

ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ ЗАПАСУ ХОДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Аль-Аммори А.Н., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, ammourilion@ukr.net, orcid.org/0000-0002-0375-6108

Ищенко Р.М., кандидат фізико-математичних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, rm_ischenko@ukr.net, orcid.org/0000-0003-0158-4020

USING A WIND GENERATOR FOR INCREASING OF POWER RESERVE OF ELECTRIC CAR

Al-Ammouri A.N., Doctor of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, ammourilion@ukr.net, orcid.org/0000-0002-0375-6108

Ishchenko R.M., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, rm_ischenko@ukr.net, orcid.org/0000-0003-0158-4020

Постановка проблеми.

З кожним роком попит на електромобілі стрімко зростає. Відбувається поступова переорієнтація відомих автоконцернів на випуск все більшої кількості електромобілів. Особливої популярності використання електромобілів набуло у великих містах, де спостерігається значне погіршення екологічної ситуації, що пов'язане з масовими викидами шкідливих речовин автомобілями з двигуном внутрішнього згоряння. Саме завдяки своїм технічним особливостям експлуатації електромобілі відмінно задовольняють потребу в переміщенні у міських умовах, для яких характерний рух з невеликою швидкістю (за рахунок наявності значної кількості світлофорів, тягучок і заторів) та на відносно невеликі відстані.

На шляху збільшення парку електромобілів залишається один економічний бар'єр – висока ціна електромобілів (в основному за рахунок вартості акумуляторної батареї) та два технологічні бар'єри – недостатній запас ходу та слабо розвинена зарядна інфраструктура для вказаних транспортних засобів [1]. Зрозуміло, що достатній запас ходу електромобілів може бути досягнутий наявністю акумуляторів великої ємності [2]. Також для підвищення запасу ходу електромобілів розробляються і впроваджуються різні енергозберігаючі та рекуперативні технології, зокрема, системи регенеративного гальмування, амортизатори рекуперації та ін. Однак, під час практичного використання запропонованих систем збору енергії виникає ряд проблем, що пов'язаний з установкою вказаних систем на реальному електромобілі. Відповідно, дослідження можливості використання вітрогенератора для додаткової підзарядки акумулятора електромобіля під час його руху є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Як у вітчизняній, так і в закордонній науково-технічній літературі існує ряд робіт, присвячених розгляду різних методів і засобів використання енергії повітряного потоку для додаткової зарядки акумулятора електромобіля. Зокрема, у роботі [3, с. 10] запропоновано використовувати конструкцію вітрогенераторної установки горизонтального типу. Розглянуто способи установки вітрогенератора всередині електромобіля. Відзначено, що вказана розробка є концептуальною конструктивною ідеєю, що вимагає подальшого теоретичного і експериментального дослідження. У роботі [4, с. 26] запропоновано використовувати вітрогенератор горизонтального типу, встановлений на даху кузова електромобіля. Теоретичні розрахунки авторів зазначеної роботи показали, що потужність вітрогенератора досягає 3.26 кВт під час руху електромобіля зі швидкістю 120 км/год. Авторами роботи [5, с. 3635] відзначено, що головна проблема під час проектування електромобіля з вітрогенератором полягає в оптимальному розміщенні вітродвигуна на кузові вказаного транспортного засобу. Тобто, щоб конструкційні зміни, викликані встановленням вітрогенератора, не призвели до збільшення сили опору повітря, що, в свою чергу, неминуче збільшить витрати потужності електродвигуна електромобіля під час руху. У роботі [6, с. 7, 8] зазначено, що на сьогодні активно розробляються електромобілі, що використовують вітрові турбіни для додаткової зарядки акумулятора. Зокрема, відомим німецьким концерном «Mercedes Benz Group» розроблено прототип електромобіля з вітрогенератором, який отримав назву «Formula Zero».

Таким чином, з огляду науково-технічної літератури можна зробити висновок про те, що питання використання енергії повітряного потоку для збільшення запасу ходу електромобіля вимагає подальшого теоретичного і експериментального дослідження.

Формування цілей статті.

Враховуючи вищезазначене, мета статті полягає в отриманні співвідношення для визначення коефіцієнту збільшення запасу ходу електромобіля за рахунок використання енергії повітряного потоку, який потрапляє до вітрогенератора горизонтального типу, а також встановлення залежності коефіцієнту збільшення запасу ходу від швидкості руху електромобіля.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Відомо, що енергія повітряного потоку може бути перетворена в механічну роботу або електричну енергію за допомогою спеціальних пристроїв і установок. Тому для збільшення запасу ходу електромобіля без підзарядки акумулятора на електрозаправці пропонується використовувати вітрогенератор горизонтального типу, так званий «пропелер». Встановлювати вітрогенератор пропонується всередині електромобіля в підкапотному просторі, змістивши радіатор охолодження двигуна [3, с. 9].

Перш ніж безпосередньо перейти до розрахунку потужності вітрогенератора, розглянемо принцип дії зазначеного пристрою. Повітряний потік, що виникає під час руху електромобіля, обертає вітроколесо і призводить до руху головного валу, який, в свою чергу, обертає редуктор, що з'єднаний з електричним генератором. У результаті обертання електричного генератора наводиться змінний електричний струм, який через випрямляч надходить до акумулятора електромобіля.

Отже, енергія повітряного потоку (E_k) може бути визначена як кінетична енергія тіла масою (m), що рухається зі швидкістю (v):

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

Тоді маса повітря, що надходить до вітрогенератора за деякий проміжок часу визначається співвідношенням:

$$\frac{m}{t} = \rho A v, \quad (2)$$

де ρ – густина повітря;

A – площа поперечного перерізу потоку повітря, що надходить до вітрогенератора;

v – швидкість потоку повітря.

Потужність повітряного потоку визначається співвідношенням:

$$P = \frac{E_k}{t}. \quad (3)$$

З врахуванням формул (1) і (2) потужність повітряного потоку матиме вигляд:

$$P = \frac{\rho A v^3}{2}. \quad (4)$$

Під час розрахунку потужності вітрогенератора необхідно враховувати коефіцієнт використання енергії повітряного потоку, механічні й електричні втрати, пов'язані з трансмісією установки [7, с. 67; 8, с. 192]. Таким чином, із врахуванням вищезазначеного потужність вітрогенератора (P_e) визначається співвідношенням:

$$P_e = \frac{C_e \eta_m \eta_e \rho A v^3}{2}, \quad (5)$$

де C_e – коефіцієнт використання енергії повітряного потоку;

η_m – механічний коефіцієнт корисної дії (ККД) вітрогенератора, тобто ККД редуктора (мультиметра) вітрогенератора;

η_e – ККД електричного генератора.

Для випадку, коли вітроколесо встановлене перпендикулярно до повітряного потоку, значення C_e коливається в межах від 0.4 до 0.5. Значення η_m знаходиться в межах від 0.70 до 0.85, а значення η_e – в межах від 0.90 до 0.98 [7, с. 66, 67]. У даній роботі під час розрахунків використовувалися середні значення вище вказаних величин (див. таблицю 1).

Площа поперечного перерізу потоку повітря, що надходить до вітрогенератора може бути обчислена за формулою:

$$A = \pi R^2, \quad (6)$$

де R – радіус вітроколеса.

Тоді з врахуванням формули (6) потужність вітрогенератора P_v буде дорівнювати:

$$P_v = \frac{\pi \rho C_g \eta_m \eta_e R^2 v^3}{2}. \quad (7)$$

Як видно зі співвідношення (7), під час розрахунку потужності вітрогенератора ключовою змінною величиною є швидкість потоку повітря (v). Оскільки вітрогенератор встановлений у підкапотному просторі електромобіля, то вважалось, що швидкість потоку повітря, яке надходить до вітрогенератора, дорівнює швидкості руху електромобіля. Інші величини, що входять до співвідношення (7), не змінюються з часом.

У нашій недавній роботі [9, с. 5] було отримано співвідношення для розрахунку потужності електродвигуна електромобіля (P_v), що необхідна для його рівномірного руху з заданою швидкістю:

$$P_v = \frac{1}{\eta_{mp}} \left(mgf_k v + \frac{\rho C_x S v^3}{2} \right), \quad (8)$$

де η_{mp} – коефіцієнт корисної дії (ККД) трансмісії електромобіля;

m – маса електромобіля;

g – прискорення вільного падіння;

f_k – коефіцієнт опору коченню;

v – швидкість руху електромобіля;

ρ – густина повітря;

C_x – коефіцієнт опору повітря, що визначається окремо для кожного типу кузова транспортного засобу;

S – лобова площа електромобіля, тобто площа проекції електромобіля на площину, перпендикулярну до його повздовжньої осі.

Як видно зі співвідношення (8), під час розрахунку потужності електродвигуна електромобіля ключовою змінною величиною є швидкість руху (v) електромобіля. Інші величини, що входять до співвідношення (8), не змінюються з часом. Необхідно відзначити, що перший доданок у співвідношенні (8) описує потужність електродвигуна, що витрачається на подолання сили опору коченню, а другий – на подолання сили опору повітря під час рівномірного руху електромобіля. Розрахунки проводилися для поширеного у нашій країні електромобіля Nissan Leaf [10]. Технічні характеристики вказаного електромобіля та фізичні сталі, що використовувалися під час розрахунку потужності, наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Технічні характеристики електромобіля Nissan Leaf, вітрогенератора та фізичні сталі
Table 1 – Technical characteristics of the electric car Nissan Leaf, wind generator and physical constants

Тип кузова електромобіля Nissan Leaf	5-дв. хетчбек (5 місць)
Максимальна потужність електродвигуна	$P_{max} = 80$ кВт (109 к. с.)
Маса електромобіля	$m = 1800$ кг
ККД трансмісії електромобіля	$\eta_{mp} = 0.92$
Лобова площа електромобіля	$S = 1.62$ м ²
Коефіцієнт опору повітря	$C_x = 0.29$
Коефіцієнт використання енергії повітряного потоку	$C_g = 0.45$
Механічний ККД вітрогенератора	$\eta_m = 0.78$
ККД електричного генератора	$\eta_e = 0.94$
Радіус вітроколеса	$R = 0.2$ м
Прискорення вільного падіння	$g = 9.81$ м/с ²
Густина повітря	$\rho = 1.23$ кг/м ³

Коефіцієнт збільшення запасу ходу електромобіля $K(v)$ можна знайти як відношення потужності вітрогенератора (P_e), що встановлений у підкапотному просторі, до витрат потужності на переміщення електромобіля з заданою швидкістю (P_v):

$$K(v) = \frac{P_e}{P_v}. \quad (9)$$

З врахуванням формул (7) і (8), коефіцієнт збільшення запасу ходу електромобіля буде дорівнювати:

$$K(v) = \frac{\pi \rho C_e \eta_m \eta_e \eta_{mp} R^2 v^2}{2mgf_k + \rho C_x S v^2}. \quad (10)$$

Як видно зі співвідношення (10), під час розрахунку коефіцієнта збільшення запасу ходу електромобіля ключовою змінною величиною є швидкість руху (v) вказаного транспортного засобу.

Розраховані значення потужності вітрогенератора P_e в залежності від швидкості руху електромобіля, а також значення потужності електродвигуна електромобіля Nissan Leaf P_v , необхідні для рівномірного руху електромобіля з заданою швидкістю, наведено у таблиці 2. Вказані потужності розраховані за формулами (7) і (8) відповідно. Крім того, в таблиці 2 наведено значення коефіцієнта збільшення запасу ходу електромобіля $K(v)$ у відсотках для широкого діапазону швидкостей руху, розраховані за формулою (10). Усі розрахунки виконано з використанням одиниць вимірювання SI (System International).

Таблиця 2 – Значення потужностей і коефіцієнта збільшення запасу ходу електромобіля
Table 2 – Values of the powers and coefficient of increase of power reserve of electric car

Швидкість		P_e , Вт	P_v , Вт	$K(v)$, %
км/год	м/с			
10	2.8	0.55	810	0.07
20	5.6	4.4	1660	0.27
30	8.3	14.3	2730	0.52
40	11.1	34.2	3850	0.89
50	13.9	67.1	5380	1.25
60	16.7	116.4	7240	1.61
70	19.4	182.5	9380	1.95
80	22.2	273.5	11970	2.28
90	25.0	390.6	15000	2.60
100	27.8	537.1	19040	2.82
110	30.6	716.3	23130	3.10
120	33.3	923.2	28260	3.27

На рис. 1 у вигляді діаграми представлено залежність значень коефіцієнта збільшення запасу ходу електромобіля (у відсотках) від швидкості руху електромобіля. Як видно з рис. 1, коефіцієнт збільшення запасу ходу електромобіля суттєво збільшується зі зростанням швидкості вказаного транспортного засобу. Відповідно, використання вітрогенератора для перетворення енергії повітряного потоку в енергію електричного струму виявляється найбільш ефективним під час руху електромобіля зі швидкістю більшою 50 км/год. Такий діапазон швидкостей руху електромобіля задовольняє потребу в переміщенні поза неселеними пунктами. Під час руху електромобіля зі швидкістю меншою 50 км/год, значення коефіцієнта збільшення запасу ходу не перевищують 1 %.

Необхідно відзначити, що запропонований метод отримання додаткової електричної енергії для акумулятора електромобіля за рахунок використання енергії повітряного потоку потребує подальшого теоретичного та експериментального дослідження з метою уточнення технічних параметрів вітрогенератора, а також практичної можливості його розташування в підкапотному просторі електромобіля.

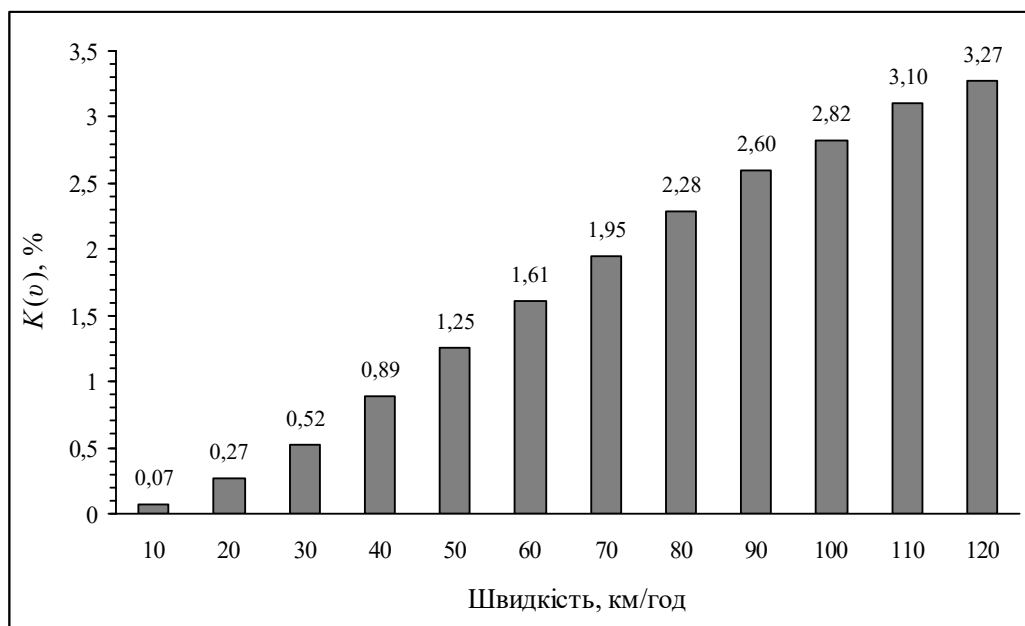


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнта збільшення запасу ходу від швидкості електромобіля
Figure 1 – Dependence of the coefficient of increase in power reserve on the speed of the electric car

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Таким чином, у представленій роботі отримано співвідношення для визначення коефіцієнту збільшення запасу ходу електромобіля за рахунок використання енергії повітряного потоку, який потрапляє до вітрогенератора горизонтального типу, встановленого в підкапотному просторі вказаного транспортного засобу. Ключовою змінною величиною в зазначеному співвідношенні є швидкість руху електромобіля.

Виконано розрахунок коефіцієнту збільшення запасу ходу для електромобіля Nissan Leaf у діапазоні швидкостей від 10 до 120 км/год. Встановлено, що коефіцієнт збільшення запасу ходу електромобіля суттєво збільшується зі зростанням швидкості вказаного транспортного засобу. Тому найбільш ефективно використання запропонованого методу отримання додаткової електричної енергії для акумулятора електромобіля виявляється в діапазоні швидкостей руху, що перевищують 50 км/год. Такий діапазон швидкостей руху електромобіля задовольняє потребу в переміщенні поза населеними пунктами.

В подальшому планується додаткове теоретичне і експериментальне дослідження вказаного методу збільшення запасу ходу електромобіля за рахунок використання енергії повітряного потоку з метою уточнення технічних параметрів вітрогенератора, а також практичної можливості його встановлення на реальному електромобілі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. A review on electric vehicles: technologies and challenges / A. Sanguesa, V. Torres-Sanz, P. Garrido, F. Martinez, J. Marquez-Barja // Smart Cities. – 2021. – № 4. – P. 372-404.
2. Castelvechi D. Electric cars and batteries: how will the world produce enough? / D. Castelvechi // Nature. – 2021. – Vol. 596. – P. 336-339. DOI: 10.1038/d41586-021-02222-1.
3. Аргун Щ.В. Вітрогенераторна установка як додаткове джерело електричної енергії для електромобіля / Щ.В. Аргун, О.Д. Голюков // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – 2017. – № 12. – С. 6-11.

4. Quartey G. Generation of electrical power by a wind turbine for charging moving electric cars / G. Quartey, S.K. Adzimah // *Journal of Energy Technologies and Policy*. – 2014. – Vol. 4, № 3. – P. 19-29.
5. Electric vehicle with charging facility in motion using wind energy / S.M. Ferdous, W.B. Khaled, B. Ahmed, S. Salehin, O.E. Ghani // *World Renewable Energy Congress 2011: collection of scientific papers*. – Sweden, Linkoping, 8-13 May 2011. – P. 3629-3636.
6. Steffen A.D. These wind-powered cars defy physics! [Electronic resource] / A.D. Steffen // *Intelligent Living Media Ltd*. – 2021. – Access mode: <https://www.intelligentliving.co/wind-powered-cars-defy-physics/>.
7. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Циленков. – Дніпро: НГУ, 2015. – 335 с.
8. Аль-Амморі А.Н. Підвищення ефективності використання відновлюваних джерел енергії та інформаційна безпека на транспорті: монографія. [Електронний ресурс] / А.Н. Аль-Амморі, Р.М. Іщенко, М.М. Дехтяр. – Київ: НТУ, 2023. – 250 с.
9. Аль-Амморі А.Н. Розрахунок балансу потужності електромобіля під час рівномірного руху / А.Н. Аль-Амморі, Р.М. Іщенко, І.М. Верховецька // *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал*. – 2022. – Вип. 1 (51). – С. 3-10. DOI: 10.33744/2308-6645-2022-1-51-003-010.
10. Технічні характеристики електромобіля Nissan Leaf [Електронний ресурс] // *Info Car*. – 2023. – Режим доступу: https://nissan-leaf.infocar.ua/mod_3691_leaf_id2776.html.

REFERENCES

1. Sanguesa, A., Torres-Sanz, V., Garrido, P., Martinez, F., Marquez-Barja, J. (2021). A review on electric vehicles: technologies and challenges. *Smart Cities*, 4, 372-404 [in English].
2. Castelvechi, D. (2021). Electric cars and batteries: how will the world produce enough? *Nature*, 596, 336-339. DOI: 10.1038/d41586-021-02222-1 [in English].
3. Argun, Sh.V., Holikov, O.D. (2017). Vitroheneratorna ustanovka yak dodatkove dzherelo elektrychnoyi enerhiyi dlya elektromobilya [Wind generator installation as an additional source of electrical energy for an electric car]. *Avtomobili i elektronika. Suchasni tekhnolohiyi – Automobile and Electronics. Modern Technology*, 12, 6-11 [in Ukrainian].
4. Quartey, G., Adzimah, S.K. (2014). Generation of electrical power by a wind turbine for charging moving electric cars. *Journal of Energy Technologies and Policy*, 4 (3), 19-29 [in English].
5. Ferdous, S.M., Khaled, W.B., Ahmed, B., Salehin, S., Ghani, O.E. (2011). Electric vehicle with charging facility in motion using wind energy. *World Renewable Energy Congress 2011: collection of scientific papers*. Sweden, Linkoping, 8-13 May 2011, 3629-3636 [in English].
6. Steffen, A.D. (2021). These wind-powered cars defy physics! [Electronic resource]. *Intelligent Living Media Ltd*. Access mode: <https://www.intelligentliving.co/wind-powered-cars-defy-physics/> [in English].
7. Pivniak, H., Shkrabets, F., Neuberger, N., Tsyplenkov, D. (2015). *Osnovy vitroenerhetyky. Pidruchnyk*. [Basics of wind energy. Textbook]. Dnipro: NGU. 335 p. [in Ukrainian].
8. Al-Ammouri, A.N., Ishchenko, R.M., Dekhtyar, M.M. (2023). *Pidvyshchennya efektyvnosti vykorystannya vidnovlyuvanykh dzherel enerhiyi ta informatsiyna bezpeka na transporti. Monohrafiya*. [Increasing the efficiency of the use of renewable energy sources and information security in transport. Monograph]. [Electronic resource]. Kyiv: NTU. 250 p. [in Ukrainian].
9. Al-Ammouri, A.N., Ishchenko, R.M., Verkhovetska, I.M. (2022). *Rozrakhunok balansu potuzhnosti elektromobilya pid chas rivnomirnogo rukhu* [Calculation of power balance of electric car during uniform movement]. *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. Seriya "Tekhnichni nauky"*. *Naukovyy zhurnal – Bulletin of the National Transport university. "Technical Sciences" series. Scientific journal*, 1 (51), 3-10. DOI: 10.33744/2308-6645-2022-1-51-003-010 [in Ukrainian].
10. *Tekhnichni kharakterystyky elektromobilya Nissan Leaf* [Technical characteristics of electric car Nissan Leaf]. (2023). *Info Car*. [Elektronnyy resurs]. *Rezhym dostupa: https://nissan-leaf.infocar.ua/mod_3691_leaf_id2776.html* [in Ukrainian].

РЕФЕРАТ

Аль-Амморі А.Н. Використання вітрогенератора для збільшення запасу ходу електромобіля / А.Н. Аль-Амморі, Р.М. Іщенко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий, науково-виробничий журнал. – К.: НТУ, 2024. – Вип. 1 (58).

У статті запропоновано метод збільшення запасу ходу електромобіля за рахунок використання енергії повітряного потоку.

Об'єкт дослідження – процес перетворення енергії повітряного потоку в електричний струм.

Мета роботи – отримання співвідношення для визначення коефіцієнту збільшення запасу ходу електромобіля за рахунок використання енергії повітряного потоку, який потрапляє до вітрогенератора горизонтального типу, а також встановлення залежності коефіцієнту збільшення запасу ходу від швидкості руху електромобіля.

Методи дослідження – для досягнення мети роботи використовувалися наступні методи: аналіз, синтез, систематизація, узагальнення, формулювання висновків.

У роботі отримано співвідношення для визначення коефіцієнту збільшення запасу ходу електромобіля за рахунок використання енергії повітряного потоку, який потрапляє до вітрогенератора горизонтального типу, встановленого в підкапотному просторі вказаного транспортного засобу. Ключовою змінною величиною в зазначеному співвідношенні є швидкість руху електромобіля. Встановлено, що коефіцієнт збільшення запасу ходу електромобіля суттєво збільшується зі зростанням швидкості вказаного транспортного засобу.

Результати статті можуть бути використані під час розробки і впровадження енергозберігаючих та рекуперативних технологій, спрямованих на підвищення запасу ходу електромобілів. Також результати роботи можуть бути впроваджені в освітній процес під час викладання навчальних дисциплін циклу професійної підготовки фахівців транспортної галузі.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – планується додаткове теоретичне та експериментальне дослідження вказаного методу збільшення запасу ходу електромобіля за рахунок використання енергії повітряного потоку з метою уточнення технічних параметрів вітрогенератора, а також практичної можливості його встановлення на реальному електромобілі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІТРОГЕНЕРАТОР, ЕНЕРГІЯ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ, ШВИДКІСТЬ РУХУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ, ПОТУЖНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ, ЗАПАС ХОДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ.

ABSTRACT

Al-Ammouri A.N., Ishchenko R.M. Using a wind generator for increasing of power reserve of electric car. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific, scientific and industrial journal. – K.: NTU, 2024. – Issue 1 (58).

In this paper a method of increasing the power reserve of electric car by using air flow energy is proposed.

The object of the study – process of converting air flow energy into electric current.

Purpose of the study – obtaining a formula for determining the coefficient of increasing the power reserve of electric car due to the use of the energy of the air flow entering a horizontal type wind generator, as well as establishing the dependence of the coefficient of increasing the power reserve of electric car on the speed of the specified vehicle.

Methods of the study – for the purpose of the study, the following methods were used: analysis, synthesis, systematization, generalization, formulation of conclusions.

In this work, a formula was obtained for determining the coefficient of increasing the power reserve of electric car due to the use of the energy of the air flow, which enters the wind generator of the horizontal type, installed in the underhood space of the specified vehicle. The key variable in this formula is the speed of the electric car. It was established that the coefficient of increasing the power reserve of electric car significantly increases with the increasing in the speed of the specified vehicle.

The results of the article can be used in the development and implementation of energy-saving and recuperative technologies aimed at increasing the power reserve of electric car. Also, the results of the work can be introduced into the educational process during the teaching of disciplines of the cycle of professional training of specialists in the transport industry.

Forecast assumptions about the object of study – an additional theoretical and experimental study of the specified method of increasing the power reserve of electric car by using the energy of the air flow is

planned in order to clarify the technical parameters of the wind generator, as well as the practical possibility of its installation on a real electric car.

KEY WORDS: WIND GENERATOR, AIR FLOW ENERGY, ELECTRIC CAR MOVEMENT SPEED, POWER OF ELECTRIC CURRENT, POWER RESERVE OF ELECTRIC CAR.

АВТОРИ:

Аль-Амморі Алі Нурддинович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки, e-mail: ammourilion@ukr.net, тел. +380442846709, +380983556786, Україна, 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 42, к. 406, orcid.org/0000-0002-0375-6108.

Іщенко Руслан Миколайович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки, e-mail: rm_ischenko@ukr.net, тел. +380442846709, +380673187955, Україна, 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 42, к. 410, orcid.org/0000-0003-0158-4020.

AUTHORS:

Al-Ammouri Ali N., doctor of technical sciences, professor, National Transport University, head of department of Information analysis and information security, e-mail: ammourilion@ukr.net, tel. +380442846709, +380983556786, Ukraine, 01103, Kyiv, M. Boychuk str., 42, of. 406, orcid.org/0000-0002-0375-6108.

Ishchenko Ruslan M., candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, National Transport University, associate professor of department of Information analysis and information security, e-mail: rm_ischenko@ukr.net, tel. +380442846709, +380673187955, Ukraine, 01103, Kyiv, M. Boychuk str., 42, of. 410, orcid.org/0000-0003-0158-4020.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Данчук В.Д., доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, декан факультету транспортних та інформаційних технологій, Київ, Україна.

Ісаєнко Г.Л., кандидат фізико-математичних наук, доцент, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, доцент кафедри математики та фізики, Київ, Україна.

REVIEWER:

Danchuk V.D., doctor of physical and mathematical sciences, professor, National Transport University, dean of the Faculty of Transport and Information Technologies, Kyiv, Ukraine.

Isaienko G.L., candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, Kruty Heroes Military Institute of Telecommunications and Information Technology, associate professor of the Department of Mathematics and Physics, Kyiv, Ukraine.