіть більше, якщо будуть вирішені проблеми поставок і логістики.

Враховуючи Європейський вектор розвитку України, в статті розглянуто стан і перспективи розвитку електротранспорту в ЄС.

Поширення електромобілів в Європі значно зросло у 2020 р. [5]. За рік було зареєстровано близько 1 325 000 одиниць електромобілів, порівняно з 550 000 у 2019 р. Це означає збільшення з 3,5 до 11% загальної кількості реєстрацій нових автомобілів лише за 1 рік.

В Україні обсяг парку електричного транспорту вже перевищив позначку у 50 тисяч [6]. Слід зазначити, що більше 90% продажів в Україні припадає на вживані електрокари.

Метою статті є проаналізувати стан і перспективи розвитку парку електроавтомобілей в ЄС, а також провести оцінку екологічної і «кліматичної» ефективності експлуатації ЕМ у розрахунку на 1 км.

2. Методи і матеріали

2.1. Переваги і недоліки використання електромобілів

Наразі людство вимушено шукати шляхи вирішення проблеми глобальної зміни клімату і забезпечення сталого розвитку транспорту за умов його економічної доступності та технічної безпечності. Використання електромобілів відповідає цим вимогам, але на поточний час має багато незручностей і обмежень. Необхідно визначити сильні та слабкі сторони електротранспорту для забезпечення обґрунтованого вибору.

Визначають цілу низку переваг і недоліків електромобілів [7]. Деякі характеристики ЕМ є одночасно і перевагами і недоліками. Наприклад, низький рівень шуму, порівняно з автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння, є, з одного боку, перевагою, оскільки поліпшує якість навколишнього середовища. З другого боку, це може вважатися недоліком, оскільки люди звикли чути шум позаду себе, що дозволяє уникнути багатьох аварійних ситуацій.

Переваги полягають у наступному.

1. Електромобілі не використовують органічних видів палива. Ця перевага не є однозначною, тому що для виробництва електроенергії часто використовуються газ, вугілля тощо.

2. Зручність поповнення ресурсів. Електромобіль може заряджатися навіть від домашньої розетки і немає необхідності шукати АЗС.

3. Економічна доцільність. Це питання потребує окремої перевірки, оскільки економічна доцільність залежить від цін на органічні палива і на електроенергію.

4. «Кліматична» доцільність, тобто відсутність викидів ПГ. Ця перевага теж не є однозначною тому, що для виробництва електроенергії часто використовуються газ, вугілля тощо. При цьому відбуваються викиди ПГ і шкідливих речовин.

5. Популярність. Електромобілі стають все більш популярними. У зв'язку з цим пропонується все більше нових моделей ЕМ.

6. Безпечність водіння. ЕМ перевіряються таким же чином, як і автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ). Використовувати ЕА є більш безпечним, оскільки вони мають більш низький центр тяжіння, що робить їх більш стабільними.

7. Економічна ефективність. Поступове зниження вартості ЕМ і батарей, а також застосування податкових пільг робить використання ЕМ більш економічно ефективним.

8. Легкість обслуговування. ЕМ не потребує заміни мастил і багатьох інших завдань, які пов'язані з експлуатацією автомобілів з ДВЗ.

9. Більш низький рівень шуму, порівняно з автомобілями з ДВЗ, приводить до підвищення комфортності навколишнього середовища.

10. Термін експлуатації і вартість батарей. Більшість батарей є літєво-іонними, які витримують 300–500 циклів (до 10 років). До того ж їх вартість знижується з кожним роком.

11. Легкість водіння. З усіх автомобілів ЕМ найбільш зручні для водіння. Комерційні електромобілі поставляються з трансмісією, що складається лише з однієї дійсно довгої передачі, і також не страждають від проблеми зупинки, як у автомобілів з ДВЗ. Це ефективно усуває необхідність додавати механізм зчеплення, щоб цього не сталося. Тому можна керувати електромобілем лише за допомогою педалі акселератора, гальма та керма. Ще одна дуже корисна функція – рекуперативне гальмування. У звичайних автомобілях процес гальмування є повною втратою кінетичної енергії, яка виділяється у вигляді тепла тертя. Однак в електромобілях та ж енергія використовується для зарядки акумуляторів.

Однак незважаючи на ці переваги, існують також деякі недоліки, які мають бути враховані при виборі ЕМ, які перераховані нижче.

1. Станції зарядки. Поки що інфраструктура зарядки ЕМ знаходиться на стадії розвитку. На цьому етапі водію необхідно мати карту станцій зарядки.

2. Початкові інвестиції є значними. Поки що вартість ЕМ досить висока, але з розвитком технологій їх вартість буде знижуватися.

3. Необхідність врахування ціни на електроенергію, коли станції зарядки не використовують електроенергію від сонячних батарей. У країнах, в яких електроенергія виробляється, головним чином, з використанням органічних видів палива, експлуатація ЕМ може бути економічно невигідною.

4. Короткий термін між зарядками і обмежена швидкість. Більшість ЕМ потребує зарядки кожні 50–100 км.

5. Тривалий час зарядки. Зарядка потребує 4–6 год.

6. Низький рівень шуму як недолік. Тиша може бути певним недоліком, оскільки люди прислухаються до шуму, який доноситься позаду. Проте електромобіль безшумний і в деяких випадках може призвести до аварій.

7. Звичайно ЕМ можуть перевозити лише двоє пасажирів.

8. Заміна батарей. Залежно від типу та використання акумулятора, акумулятори майже всіх електромобілів необхідно міняти кожні 3–10 років.

9. Незручність для використання в містах з обмеженим споживанням електроенергії. Оскільки електромобілі потребують електроенергії для зарядки, міста, які вже стикаються з гострою нестачею електроенергії, не підходять для електромобілів. Їх експлуатація зашкодить їхнім щоденним потребам в електроенергії.

10. Обмежений вибір на поточний час.

11. Відсутність викидів ПГ і шкідливих речовин відсутня лише, якщо для зарядки використовуються сонячні батареї.

12. Не всі уряди надають пільги для користувачів ЕМ. У таких випадках високі ціни на ЕМ і батареї призводять до того, що їх використання є економічно невигідним.

2.2. Методологія оцінки економічної і «кліматичної» доцільності експлуатації ЕМ

Для того, щоб коректно оцінити економічну і «кліматичну» доцільність експлуатації ЕМ, необхідно врахувати цілу низку факторів, а саме ціну

конкретних автомобілів, вид енергоресурсів, питомі витрати енергоресурсів на 1 км, ціну енергоресурсів, а також кілометраж конкретної подорожі.

Для того, щоб розрахувати оцінку економічної і «кліматичної» доцільності експлуатації ЕМ в розрахунку на 1 км, зробимо деякі спрощення, а саме не будемо враховувати ціну на автомобілі та розглядати автомобіль з ДВЗ, який працює на бензині.

Економічна доцільність експлуатації ЕМ в розрахунку на 1 км враховує питоме споживання енергоресурсів та їх ціну:

$$EC = CONS_p^a \cdot COST_p - CONS_{ee}^{ea} \cdot COST_{ee},$$

де EC – економічна доцільність експлуатації ЕМ у розрахунку на 1 км, €/км; $CONS_p^a$ – питоме споживання бензину автомобілем з ДВЗ, л/км; $CONS_{ee}^{ea}$ – питоме споживання електроенергії електромобілем, кВт·год/км; $COST_p$ – вартість бензину, €/л; $COST_{ee}$ – вартість електроенергії €/кВт·год.

«Кліматична» доцільність експлуатації ЕМ у розрахунку на 1 км враховує питоме споживання енергоресурсів та питомі види ПГ на одиницю енергоресурсів:

$$EE = CONS_p^a \cdot EF_p - CONS_{ee}^{ea} \cdot EF_{ee},$$

де EE – «кліматична» доцільність експлуатації ЕМ у розрахунку на 1 км, €/км; EF_p – питомі викиди ПГ від споживання бензину, кг CO_2 /кг; EF_{ee} – питомі викиди ПГ від виробництва електроенергії, кг CO_2 /кВт·год.

Питомі викиди ПГ від споживання бензину визначаються згідно з Постановою КМУ «Про затвердження Порядку здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів» від 23 вересня 2020 р. № 960 (табл. 1) [8].

Таким чином, питомі викиди вуглекислого газу від споживання бензину складають 3,07 кг CO_2 /кг бензину або 2,15 кг CO_2 /л бензину. Таке ж значення можна використовувати і для інших країн ЄС, оскільки він визначений за міжнародними методологіями.

Питомі викиди ПГ від виробництва електроенергії визначаються на основі обсягів виробництва електроенергії в країні і викидів ПГ при виробництві електроенергії, які містяться в Наці-

Таблиця 1. Розрахунок питомих викидів ПГ

від споживання органічних видів палива транспортними засобами

Table 1. Calculation of specific GHG emissions from the consumption of organic fuels by vehicles

Паливо	Коефіцієнт викидів парникових газів, т CO_2 /ТДж	Нижча теплотворна здатність, ТДж/тис. тонн	Коефіцієнт викидів парникових газів, кг CO_2 /кг
Бензин	69,3	44,3	3,07
Дизель	74,1	43	3,12
Зріджений газ	63,1	47,3	2,99

ональних кадастрах викидів ПГ з джерел і абсорбції поглиначами:

$$EF_{ee} = \frac{EMISSIONS_{ee}}{PROD_{ee}},$$

де EF_{ee} – питомі викиди ПГ від виробництва електроенергії, кг CO_2 /кВт·год; $EMISSIONS_{ee}$ – викиди ПГ від виробництва електроенергії в країні, кг CO_2 ; $PROD_{ee}$ – виробництво електроенергії в країні, кВт·год.

При цьому питомі викиди ПГ в електроенергетиці залежать від структури виробництва електроенергії, тобто чим більше її виробляється джерелами з «нульовими» викидами (АЕС, ГЕС, ВЕС СЕС тощо), тим питомі викиди ПГ є меншими.

Слід зазначити, що за умови використанні сонячної електроенергії станціями зарядки, питомі коефіцієнти викидів ПГ вважаються нульовими, тобто зниження викидів складаю 100%.

3. Результати

3.1. Огляд парку ЕМ в країнах ЄС як вихідних даних для розрахунків

Враховуючи Європейський вектор розвитку України, проаналізуємо поточний стан використання ЕМ в країнах ЄС. Тенденції розвитку парку електромобілів в Європі надані в табл. 2 [9].

ЄС має на меті стати кліматично нейтральною до 2050 р. [10] Тому Європа використовує і запроваджує нові законодавчі заходи, багато з яких стосуються використання електромобілів [11].

Наразі ЄС не впровадила регуляторних заходів, які безпосередньо стосуються електротранспорту. Тому країни використовують їх на свій розсуд.

Наразі 17 країн-членів ЄС використовують стимулюючі засоби для купівлі електромобілів.

Десять країн не надають жодних стимулів для купівлі, більшість із них лише надають знижки чи звільнення від податків для електромобілів: Бельгія, Болгарія, Кіпр, Чехія, Данія, Естонія, Латвія, Мальта, Польща, Словачія. Естонія – єдина країна в ЄС не використовує жодних стимулів для ЕМ. Польща лише пропонує звільнення від податку на придбання. Болгарія звільняє електромобілі від податків на власність.

Як приклад у табл. 3 перераховані стимулюючі засоби, які стосуються електромобілів у деяких країнах ЄС.

3.2. Результати оцінки економічної і «кліматичної» ефективності експлуатації ЕМ в країнах ЄС

Табл. 4 наводить вихідні дані та оцінку економічної і «кліматичної» ефективності експлуатації ЕМ в країнах ЄС у розрахунку на 1 км.

Таблиця 2. Тенденції розвитку парку електромобілів у Європі
Table 2. Tendencies in the development of electric vehicles fleet in Europe

Країна	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	% 2020 р. до 2019 р.
Австрія	5288596	5383312	5484120	5563614	5633525	1,3
Бельгія	6538097	6635970	6714591	6776859	6820078	0,6
Хорватія	1688490	1737689	1852052	1928307	1940098	0,6
Кіпр	617430	637353	664821	690196	697093	1,0
Чехія	6119482	6360831	6586168	6785310	6931618	2,2
Данія	2914144	2977062	3034653	3081742	3147315	2,1
Естонія	816206	845660	872655	931261	949276	1,9
Фінляндія	3048059	3096961	3130640	3158696	3191483	1,0
Франція	44263891	44928944	45145438	45169736	44944450	-0,5
Німеччина	49285424	50092489	50847627	51605498	52275833	1,3
Греція	6235761	6288455	6311567	6408994	6491063	1,3
Угорщина	3821432	4003461	4199078	4395683	4515769	2,7
Ірландія	2461354	2494671	2543146	2626894	2672032	1,7
Італія	42862046	43597915	44168726	44764755	44999681	0,5
Латвія	672832	699068	719251	741676	749483	1,1
Литва	1302556	1329361	1361208	1389469	1416467	1,9
Люксембург	437309	451781	465749	479146	490900	2,5
Нідерланди	9528176	9716156	9951532	10130437	10248388	1,2
Польща	25329863	26258652	27306660	28366267	29237555	3,1
Португалія	5824700	6041200	6281200	6489300	6591000	1,6
Румунія	6427322	7021160	7521031	8034375	8502571	5,8
Словачія	2461598	2573459	2680735	2680712	2799302	4,4
Словенія	1250689	1307410	1343248	1377915	1385371	0,5
Іспанія	27353455	28115002	28836817	29452920	29707581	0,9
Швеція	5398128	5498418	5541213	5572062	5637469	1,2

Середнє споживання електроенергії електромобілями в ЄС складає 0,2 кВт·год/км [12], бензину – 0,094 кг CO₂/кг бензину [14].

Таким чином, екологічна ефективність експлуатації ЕМ в Європі складає від 9 до 18 євроцентів на 1 км. «Кліматична» ефективність експлуатації ЕМ в Європі складає від 5 до 20 г CO₂ на 1 км.

3.3. Перспективи розвитку електротранспорту в ЄС

Враховуючи глибоку стурбованість людства проблемою глобальної зміни клімату, ЄС прагне досягти кліматичної нейтральності до 2050 р. Одним з найважливіших напрямків реалізації цієї мети є масштабний розвиток виробництва і використання електротранспорту.

Поки що немає регулювання виробництва і використання електротранспорту на рівні ЄС.

Значні податкові пільги на рівні окремих країн сприяли розширенню виробництва електромобілів та виробництва акумуляторів. Заходи, а саме субсидії на закупівлю та/або знижки на податок на купівлю та реєстрацію транспортних засобів – були розроблені, щоб зменшити ціновий розрив із звичайними транспортними засобами.

Щоб значно розширити виробництво і використання електротранспорту в ЄС, необхідно прийняття більш амбіційних рішень і дій.

У найближчій перспективі зусилля повинні бути зосереджені на підвищенні конкурентоспроможності електромобілів і поступовому припиненні субсидій на закупівлю за умови зростання продажів. Це можна зробити за допомогою дифе-

ренційованого оподаткування транспортних засобів і палива на основі їх екологічних характеристик, а також шляхом посилення регуляторних заходів, які дозволять розвиватися індустрії електротранспортних засобів.

У довгостроковій перспективі, реалізація повного потенціалу електромобілів для скорочення викидів парникових газів вимагає інтеграції електромобілів в енергосистему, декарбонізації виробництва електроенергії, розгортання інфраструктури підзарядки та виробництва екологічно чистих батарей.

Директива про альтернативну паливну інфраструктуру (AFID) [17] є основним заходом, що регулює розгортання загальнодоступних зарядних станцій для електромобілів. Члени ЄС повинні встановити цілі щодо розгортання загальнодоступних зарядних пристроїв для електромобілів до 2030 р. з орієнтовним співвідношенням 1 зарядний пристрій на 10 електромобілів. ЄС визначила дорожню карту ключових дій для досягнення цієї цілі. Це включає зміни до AFID у 2021 р. Деякі прихильники закликають перетворити його на примусове регулювання, яке дозволить встановити обов'язкові цілі для держав-членів, переглянути співвідношення 1 зарядного пристрою на 10 електромобілів, щоб надати громадянам ЄС право вимагати встановлення точок зарядки («право на розетку») незалежно від місця розташування.

Наразі країни-члени ЄС впроваджують переглянуту Європейську Директиву про ефективність будівель [18], яка встановлює вимоги до житлових і нежитлових будинків, включаючи доступ до точок зарядки.

Таблиця 3. Перелік стимулюючих засобів, які стосуються електромобілів у деяких країнах ЄС
Table 3. List of incentives for electric vehicles in some EU countries

Країна	Податкові пільги			Стимули для купівлі
	Придбання	Для власників	Для корпорацій	
Австрія	Зниження ПДВ та звільнення від податку	Податкові пільги	Податкові пільги	Бонус при купівлі ЕМ (€ 1250–3000)
Фінляндія	Мінімум податків	Мінімум податків	Знижка податків на €170 на місяць	Виплата €2,000 при купівлі
Франція	Звільнення від податків (100 або 50%)	–	Знижка податків на викиди CO ₂ для ЕМ з викидами до 20 г CO ₂ /км	Бонус при купівлі (€5000–7000)
Німеччина	–	Пільговий податковий період 10 р.	Податкова знижка (0,5–1%)	Бонус при купівлі (€4000)
Італія	–	Пільговий податковий період 5 р Після цього знижка 75%	–	«Екобонус» до €6000 для ЕМ з викидами до 20 г CO ₂ /км. Бонус Малус до €2500 для ЕМ з більшими викидами. Додатковий стимул до €2000

Таблиця 4. Вихідні дані та оцінка економічної та «кліматичної» ефективності експлуатації ЕМ у країнах ЄС в розрахунку на 1 км
Table 4. Initial data and assessment of the economic and «climatic» efficiency of EM operation in EU countries per 1 km

Країна	Ціна на електроенергію [13], Євро/кВт·год	Викиди CO ₂ , кг/кг бензину	Ціна бензину [15], Євро/л	Викиди CO ₂ при виробництві електроенергії [16], кг/кВт·год	«Кліматична» ефективність, кг CO ₂ /км	Економічна ефективність, €/км
Бельгія	0,20	3,07	1,95	0,1982	0,16	0,14
Болгарія	0,09	3,07	1,43	0,3274	0,14	0,12
Чехія	0,19	3,07	1,69	0,3973	0,12	0,12
Данія	0,15	3,07	2,21	0,1887	0,16	0,18
Німеччина	0,19	3,07	2,01	0,3325	0,14	0,15
Естонія	0,13	3,07	1,95	0,4403	0,11	0,16
Ірландія	0,28	3,07	1,82	0,3128	0,14	0,12
Греція	0,15	3,07	1,94	0,3877	0,12	0,15
Іспанія	0,19	3,07	1,75	0,1995	0,16	0,13
Франція	0,16	3,07	1,93	0,0675	0,19	0,15
Хорватія	0,11	3,07	1,52	0,3341	0,14	0,12
Італія	0,19	3,07	1,95	0,3367	0,13	0,14
Кіпр	0,15	3,07	1,43	0,6186	0,08	0,10
Латвія	0,13	3,07	1,84	0,2238	0,16	0,15
Литва	0,11	3,07	1,85	0,2627	0,15	0,15
Люксембург	0,18	3,07	1,66	0,1967	0,16	0,12
Угорщина	0,08	3,07	1,22	0,247	0,15	0,10
Мальта	0,14	3,07	1,34	0,4481	0,11	0,10
Нідерланди	0,20	3,07	2,11	0,3941	0,12	0,16
Австрія	0,17	3,07	1,69	0,1425	0,17	0,13
Польща	0,10	3,07	1,18	0,6473	0,07	0,09
Португалія	0,13	3,07	1,92	0,2518	0,15	0,15
Румунія	0,12	3,07	1,48	0,2449	0,15	0,12
Словенія	0,14	3,07	1,55	0,2457	0,15	0,12
Словакія	0,12	3,07	1,61	0,1592	0,17	0,13
Фінляндія	0,17	3,07	2,06	0,1419	0,17	0,16
Швеція	0,18	3,07	2,11	0,0424	0,19	0,16
Ісландія	0,13	3,07	1,99	0,0288	0,20	0,16
Ліхтенштейн	0,20	3,07	2,18	0	0,20	0,16
Норвегія	0,23	3,07	2,48	0,031	0,20	0,19
Великобританія	0,17	3,07	1,88	0,2457	0,15	0,14
Монтенегро	0,09	3,07	1,58	0,4012	0,12	0,13
Македонія	0,08	3,07	1,46	0	0,20	0,12
Албанія	0,08	3,07	1,58	0,0245	0,20	0,13
Сербія	0,07	3,07	1,45	0,5979	0,08	0,12
Турція	0,07	3,07	1,2	0,4113	0,12	0,10
Боснія і Герцеговина	0,08	3,07	1,45	0,522	0,10	0,12
Косово	0,06	3,07	н/д	0,7766	0,05	н/д
Україна	0,05	3,07	1,09	0,2792	0,15	0,09

У грудні 2020 р. ЄС прийняло Стратегію та план дій сталої та розумної мобільності [19], в яких передбачено амбітне розгортання електротранспорту з нульовими викидами парникових газів. До 2030 р. передбачається, що Європа матиме загальну частку продажів електромобілів трохи більше 70%.

Директива ЄС 2009/33/ЄС про сприяння розвитку чистих і енергоефективних видів транспортних засобів передбачає частку в продажах електромобілів від 33 до 65% до 2030 р. для транспортних засобів, що закуповуються державою.

Нове Положення про батареї запропоновано в грудні 2020 р. для обов'язкового збору та переробки автомобільних акумуляторів для електромобілів [20]. Це вимагає декларації про викиди вуглецю для батарей, що будуть продаватися в Європі з 2024 р. Воно пропонує відстеження батарей протягом усього життєвого циклу за допомогою маркування та цифрового «паспорта батареї».

Дослідження [21], проведене на замовлення Європейського Енергетичного Агентства, провело оцінку майбутнього впливу більшого використання електромобілів на Енергетичну систему ЄС-28 та пов'язані з нею викиди парникових газів від автомобільного транспорту та енергетичного секторів. Два сценарії були досліджені:

1. частка електромобілів у всьому автопарку ЄС-28 у 2050 р. передбачалася в 50% (у середньому);
2. частка електромобілів у 2050 р. передбачалася на рівні 80%.

Була проведена кількісна оцінка споживання електроенергії та викиди парникових газів. Результати були порівняні з базовим прогнозом Європейської Комісії, який передбачає лише 8% електротранспорту в 2050 р. Інші сектори і потенціальне зниження у енергоспоживанні не враховувалися.

Частка споживання електроенергії, необхідна для 80% частки електромобілів у 2050 р., коливатиметься від 3 до 25% загального попиту на електроенергію в країнах-членах ЄС-28, залежно від кількості електричних транспортних засобів, передбачених у кожній країні. У середньому для ЄС-28 частка загальної потреби в електроенергії, необхідна в 2050 р. буде становити 9,5% порівняно з 1,3% за прогнозом Європейської комісії. Загалом, для зарядки електромобілів знадобиться електрична потужність 150 ГВт.

Таким чином, велика частка електромобілів на дорогах Європи в майбутньому впливатиме на виробництво електроенергії та інфраструктуру її розподілу. Інтеграція додаткового попиту на електроенергію створює різноманітні проблеми. Важливо, що сектори автомобільного транспорту та енерге-

тики стануть більш пов'язаними, а політичні та інвестиційні рішення для них тісно інтегровані.

4. Висновки

1. У зв'язку зі значною увагою людства до проблеми глобальної зміни клімату наразі у світі частка використання електротранспорту в загальному парку транспортних засобів швидко зростає. Вважається, що використання електромобілів є можливим рішенням для скорочення викидів ПГ. Крім того, вони також сприяють диверсифікації енергетичного ринку та відкриття нових економічних можливостей. Оскільки ЕМ отримують електроенергію, головним чином, від електричної мережі, вони також мають вищу загальну ефективність, ніж звичайні аналоги з двигунами внутрішнього згоряння, в зв'язку з більш високою ефективністю виробництва електроенергії в мережі та рекуперативному гальмуванню. Визначені певні переваги і недоліки ЕМ, що дозволяє зробити обґрунтований вибір. Зокрема до найбільших переваг відносяться економічна і «кліматична» ефективність їх експлуатації, а до найбільших недоліків висока вартість ЕМ і батарей, а також обмежена інфраструктура станцій зарядки. Враховуючи технологічний прогрес багато недоліків стають все менш значущими.

2. Запропонована методика оцінки екологічної і «кліматичної» ефективності експлуатації електромобілів в розрахунку на 1 км, що дозволяє визначити, в яких країнах ці показники є більш сприятливими для розвитку електротранспорту, а в яких необхідно використовувати стимулюючі законодавчі заходи.

3. Проаналізовано поточний стан і перспективи розвитку парку електромобілів в ЄС. Проведено оцінку екологічної і «кліматичної» ефективності експлуатації електромобілів в ЄС. Визначено, що економічна ефективність експлуатації ЕМ в Європі складає від 9 до 18 євроцентів на 1 км. «Кліматична» ефективність експлуатації ЕМ в Європі складає від 5 до 20 г CO₂ на 1 км. Для порівняння ці показники в Україні становлять 15 євроцентів на 1 км і 9 20 г CO₂ на 1 км.

Посилання

1. RESOURCE LIBRARY | ENCYCLOPEDIA ENTRY. Distribution of Fossil Fuels. URL: [https://education.nationalgeographic.org/?q=Fossil%20Fuels&page\[number\]=1&page\[size\]=25](https://education.nationalgeographic.org/?q=Fossil%20Fuels&page[number]=1&page[size]=25)
2. The Geography of Transport Systems. FIFTH EDITION Jean-Paul Rodrigue (2020), New York: Routledge, 456 pages. ISBN 978-0-367-36463-2 <https://doi.org/10.4324/9780429346323>
3. Sai Sudharshan Ravi and Muhammad Aziz. Utilization of Electric Vehicles for Vehicle-to-Grid Ser-

- vices: Progress and Perspectives. *Energies* 2022, 15, 589. <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/2/589>
4. The electric vehicle world sales data center. URL: <https://www.ev-volumes.com/>
 5. The European Environment Agency (EEA). URL: <https://www.eea.europa.eu/ims/new-registrations-of-electric-vehicles>
 6. Федерація роботодавців автомобільної галузі. URL: <https://fra.org.ua/uk/st/statistika/infoghrafika/park-elektromobiliv-v-ukrayini>
 7. Conserve Energy Future. URL: <https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-electric-cars.php>
 8. Про затвердження Порядку здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів: Постанова Кабінету міністрів України від 23 вересня 2020 р. № 960, Київ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D0%BF#Text> (дата звернення: 02.04.2022).
 9. ACEA. VEHICLES IN USE EUROPE 2022. URL: <https://www.acea.auto/files/ACEA-report-vehicles-in-use-europe-2022.pdf> (дата звернення: 02.04.2022).
 10. European Commission. 2050 Long-Term Strategy. URL: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en (дата звернення: 02.04.2022).
 11. ACEA. ELECTRIC VEHICLES: TAX BENEFITS & PURCHASE INCENTIVES, 2022. URL: https://www.acea.auto/files/Electric_vehicles-Tax_benefits_purchase_incentives_European_Union_2021.pdf (дата звернення: 06.04.2022).
 12. Electric Vehicle Database. <https://ev-database.org/cheatsheet/energy-consumption-electric-car> (дата звернення: 06.04.2022).
 13. EUROSTAT. Data Browser. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_204/default/table?lang=en (дата звернення: 06.04.2022).
 14. IEA. Tracking Fuel Consumption of Cars and Vans 2020. URL: <https://www.iea.org/reports/tracking-fuel-consumption-of-cars-and-vans-2020-2> (дата звернення: 06.04.2022).
 15. European Commission. Oil Weekly Bulletin. URL: https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/weekly-oil-bulletin_en (дата звернення: 20.04.2022).
 16. EMBER. Data Explorer. URL: <https://ember-climate.org/data/data-explorer/> (дата звернення: 21.04.2022).
 17. EUR-Lex. Access to European Union Law. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TX-T/?uri=CELEX%3A32014L0094> (дата звернення: 25.04.2022).
 18. European Commission. Energy performance of buildings directive. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en (дата звернення: 25.04.2022).
 19. CIVITAS. Landmark Sustainable and Smart Mobility Strategy, 2020. URL: <https://civitas.eu/news/european-commission-presents-landmark-sustainable-and-smart-mobility-strategy> (дата звернення: 27.04.2022).
 20. European Commission. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU) No 2019/1020, 2020. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TX-T/?uri=CELEX%3A52020PC0798> (дата звернення: 27.04.2022).
 21. The European Environment Agency (EEA). Electric vehicles and the energy sector - impacts on Europe's future emissions, 2020. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-and-the-energy> (дата звернення: 29.04.2022).

OVERVIEW OF TRENDS AND PROSPECTS OF ELECTRIC TRANSPORT DEVELOPMENT IN THE EU AND ASSESSMENT OF ECONOMIC / «CLIMATE» EFFICIENCY OF ELECTROMOB OPERATION

Nataliia Ivanenko, PhD (Engin.), <https://orcid.org/0000-0001-5438-1556>
 General Energy Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, 172, Antonovycha Str., Kyiv, 03150, Ukraine
 e-mail: info@ienergy.kiev.ua
 Corresponding author: ivan_na@i.ua.

Abstract. *The share of electric vehicles in the world's total vehicle fleet is growing rapidly, given the urgency of global climate change and the limited resources of fossil fuels. Another important aspect is the impact of the electric vehicles use on the functioning of power systems, for example for voltage regulation, which is important for the functioning of the UES of Ukraine against the background of declining electricity consumption. It should be noted that important feature of EV is the opportunity to change charging consumption during the day. It is possible to remove charging consumption to the night time due to different regulatory and/or stipulating measures. Certain advantages and disadvantages of EV are identified, which allows making an informed choice. In particular, the biggest advantages are the economic and «climatic» efficiency of their*

operation, and the biggest disadvantages are the high cost of EV and batteries, as well as the limited infrastructure of charging stations. Given technological progress, many shortcomings are becoming less significant. The aim of the article is to analyze the state and prospects of development of the electric car fleet in the EU, as well as to assess the environmental and «climatic» efficiency of EV operation per 1 km. A method for assessing the environmental and «climatic» efficiency of operation of electric vehicles per 1 km is proposed, which allows to determine in which countries these indicators are more favorable for the development of electric transport, and in which it is necessary to use stimulating legislative measures. An assessment of the environmental and «climatic» efficiency of electric vehicles in the EU are given. It is determined that the environmental efficiency of EV operation in Europe is from 9 to 18 eurocents per 1 km. «Climatic» efficiency of EV operation in Europe is from 5 to 20 g of CO₂ per 1 km. For comparison, these figures in Ukraine are 15 eurocents per 1 km and 20 g of CO₂ per 1 km.

Keywords: sustainable transportation development, electric vehicles, energy efficiency, «climate» efficiency.

References

1. RESOURCE LIBRARY | ENCYCLOPEDIA ENTRY. Distribution of Fossil Fuels. URL: [https://education.nationalgeographic.org/?q=Fossil%20Fuels&page\[number\]=1&page\[size\]=25](https://education.nationalgeographic.org/?q=Fossil%20Fuels&page[number]=1&page[size]=25)
2. The Geography of Transport Systems. FIFTH EDITION Jean-Paul Rodrigue (2020), New York: Routledge, 456 pages. ISBN 978-0-367-36463-2 doi.org/10.4324/9780429346323
3. Sai Sudharshan Ravi and Muhammad Aziz. Utilization of Electric Vehicles for Vehicle-to-Grid Services: Progress and Perspectives. *Energies* 2022, 15, 589. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/2/589>
4. The electric vehicle world sales data center. URL: <https://www.ev-volumes.com/>.
5. The European Environment Agency (EEA). URL: <https://www.eea.europa.eu/ims/new-registrations-of-electric-vehicles>.
6. Employer's Federation of Automotive Industry. URL: <https://fra.org.ua/uk/st/statistika/infoghrafika/park-elektromobiliv-v-ukrayini>.
7. Conserve Energy Future. URL: <https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-electric-cars.php>
8. On Procedure of Monitoring and Reporting of Greenhouse Gas Emissions: Resolution of KМУ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D0%B-F#Text> [in Ukrainian].
9. ACEA. VEHICLES IN USE EUROPE 2022. URL: <https://www.acea.auto/files/ACEA-report-vehicles-in-use-europe-2022.pdf> (Last accessed: 02.04.2022).
10. European Commission. 2050 Long-Term Strategy. URL: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en (Last accessed: 02.04.2022).
11. ACEA. ELECTRIC VEHICLES: TAX BENEFITS & PURCHASE INCENTIVES, 2022. URL: https://www.acea.auto/files/Electric_vehicles-Tax_benefits_purchase_incentives_European_Union_2021.pdf (Last accessed: 06.04.2022).
12. Electric Vehicle Database. URL: <https://ev-database.org/cheatsheet/energy-consumption-electric-car> (Last accessed: 06.04.2022).
13. EUROSTAT. Data Browser. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_204/default/table?lang=en (Last accessed: 06.04.2022).
14. IEA. Tracking Fuel Consumption of Cars and Vans 2020. URL: <https://www.iea.org/reports/tracking-fuel-consumption-of-cars-and-vans-2020-2> (Last accessed: 20.04.2022).
15. European Commission. Oil Weekly Bulletin. URL: https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/weekly-oil-bulletin_en (Last accessed: 21.04.2022).
16. EMBER. Data Explorer. URL: <https://ember-climate.org/data/data-explorer/> (Last accessed: 25.04.2022).
17. EUR-Lex. Access to European Union Law. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0094> (Last accessed: 25.04.2022).
18. European Commission. Energy performance of buildings directive. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en (Last accessed: 27.04.2022).
19. CIVITAS. Landmark Sustainable and Smart Mobility Strategy, 2020. URL: <https://civitas.eu/news/european-commission-presents-landmark-sustainable-and-smart-mobility-strategy> (Last accessed: 27.04.2022).
20. European Commission. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU) No 2019/1020, 2020. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020PC0798> (Last accessed: 28.04.2022).
21. The European Environment Agency (EEA). Electric vehicles and the energy sector – impacts on Europe's future emissions, 2020. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-and-the-energy> (Last accessed: 29.04.2022).

Надійшла до редколегії: 19.09.2022