

8. Malykhina A.I., Merkulov D.O., Postnyi O.V., Smetankina N.V. Stationary problem of heat conductivity for complex-shape multilayer plates. Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series “Mathematical modeling. Information technology. Automated control system”, 2019, vol. 41, pp. 46–54. <https://doi.org/10.26565/2304-6201-2019-41-05>
9. Шелудько Г.А., Шупіков О.М., Сметанкіна Н.В., Угрімов С.В. Прикладний адаптивний пошук. Харків: Око, 2001. 191 с.

**УДК 338.242**

## **ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ V2G**

**Багач Руслан Володимирович**, доктор філософії (PhD), доцент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [bagach.ruslan@gmail.com](mailto:bagach.ruslan@gmail.com), ORCID: [0000-0003-0157-5933](https://orcid.org/0000-0003-0157-5933)

Актуальність теми. Збільшення електромобілів і тарифів на електроенергію підсилює потребу у впровадженні V2G, що дає змогу використовувати батареї для стабілізації мережі та додаткового доходу.

Мета дослідження. Оцінити економічну доцільність та ефективність застосування технології V2G на прикладі електромобіля Nissan Leaf.

Об’єкт дослідження. Електромобіль Nissan Leaf та його акумуляторна батарея протягом терміну експлуатації.

Предмет дослідження. Регульовальна здатність батареї, її V2G-потенціал та фінансовий ефект.

Проаналізуємо доцільність упровадження концепції V2G на прикладі одного з найпоширеніших електромобілів — Nissan Leaf.

Експлуатаційний ресурс батареї близько 170 000 км залежить від циклів заряду-розряду; з часом вона деградує, зменшуючи запас ходу й ефективність як регулятора мережі [1-3].

На рис. 1 показано зменшення ємності батареї, у табл. 1 показано динаміку її регульовальної здатності при добовому пробігу 40 км.

$$C_{акб} = f(t)$$

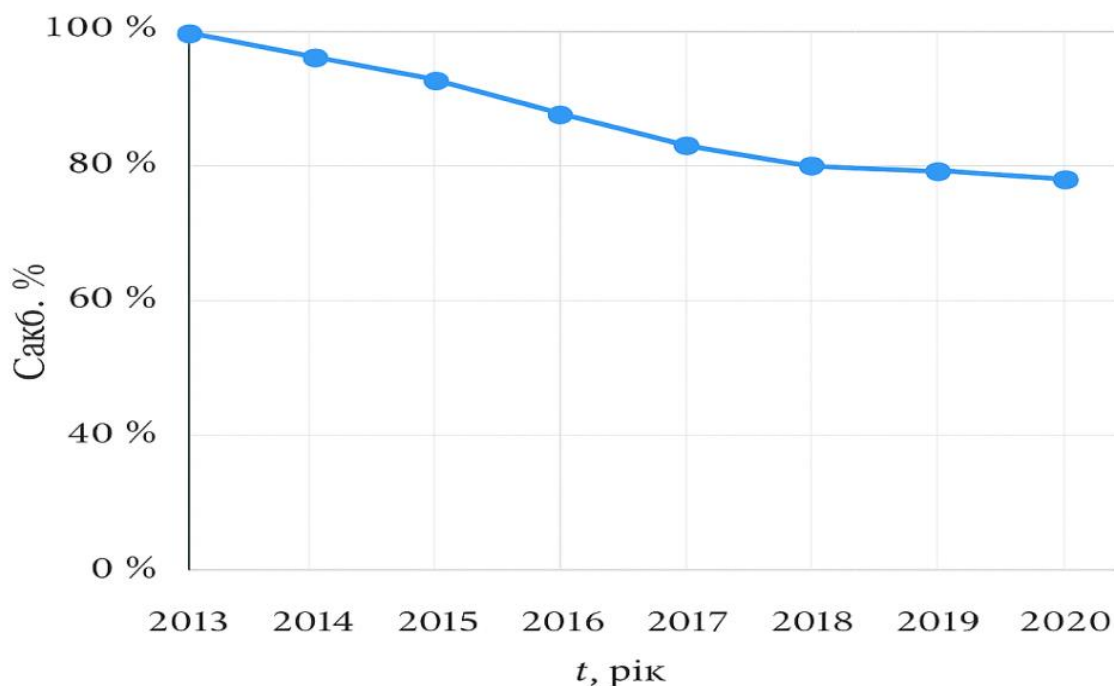


Рисунок 1 – Процес деградації ємності батареї електромобіля

Таблиця 1 – Тенденція регулювальної ефективності акумулятора Nissan Leaf 2013–2020 за середнього добового пробігу 40 км

Рік	2013/2014	2015/2016	2017/2018	2019	2020
Ємність, %	100	92	78	70	66
Запас ходу, км	160/250	147/230	125/195	112/175	106/165
Ємність, кВт·год	24/30	22,1/27,6	18,7/23,4	16,8/21	15,8/19,8
Залишкова регульована здатність, кВт·год	15,6/22,2	1,39/20	10,8/16,3	9,1/14,1	8,3/13

Здатність батареї автомобіля виконувати регулювальні функції залежить від тривалості її експлуатації та середньодобового пробігу. Найвища регулювальна ефективність спостерігається в перші роки використання, після чого вона поступово знижується [4].

Власникам електромобілів, що заряджають авто вночі, варто мати багатозонний лічильник для обліку за диференційованим тарифом, який різниться для приватних і юридичних осіб та власних чи публічних станцій.

Для електромобілів Nissan Leaf вартість акумуляторної батареї складає приблизно 200 \$/кВт·год. Ресурс батареї становить близько 170 000 км, протягом яких витрачається приблизно 24 000 кВт·год електроенергії:

- для фізичних осіб  $C_{сер.нас} = 24000 \cdot 4,32 = 103680$  грн;
- для юридичних осіб  $C_{сер.юо} = 24000 \cdot 10,63 = 255120$  грн.

Розрахуємо прибуток, який можна отримати застосовуючи технологію V2G щоденно при середньодобовому пробігу 40 кілометрів. Візьмемо середньозважене значення ємності батареї 85 % :

- розрахунок прибутка  $C_{\text{сер.приб}} = 24 \cdot 0,85 = 20,4$  кВт·год.

Питома витрата енергії при їзді складає 0,15 кВт·год/км. Відповідно за день витратиться:

- питома витрата енергії  $C_{\text{питом..вит}} = 40 \cdot 0,15 = 6$  кВт.

Енергію, що залишається, можна віддати назад в мережу  $20,4 - 6 = 14,4$  кВт·год.

При використанні ресурсу батареї по максимуму (в такому випадку термін експлуатації акумулятора становитиме приблизно 1200 діб), заряджаючи її лише в години, коли діє нічний тариф і розряджаючи в пікові години, прибуток складе:

- під час заряджання та розряджання електромобіля за тарифом для фізичних осіб

$P3.1 = (C_{\text{нас}} \cdot K_{\text{пik3}} - C_{\text{нас}} \cdot K_{\text{нич3}}) W_{\text{доб.рег}} \cdot N_{\text{дib}} = (4,32 \cdot (4,32 - 0,4)) \cdot 14,4 \cdot 1200 = 292561$  грн;

- під час заряджання за тарифом для фізичних осіб та розряджання за тарифом для юридичних осіб

$P3.2 = (C_{\text{юо}} \cdot K_{\text{пik3}} - C_{\text{нас}} \cdot K_{\text{нич3}}) W_{\text{доб.рег}} \cdot N_{\text{дib}} = (10,63 \cdot 9,30 - 4,32 \cdot 0,4) \cdot 14,4 \cdot 1200 = 1398$  грн ;

- під час заряджання та розряджання за тарифом для юридичних осіб

$P3.3 = (C_{\text{юо}} \cdot K_{\text{пik3}} - C_{\text{юо}} \cdot K_{\text{нич3}}) W_{\text{доб.рег}} \cdot N_{\text{дib}} = (10,63 \cdot (9,30 - 0,25)) \cdot 14,4 \cdot 1200 = 1661724$  грн.

Батарея електромобіля вважається відпрацьованою коли її ємність складає 60-70 % (14,4 – 16,8 кВт·год), але при цьому її ще протягом трьох років використовувати в якості децентралізованого джерела активної потужності для обмеження навантаження енергосистеми в піковий час.

Це може принести власнику додатковий прибуток, а саме:

- при роботі за тарифом для фізичних осіб

$P_{\text{нас.АКБ}} = ((14,4 \dots 16,8) \cdot (4,32 - 0,4)) \cdot 4,32 \cdot 365 \cdot 3 = 266998 - 311460$  грн ;

- при роботі за тарифом для юридичних осіб

$P_{\text{юо.АКБ}} = ((14,4 \dots 16,8) \cdot (9,30 - 0,25)) \cdot 10,63 \cdot 365 \cdot 3 = 1516529 - 1768932$  грн.

Зважаючи на проведені розрахунки, можна дійти наступних висновків щодо економічної доцільності застосування технології V2G для електромобілів Nissan Leaf.

Використовуючи батарею за технологією V2G протягом терміну її основної експлуатації (близько 1200 діб або приблизно 3,3 роки), власник може отримати додатковий дохід у межах:

- при тарифі для фізичних осіб 292562 грн ;

- при тарифі для юридичних осіб 1661724 грн.

Це дозволяє покрити значну частину вартості батареї (яка складає приблизно 200 \$/кВт·год), і навіть частково перевищити її, особливо при використанні ресурсів батареї після основного строку служби.

При подальшому використанні батареї протягом ще трьох років, коли її ємність знижується до 60–70 % (14,4–16,8 кВт·год), технологія V2G залишається вигідною:

- при тарифі для фізичних осіб 266998 – 311460 грн;
- при тарифі для юридичних осіб 1516529 – 1768932 грн.

Таким чином, навіть після завершення основного строку експлуатації батареї її комбіноване використання як джерела активної потужності для обмеження пікових навантажень енергосистеми може приносити власникам значний прибуток.

## Висновки

З огляду на зростання тарифів на електроенергію з 2024 року та поступове здешевлення батарей електромобілів, термін окупності батареї при технології V2G скорочується. У майбутньому вартість згенерованої електроенергії може повністю компенсувати витрати на придбання батарей.

Отже, застосування технології V2G є економічно доцільним та може забезпечувати додаткові джерела доходу для власників електромобілів, одночасно сприяючи стабілізації енергосистеми [5].

## Література

1. Багач, РВ Перспективи подальшого вдосконалення акумуляторних батарей для електромобілів/РВ Багач//Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців: наук. пр. Міжнар. наук.-практ. конф., 27–29 жовт. 2021 р./Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т.–Харків, 2021.–С. 346–349.
2. Plakhtii, O., Prokhorova, V., Bagach, R., Zhuchenko, O., Yermilova, N., & Perets, K. (2023, October). Research of Accumulator Blocks of Electric Vehicles and Charging Station Based on Current Source Rectifier. In 2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek) (pp. 1-6). IEEE.
3. Nissan Leaf review. Drive: веб-сайт. URL: <https://www.drive.com.au/new-car-review/2019-nissan-leaf-review-122067>
4. Латвинський, В. Д., & Багач, Р. В. (2024). Порівняльний аналіз характеристик тягових акумуляторів для сучасних електромобілів.
5. Луценко, І. М., & Циган, П. С. (2017). Технічні та економічні аспекти використання електромобілів в електричних мережах України. Енерго-та ресурсозберігаючі технології, (6), 107.