УДК 621.3.04
В.Р. Самостян
Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА РЕАЛЬНИЙ ЗАПАС ХОДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

У даній роботі було проведено дослідження факторів, що впливають на реальний запас ходу електромобіля на прикладі Nissan Leaf. У результаті дослідження встановлено: швидкість руху має найбільший вплив на витрати електроенергії; при низьких температурах запас ходу може зменшуватися на 30–35 %; агресивний стиль керування значно підвищує споживання енергії; складні дорожні умови також призводять до зменшення запасу ходу.
***Ключові слова**: запас ходу, електромобіль, споживання енергії.*

This work investigated the factors that affect the real range of an electric vehicle using the Nissan Leaf as an example. The study found that: driving speed has the greatest impact on electricity consumption; at low temperatures, range can be reduced by 30–35%; aggressive driving style significantly increases energy consumption; difficult road conditions also lead to a decrease in range.
***Keywords**: range, electric vehicle, energy consumption.*

Для дослідження факторів, що впливають на реальний запас ходу електромобілів, було обрано електромобіль Nissan Leaf з акумуляторною батареєю ємністю 40 кВт·год. Дана модель є однією з найпоширеніших на українському ринку електромобілів, що дозволяє використовувати відкриті експлуатаційні дані та статистичну інформацію.

Для проведення дослідження було використано аналітичний метод, що ґрунтується на порівнянні зміни витрат енергії за різних умов експлуатації автомобіля. Основними факторами, які досліджуються у роботі, є:

швидкість руху;
температура навколишнього середовища;
стиль керування водія;
дорожні умови та рельєф місцевості.

Запас ходу електромобіля визначався за формулою

$$L = \frac{E}{q}$$

де L – запас ходу, км; E – ємність акумуляторної батареї, кВт·год; q – витрати енергії на 1 км пробігу, кВт·год/км.

Ця формула дозволяє оцінити зміну запасу ходу залежно від зміни витрат електроенергії.

Одним із найважливіших факторів, що впливають на запас ходу електромобіля, є швидкість руху. При збільшенні швидкості зростає аеродинамічний опір, що призводить до підвищення витрат електроенергії. Результати аналізу залежності витрат енергії від швидкості руху наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 Вплив швидкості руху на витрати електроенергії

Швидкість, км/год	Витрати енергії, кВт·год/100 км	Орієнтовний запас ходу, км
30	12	333
50	14	285
70	16	250
90	18	222
110	21	190
130	25	160

На основі таблиці побудовано графік залежності витрат енергії від швидкості руху.

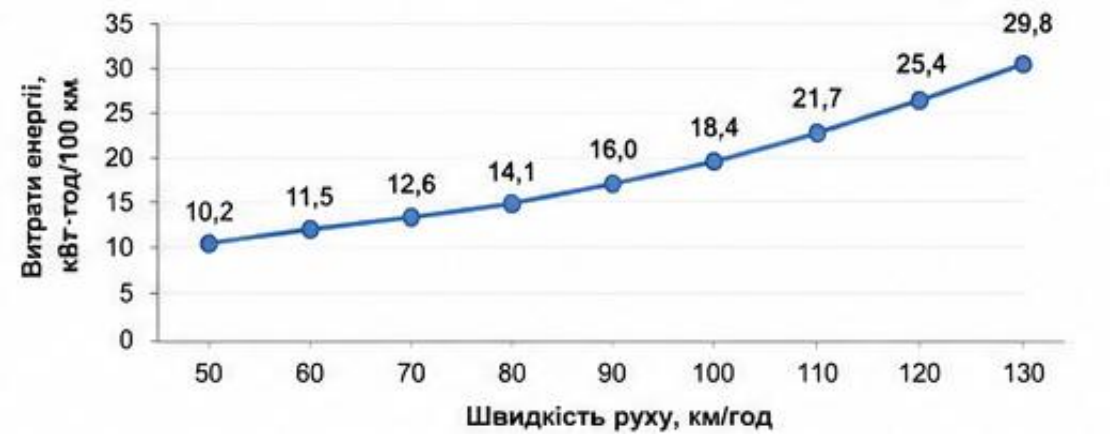

Рисунок 1 – Залежність витрат електроенергії від швидкості руху

Графік показує, що найменші витрати енергії спостерігаються при швидкості 30–50 км/год. При збільшенні швидкості до 110–130 км/год витрати електроенергії зростають майже вдвічі.

Це пояснюється тим, що аеродинамічний опір зростає пропорційно квадрату швидкості. Внаслідок цього при русі на високій швидкості електродвигун споживає значно більше енергії.

Отже, для досягнення максимального запасу ходу оптимальною є швидкість руху в межах 50–70 км/год.

Ще одним цікавим фактором є дослідження впливу температури навколишнього середовища. Температура навколишнього середовища суттєво впливає на роботу акумуляторних батарей електромобілів. При низьких температурах відбувається зменшення хімічної активності електроліту, що призводить до зниження ефективної ємності батареї. Залежність запасу ходу від температури наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 Вплив температури на запас ходу електромобіля

Температура, °C	Середні витрати енергії, кВт·год/100 км	Запас ходу, км
-10	24	166
0	21	190
+10	18	222
+20	16	250
+30	17	235

На основі таблиці побудуємо графік залежності запасу ходу від температури.

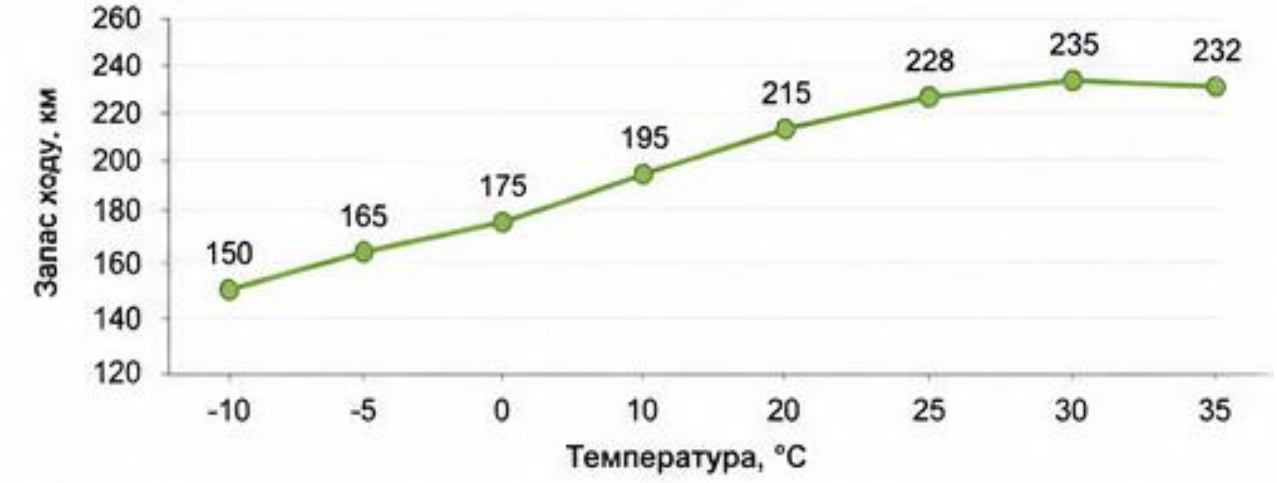

Рисунок 2 – Залежність запасу ходу від температури навколишнього середовища

Аналіз результатів показує, що найбільший запас ходу досягається при температурі близько +20°C. При зниженні температури до -10°C запас ходу може зменшуватися приблизно на 30–35 %.

Основними причинами цього є:
зменшення ефективності акумуляторної батареї;
використання системи обігріву салону;
збільшення внутрішнього опору батареї.

Не менш важливим фактором є стиль керування електромобілем. Стиль керування водія також суттєво впливає на витрати електроенергії. Часті розгони та різкі гальмування призводять до підвищеного споживання енергії.

Для дослідження було розглянуто три основні стилі керування: економний; стандартний; агресивний. Результати дослідження наведені у таблиці 3.

Таблиця 3 Вплив стилю керування на витрати енергії

Стиль керування	Витрати енергії, кВт·год/100 км	Запас ходу, км
Економний	14	285
Стандартний	17	235
Агресивний	21	190

На основі цих даних будується діаграма витрат енергії залежно від стилю керування.

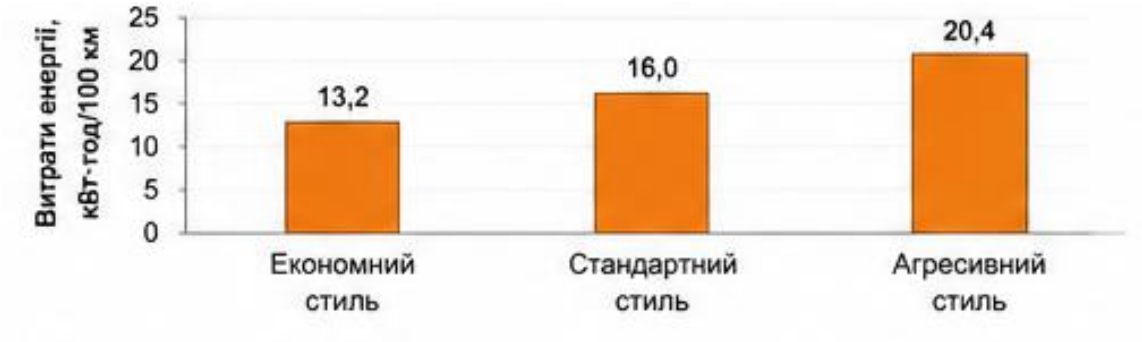

Рисунок 3 – Вплив стилю керування водія на витрати енергії

Аналіз показує, що агресивний стиль водіння може зменшити запас ходу приблизно на 30 % порівняно з економним стилем.

Це пов’язано з тим, що під час різкого прискорення електродвигун споживає значно більшу кількість енергії.

Дорожні умови також суттєво впливають на ефективність використання електромобіля. Найбільший вплив мають: підйоми та спуски дороги; тип дорожнього покриття; інтенсивність руху. Результати аналізу наведені у таблиці 4.

Таблиця 4 Вплив дорожніх умов на витрати енергії

Тип дороги	Витрати енергії, кВт·год/100 км	Запас ходу, км
Рівна міська дорога	16	250
Дорога з підйомами	20	200
Погане покриття	19	210
Заміський рівний маршрут	15	266

На основі таблиці можна побудувати порівняльну діаграму витрат енергії на різних типах доріг.

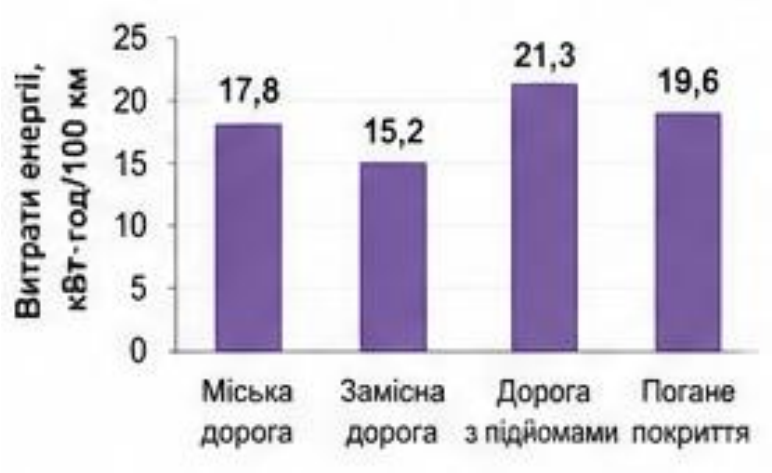

Рисунок 4 – Витрати електроенергії на різних типах доріг

Аналіз показує, що рух на дорогах з підйомами може збільшити витрати енергії приблизно на 20–25 %.

Для узагальнення результатів дослідження було виконано порівняльний аналіз впливу основних факторів на запас ходу електромобіля, на основі якого будується порівняльна діаграма впливу факторів.

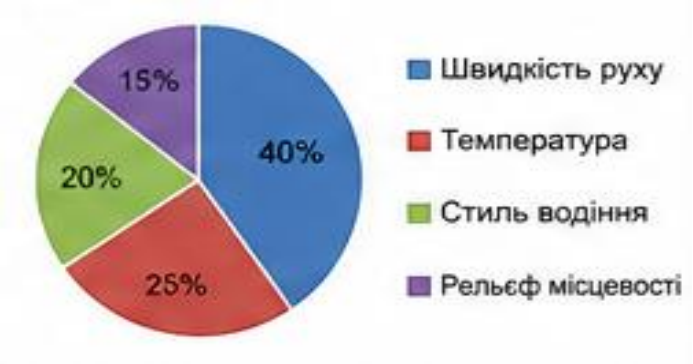

Рисунок 5 – Діаграма впливу факторів

Аналіз результатів показує, що найбільший вплив на запас ходу мають:

1. швидкість руху;
2. температура навколишнього середовища;
3. стиль керування водія.

Ці фактори повинні враховуватися під час планування поїздок електромобілем.

Отримані результати дозволяють визначити основні фактори, які необхідно враховувати під час експлуатації електромобілів, та можуть бути використані для підвищення ефективності їх використання.

САМОСТЯН Віктор Русланович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту, Луцький національний технічний університет, e-mail: svrmbf@gmail.com.