

## РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОЄМНОСТІ ТЯГОВИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Смирнов О. П.<sup>1</sup>, Борисенко А. О.<sup>1</sup>, Марченко А. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Анотація.** Стаття присвячена проблемі підвищення екологічної безпеки електричних транспортних засобів та зниження витрат енергоносіїв на їх рух. Мета досягається за рахунок обґрунтування енергоємності тягових акумуляторних батарей для живлення електроприводів гібридних транспортних засобів, гібридних електромобілів, електромобілів. Проведений розрахунок енергоємності та відповідної маси тягових акумуляторних батарей, які можна використовувати для живлення електроприводів легкових транспортних засобів. Проведений аналіз отриманих даних з характеристиками акумуляторів реальних електричних транспортних засобів, які обрані за аналоги.

**Ключові слова:** енергоємність, тягова акумуляторна батарея, електромобіль, гібридний електромобіль, гібридний транспортний засіб, електропривод, режим «тільки електрика».

### Вступ

Світовий ринок електромобілів стрімко зростає. Зважаючи на те, що ще 20 років тому електромобільний бізнес не розглядався як перспективний, то сьогодні з упевненістю можна сказати, що майбутнє саме за електричними транспортними засобами.

Дослідницька компанія Bloomberg NEF опублікувала прогноз розвитку сегмента електромобілів. Згідно з ним зараз експлуатуються майже 5 млн електричних транспортних засобів. Тільки у 2019 р. планують реалізувати 2,6 млн електромобілів, що збільшить їх загальну кількість до 7,6 млн одиниць. Таким чином, зростання ринку складе 40 %, в порівнянні з 2018 р. Інвестиції в розвиток електричних транспортних засобів щорічно збільшуються вдвічі. Більшість країн зацікавлені в екологічно чистих видах транспорту і стимулюють їх розвиток [1, 2].

### Мета і постановка завдання

Метою роботи є підвищення економічності та екологічності електричних транспортних засобів за рахунок визначення необхідної енергоємності та відповідної маси тягових акумуляторних батарей (ТАБ).

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити таку основну задачу: провести розрахунок та обґрунтування енергоємності та відповідної маси ТАБ, які використовуються для живлення електроприводів транспортних засобів: електромобілів, гібридних електромобілів, гібридних транспортних засобів.

У даному дослідженні проведено обґрунтування енергоємності та відповідної маси ТАБ для електричних транспортних засобів, привод яких має режим «тільки електрика». Перспективними гібридними транспортними засобами є ті, які здатні накопичувати енергію в ТАБ від стаціонарних джерел електричної енергії, так звана система Plug-in Hybrid Vehicle (PHV) [3].

Після розрахунку основних характеристик ТАБ електричних транспортних засобів проведено порівняльний аналіз отриманих результатів з характеристиками ТАБ реальних електричних транспортних засобів, які обрані за аналоги, та обґрунтування їх енергоємності.

Проведене дослідження дозволяє визначити перспективні енергетичні та масові характеристики ТАБ електричних транспортних засобів. Актуальність проведеного дослідження полягає у визначенні та обґрунтуванні енергоємності та маси ТАБ окремо для електромобілів, гібридних електромобілів та гібридних транспортних засобів.

### Аналіз публікацій

На сучасному етапі розвитку науки і техніки проблема створення екологічно чистих та енергозберігаючих транспортних засобів вирішується за рахунок застосування електропривода, який отримує живлення від енергоємних ТАБ. До електричних транспортних засобів відносяться не тільки електромобілі, але й гібридні транспортні засоби та гібридні електромобілі [4, 5].

Згідно з Правилами СЕК ООН № 83-05:2005, IDT «Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження колісних транспортних засобів стосовно викидів забруднювальних речовин залежно від палива, необхідного для двигунів» загальне визначення гібридних транспортних засобів:

– «під гібридним транспортним засобом (ГТЗ)» мається на увазі транспортний засіб, що має не менше двох різних перетворювачів енергії і двох різних (бортових) систем акумулювання енергії для цілей приведення до руху транспортного засобу;

– «під гібридним електромобілем (ГЕМ)» мається на увазі транспортний засіб, який для цілей приведення цього транспортного засобу до руху механічним способом використовує енергію з наступних двох бортових джерел акумульованої електричної енергії / потужності: споживане паливо та пристрій для акумулювання електричної енергії / потужності (наприклад, батарея, конденсатор, маховик / генератор тощо)» [6].

У табл. 1 наведено нормування робочих режимів гібридних транспортних засобів для визначення паливної та енергетичної економічності [6].

Таблиця 1 – Приклад вибору робочих режимів

Заряд батареї \ Гібридні режими	Тільки електрика Гібридний режим	Тільки паливо Гібридний режим	Тільки електрика Тільки паливо Гібридний режим	Гібридний режим (спортивний, економічний, міський, позаміський)
Умова А Повна зарядка	Гібридний режим	Гібридний режим	Гібридний режим	Гібридний режим з переважним споживанням електроенергії
Умова В Мінімальна зарядка	Гібридний режим	Споживання палива	Споживання палива	Режим з переважним використанням палива

### Обґрунтування аналогів транспортних засобів

Типовим представником гібридного транспортного засобу є різні модифікації автомобіля Toyota Prius, тому оберемо його як аналог. Основна ідея гібридизації полягає у тому, що автомобіль має два різних джерела механічної енергії (двигун внутрішнього згорання та електропривод), які синергетично оптимізовані як для прискорення, так і рівномірного руху [7].

Слід визначити, що двигун внутрішнього згорання (ДВЗ) в автомобілях, з одного боку, повинен забезпечувати достатню потужність для декількох секунд прискорення та підтримувати крейсерську швидкість на автостраді і при цьому економічно працювати. Тому великий об'єм ДВЗ, необхідний для інтенсивного прискорення, стає перешкодою на трасі, тому що ДВЗ меншого об'єму є більш економічно ефективним і ідеально підходить для замського циклу. Використання гібридних силових установок задовольняє ці протиріччя.

Для підвищення економічності та екологічної чистоти транспортних засобів на кафедрі автомобільної електроніки ХНАДУ створений експериментальний гібридний транспортний засіб на базі ЗАЗ Ланос Пікап, який також обраний як аналог. Гібридний

ЗАЗ Ланос Пікап застосовує електричний двигун потужністю 15 кВт, ТАБ включає 20 послідовно з'єднаних літій-залізофосфатних акумуляторів TS-LFP90АНА, загальна енергоємність яких дорівнює 5,76 кВт·год. Маса блоку ТАБ при цьому не перевищує 65 кг. На кафедрі автомобільної електроніки ХНАДУ проведені натурні випробування гібридного ЗАЗ Ланос Пікап у реальних умовах експлуатації. Основні технічні характеристики автомобіля:

– пробіг у режимі «тільки електрика» – до 40 км;

– швидкість у режимі «тільки електрика» – до 40 км/год;

– середня витрата палива у «гібридному» режимі при дальності пробігу до 60 км – до 3,8 л/100 км;

– витрата електричної енергії у режимі «тільки електрика» в міських умовах руху – 13 кВт·год/100 км;

– час заряду ТАБ від стандартної електричної мережі 220 В, 50 Гц – до 4 год [8].

Компанія General Motors (США) виготовляє гібридний електромобіль Chevrolet Volt, який презентується як електромобіль із збільшеним пробігом (Extended-Range Electric Vehicle (E-REV)), який обраний за аналог. Автомобіль Chevrolet Volt, відрізняється від Toyota Prius тим, що завжди працює в режимі

«тільки електрика». При поїздках на відстані до 85 км Chevrolet Volt використовує електроенергію, що накопичена у ТАБ. Для подальшого руху підключається система ДВЗ-генератор, яка виробляє електричну енергію для електроприводу автомобіля [9].

Як аналог електромобіля обраний найбільш розповсюджений електромобіль Nissan Leaf, а саме нова його модифікація, що оснащена новою ТАБ енергоємністю 40 кВт·год. Заряджати акумулятор можна від електричної мережі 220 В (тривалість заряду до 12 год), або від швидкісної зарядної станції (тривалість заряду до 80 % складає 40 хв.) [10].

Таким чином, як аналоги розрахунку оберемо електричні транспортні засоби: електромобіль Nissan Leaf, гібридний електромобіль Chevrolet Volt та гібридний транспортний засіб Toyota Prius та експериментальний гібридний транспортний засіб ЗАЗ Ланос Пікап.

**Початкові дані для розрахунку**

Як початкові дані прийемо середні технічні характеристики існуючих електричних транспортних засобів та ТАБ:

- споряджена маса транспортного засобу,  $m = 1500$  кг;
- діапазон пробігу в режимі «тільки електрика» гібридного транспортного засобу,  $S_{ГТЗ}$  від 10 до 50 км;
- діапазон пробігу в режимі «тільки електрика» гібридного електромобіля,  $S_{ГЕ}$  від 50 до 120 км;
- діапазон пробігу електромобіля,  $S_E$  від 120 км до 800 км.

Для розрахунку як приклад прийемо технічні характеристики ТАБ електромобіля Nissan Leaf 2018 р. випуску [7]:

- енергоємність ТАБ,  $W_{Leaf} = 40$  кВт·год;
- маса ТАБ,  $m_{ТАБ Leaf} = 300$  кг;
- пробіг за новим європейським їздовим циклом New European Driving Cycle (NEDC) на одному заряді,  $S_{NEDC Leaf} = 378$  км.

**Розрахунок характеристик ТАБ для електричних транспортних засобів**

На початку проведемо розрахунок питомої енергоємності ТАБ, яку можна застосовувати для живлення електроприводу електричного транспортного засобу, кВт·год/кг:

$$E_n = \frac{W_{Leaf}}{m_{ТАБ Leaf}}, \tag{1}$$

де  $E_n$  – питома енергоємність ТАБ електричного транспортного засобу, кВт·год/кг;  $W_{Leaf}$  – ємність ТАБ електромобіля Nissan Leaf, кВт·год;  $m_{ТАБ Leaf}$  – маса ТАБ електромобіля Nissan Leaf, кг.

Таким чином, питома енергоємність ТАБ, яку можна використовувати для електричних транспортних засобів, дорівнює 0,133 кВт·год/кг.

Проведемо розрахунок енергії, яка потрібна для подолання 100 км шляху за циклом NEDC електричним транспортним засобом зі спорядженою масою 1500 кг, кВт·год/100 км:

$$E_{км} = \frac{W_{Leaf}}{S_{NEDC Leaf}} \cdot 100, \tag{2}$$

де  $E_{км}$  – питома енергоємність ТАБ електричного транспортного засобу, кВт·год/км;  $S_{NEDC Leaf}$  – пробіг за циклом NEDC, км.

Енергія, яка потрібна для подолання 100 км шляху електричним транспортним засобом, дорівнює 10,6 кВт·год.

Розрахунок енергоємності ТАБ окремо для електромобіля, гібридного електромобіля та гібридного транспортного засобу, згідно з визначеними початковими даними, проведемо за формулою, кВт·год:

$$E = E_{км} \cdot S = \frac{W_{Leaf}}{S_{NEDC Leaf}} \cdot S, \tag{3}$$

де  $E$  – енергоємність ТАБ електричних транспортних засобів, кВт·год;  $E_{км}$  – енергія, яка потрібна для подолання 1 км шляху електричним транспортним засобом;  $S$  – відповідний пробіг електричного транспортного засобу в режимі «тільки електрика», км.

Результати розрахунку мінімальної та максимальної енергоємності ТАБ гібридного транспортного засобу, гібридного електромобіля та електромобіля, що проведені за формулою (3), зведені до табл. 2.

Таблиця 2 – Результати розрахунку енергоємності ТАБ електричних транспортних засобів

Електричні транспортні засоби	Мінімальна енергоємність, кВт·год	Максимальна енергоємність, кВт·год
Гібридний транспортний засіб	1,06	5,30
Гібридний електромобіль	5,30	12,72
Електромобіль	12,72	84,80

Відомо, що величина енергоємності ТАБ прямо пропорційно впливає на масу акумуляторної батареї. Тому проведемо розрахунок маси ТАБ окремо для електромобіля, гібридного електромобіля та гібридного транспортного засобу згідно з визначеною енергоємністю (див. табл. 1).

Маса ТАБ відповідних електричних транспортних засобів  $m_{ТАБ}$  визначимо за формулою, кг:

$$m_{ТАБ} = \frac{E}{E_n} = \frac{S_{NEDC\_Leaf}}{\frac{W_{Leaf}}{m_{ТАБ\_Leaf}}} \cdot S = \frac{m_{ТАБ\_Leaf}}{S_{NEDC\_Leaf}} \cdot S. \quad (4)$$

Результати розрахунку мінімальної та максимальної маси ТАБ, гібридного транспортного засобу, гібридного електромобіля та електромобіля, що проведені за формулою (4), зведені до табл. 3.

Таблиця 3 – Результати розрахунку маси ТАБ електричних транспортних засобів

Електричні транспортні засоби	Мінімальна маса батареї, кг	Максимальна маса батареї, кг
Гібридний транспортний засіб	8	40
Гібридний електромобіль	40	95
Електромобіль	95	636

Таким чином проведений розрахунок енергоємності та маси тягових акумуляторних батарей окремо для електромобіля, гібридного електромобіля та гібридного транспортного засобу. Проведений розрахунок маси ТАБ гібридного транспортного засобу, гібридного електромобіля та електромобіля не враховує масу системи охолодження акумуляторної батареї, тому реальні значення для кожного електричного транспортного засобу можуть незначно відрізнятися від отриманих за підрахунком (табл. 3).

#### Аналіз результатів розрахунку

Отримані результати розрахунку (див. табл. 2, 3) не завжди корелюють з характеристиками ТАБ реальних електричних транспортних засобів, які обрані за аналогі.

Наприклад, маса батареї автомобіля Toyota Prius різних поколінь складає від 45 до 80 кг, а енергоємність від 1,31 до

4,4 кВт·год. Розрахунок енергоємності ТАБ гібридного транспортного засобу практично співпадає з енергоємністю ТАБ Toyota Prius, але маса отримана різна. Це пов'язано з тим, що в більшості модифікацій Toyota Prius (крім Toyota Prius PHV) застосовується нікель-метал-гідридна ТАБ, а не літій-іонна [7].

Нікель-метал-гідридна ТАБ Toyota Prius виконує функції буфера енергії та використовує максимум 40 % своєї ємності, тому не завжди ефективно працює для руху у режимі «тільки електрика». Це пов'язано з тим, що розробник ТАБ, фірма Panasonic, при такому режимі роботи надає гарантію на 5 млн циклів заряд-розряд. Експериментальні дослідження, що отримані фахівцями корпорації Toyota, показують, що ТАБ у такому режимі може подолати 290 тис. км без погіршення робочих характеристик. Крім того, система керування гібридною силовою установкою підтримує як оптимальний рівень заряду, так і оптимальну температуру батареї. Обидві ці функції підтримують довготривалий термін служби ТАБ.

Експериментальні дослідження автомобіля Toyota Prius, які проводили автори дослідження, дозволяють зробити висновки, що ТАБ у складі гібридної силової установки Toyota Hybrid System розроблена не для пересування автомобіля в режимі «тільки електрика», а служить енергетичним демпфером та призначена для накопичення енергії, що виділяється як від енергії, яка виробляється ДВЗ, так і від системи рекуперації гальмівної енергії. Якщо працює ДВЗ, то частина енергії через перетворювач напруги заряджає ТАБ. А у процесі гальмування, тяговий електричний двигун переходить у генераторний режим та через перетворювач напруги теж заряджає батарею. Якщо автомобіль не рухається, ДВЗ заглушений, то енергія ТАБ витрачається тільки на сервісні функції: клімат-контроль, освітлення, ходові вогні та на інші споживачі електричної енергії [10].

Як показує практика, літій-іонні акумулятори є самими ефективними для електричних транспортних засобів. Тому модифікація автомобіля Toyota Prius, що випускаються з 2010 р., комплектується літій-іонними ТАБ, які можуть заряджатися від стаціонарних джерел електроенергії (система plug-in hybrid). При цьому пробіг автомобіля у режимі «тільки електрика» збільшується з 2 до 26 км [8].

Проведені розрахунки енергоємності тягових акумуляторних батарей практично підтверджуються на модернізованому в гібридний варіант ЗАЗ Ланос Пікап. Дійсно, енергоємність ТАБ складає 5,76 кВт·год та масою 64 кг. При цьому пробіг у режимі «тільки електрика» не перевищує 40 км.

Маса ТАБ електромобіля Chevrolet Volt в залежності від модифікації складає приблизно 200 кг, енергоємність – від 16 до 18,4 кВт·год, що теж відрізняється від результатів розрахунку. Співпадає лише дальність пробігу на одному заряді ТАБ, яка може бути до 85 км. Цю різницю можна об'яснити декількома причинами: підвищена споряджена маса автомобіля (від 1607 до 1732 кг), декілька гірші питомі енергетичні та масові характеристики ТАБ, ніж у нового Nissan Leaf.

Крім наведеного аналізу аналогів, слід визначити, що на дальність пробігу транспортних засобу в режимі «тільки електрика» значно впливають не стільки маса автомобіля, скільки умови експлуатації [11].

Дійсно, один і той же електромобіль Nissan Leaf 2018 р. з енергоємністю ТАБ 40 кВт·год має значно різний запас ходу в неоднакових випробувальних циклах:

- у американському циклі EPA – 243 км;
- у європейському циклу NEDC – 378 км;
- у всесвітньому циклі Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure (WLTP), який набагато точніше визначає запас ходу електромобілів в Європі: 415 км у міському циклі руху, 285 км у комбінованому.

### Висновки

Результати розрахунку демонструють, що максимальна маса ТАБ електромобіля може складати 636 кг. Це майже 1/2 частина маси всього електромобіля. Енергоємність такої батареї складає 84,8 кВт·год, якої достатньо для подолання 800 км. Якщо обрати мінімальний пробіг електромобіля у 120 км, то маса ТАБ буде незначна – до 100 кг. Тому у кожному окремому випадку треба обирати компромісний варіант між енергоємністю (дальністю пробуті на одному заряді ТАБ) та масою батареї.

Енергоємність ТАБ гібридного електромобіля можна обирати від 5,3 до 12,72 кВт·год залежно від бажаного пробігу у режимі «тільки електрика» від 50 до 120 км. Маса батареї при цьому має від 40 до 95 кг.

Енергоємність ТАБ гібридного транспортного засобу можна обирати від 1,06 до

5,3 кВт·год залежно від бажаного пробігу у режимі «тільки електрика» від 10 до 50 км. Маса батареї при цьому може бути незначна – до 40 кг.

Результати розрахунку не завжди корелюють з характеристик ТАБ реальних електричних транспортних засобів, які обрані за аналоги. Це пов'язано з різною питомою енергоємністю різних ТАБ, масою транспортних засобів та умовами експлуатації.

### Література

1. Electric Vehicle Outlook. 2019. URL: <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook> (дата звернення 20.08.2019)
2. Ning Ding, K. Prasad, T.T. Lie The electric vehicle: a review. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*. Vol. 9 (1), 2017, p. 49-66.
3. Travis F., Ryan J., Evan G., Joshua M., Hwan-Sik Y. Effect of an electric vehicle mode in a plug-in hybrid electric vehicle with a post-transmission electric motor. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, Vol. 8 (4), 2016, p. 289-301.
4. Lambros K., Mitropoulos Panos D. Prevedouros Pantelis K. Total cost of ownership and externalities of conventional, hybrid and electric vehicle. *Transportation Research Procedia*, 24C, 2017, p. 267–274.
5. Qiping C., Chuanjie L., Aiguo O., Xiangqin L., Qiang X. Research and development of in-wheel motor driving technology for electric vehicles. *Electric and Hybrid Vehicles*, Volume 8 (3), 2018, p. 242–254.
6. ДСТУ UN / ECE R 83-05: 2009. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження кількох транспортних засобів стосовно викидів забруднювальних речовин залежних від палива, необхідного для двигунів, ЄЕК ООН, 2005.
7. Nissan Leaf. 2019. URL: <http://www.nissanusa.com/electric-cars/leaf/versions-specs/> (дата звернення 18.05.2019)
8. Prius-Plug-In-Hybrid. 2019. URL: <http://www.toyota.com/prius-plug-in-hybrid/> (дата звернення 10.07.2019)
9. Volt Models & Specs 2019. URL: <http://www.chevrolet.com/volt-electric-car/specs/trim> (дата звернення 18.07.2019)
10. Smyrnov O., Klymenko S. Experimental research of power characteristics car TOYOTA Prius in the mode electromobile. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання*. Харків, 2014. Вип. 6, С. 94–96.
11. Смирнов О. П., Борисенко А. О. Моделювання витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами залежно від умов експлуатації. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання*. Харків, 2017. Вип. 11. С. 20–23.

## References

1. Electric Vehicle Outlook. Retrived from: <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook> (accessed 20.08.2019)
2. Ning Ding; K. Prasad; T.T. Lie (2017) The electric vehicle: a review. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*. Volume 9 (1), p. 49-66.
3. Travis F., Ryan J., Evan G., Joshua M., Hwan-Sik Y. (2016) Effect of an electric vehicle mode in a plug-in hybrid electric vehicle with a post-transmission electric motor. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, Volume 8 (4), 289-301.
4. Lambros K. Mitropoulos, Panos D. Prevedouros, Pantelis K. (2017) Total cost of ownership and externalities of conventional, hybrid and electric vehicle. *Transportation Research Procedia*, 24C, 267-274.
5. Qiping C.; Chuanjie L.; Aiguo O.; Xiangqin L.; Qiang X. (2018) Research and development of in-wheel motor driving technology for electric vehicles. *Electric and Hybrid Vehicles*, Volume 8 (3), 242-254.
6. DSTU UN / ECE R 83-05: 2005. (2009) Yedini`tekhni`chni` pripisi shhodo ofi`czi`jnogo zatverdzhennya koli`snikh transportnikh zasobi`v stosovno vikidi`v zabrudnyuval`nikh rechovin zalezhnikh vi`d paliva, neobkhi`dnogo dlya dviguni`v [Uniform technical requirements for the approval of wheeled vehicles with respect to the emissions of pollutants dependent on the fuel required for the engines], СЕК ООН. [in Ukrainian]
7. Nissan Leaf. Retrived from: <http://www.nissanusa.com/electric-cars/leaf/versions-specs/> (accessed 18.05.2019)
8. Prius-Plug-In-Hybrid. Retrived from: <http://www.toyota.com/prius-plug-in-hybrid/> (accessed 10.07.2019)
9. Volt Models & Specs Retrived from: <http://www.chevrolet.com/volt-electric-car/specs/trim> (accessed 18.07.2019)
10. Smyrnov O., Klymenko S (2014) Experimental research of power characteristics car TOYOTA Prius in the mode electromobile. *Car and Electronics. Modern technologies: electronic scientific specialized edition*. Kharkiv. 2014, Volume 6, 2014, С. 94-96. [in Ukrainian].
11. Smyrnov O.P., Borisenko A.O (2017) Modelyuvannya vitrat energonosi`yiv gi`bridnimi transportnimi zasobami zalezho vi`d umov ekspluatatsi`yi [Simulation of energy costs by hybrid vehicles depending on operating conditions]. *Car and Electronics. Modern technologies: electronic scientific specialized edition*, Kharkiv, Volume 11. С. 20-23. [in Ukrainian].

**Смирнов Олег Петрович**<sup>1</sup>, д.т.н., проф. каф. автомобільної електроніки, [smirnov1oleg@gmail.com](mailto:smirnov1oleg@gmail.com), тел. +38 068-609-94-58

**Борисенко Анна Олегівна**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, [anutochka2111@gmail.com](mailto:anutochka2111@gmail.com), тел. +38 096-11-06-949.

**Марченко Антон Валерійович**<sup>1</sup>, аспірант каф. автомобільної електроніки, тел. +38 099-37-28-881, [anton.marchenko.1994@gmail.com](mailto:anton.marchenko.1994@gmail.com),

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

#### Расчет энергоемкости тяговых аккумуляторных батарей для электрических транспортных средств

**Аннотация.** Стаття посвящена проблеме повышения экологической безопасности электрических транспортных средств и снижения расхода энергоносителей для их движения. Цель достигается за счет обоснования энергоемкости тяговых аккумуляторных батарей для питания электроприводов гибридных транспортных средств, гибридных электромобилей, электромобилей. Проведенный расчет энергоемкости и соответствующей массы тяговых аккумуляторных батарей, которые можно использовать для питания электроприводов легковых транспортных средств. Проведен анализ полученных данных с характеристиками аккумуляторов реальных электрических транспортных средств, которые взяты как аналоги.

**Ключевые слова:** энергоемкость, тяговая аккумуляторная батарея, электромобиль, гибридный электромобиль, гибридное транспортное средство, электропривод, режим «только электричество».

**Смирнов Олег Петрович**<sup>1</sup>, д.т.н., проф. каф. автомобильной электроники, тел. +38 068-60-99-458, [smirnov1oleg@gmail.com](mailto:smirnov1oleg@gmail.com).

**Борисенко Анна Олеговна**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. автомобильной электроники, тел. +38 096-11-06-949, [anutochka2111@gmail.com](mailto:anutochka2111@gmail.com),

**Марченко Атон Валериевич**<sup>1</sup>, аспірант, каф. автомобильной электроники тел. +38 099-37-28-881, [anton.marchenko.1994@gmail.com](mailto:anton.marchenko.1994@gmail.com),

<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожний университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

#### Calculation of Energy Consumption of Traction Batteries for Electric Vehicles

**Problem.** The article is devoted to the problem of improving the environmental safety of electric vehicles and reducing energy costs for their movement. Only in 2019, 2.6 million electric cars are planned to be sold, which will increase their total number to 7.6 million. The investments in development of electric vehicles double annually. In this study, the justification of the energy intensity and the corresponding

mass of TAB for electric vehicles driven in the mode of “only electricity” was conducted. The most promising hybrid vehicles are those that are capable of generating energy in the TAB from stationary sources of electricity, the so-called Plug-in Hybrid Vehicle (PHV) system. **Goal.** The goal is achieved by justifying the capacity of traction batteries for powering hybrid vehicles, hybrid electric vehicles, electric vehicles. **Methodology.** To increase the economy and ecological safety of the vehicles, an experimental hybrid vehicle based on ZAZ Lanos Pickup was created at the Department of Automobile Electronics of KhNAHU, which was also selected as an analogue. The Lanos Pickup Hybrid ZAZ uses a 15 kW electric motor, the TAB includes 20 TS-LFP90AHA lithium iron phosphate batteries with a total capacity of 5.76 kWh. The mass of the TAB unit does not exceed 65 kg. The Department of Automobile Electronics conducted full-scale tests of the hybrid ZAZ Lanos Pickup under real operational conditions. **Conclusions.** The calculation results show that the maximum mass of an electric vehicle's TAB can be 636 kg. This is almost 1/2 of the mass of the entire electric vehicle. The energy capacity of such a battery is 84.8 kWh,

which is sufficient to overcome 800 km. In each case, a compromise between the battery capacity and weight must be chosen. The capacity of the TAB of a hybrid electric car can be selected from 5.3 to 12.72 kWh, depending on the desired run in the “only electricity” mode from 50 to 120 km. The capacity of the TAB of a hybrid vehicle can be selected from 1.06 to 5.3 kWh, depending on the desired run in the “only electricity” mode.

**Smyrnov Oleh Petrovich**<sup>1</sup>, professor, Doct. of Science, Vehicle Electronics Department, tel. +38 068-60-99-458,

e-mail: [smirnov1oleg@gmail.com](mailto:smirnov1oleg@gmail.com),

**Borisenko Anna Olegovna**<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof. Vehicle Electronics Department, tel. +38 096-11-06-949,

e-mail: [anutochka2111@gmail.com](mailto:anutochka2111@gmail.com),

**Marchenko Anton Valerievich**<sup>1</sup>, postgraduate student, tel. +38 099-37-28-881, e-mail:

[anton.marchenko.1994@gmail.com](mailto:anton.marchenko.1994@gmail.com),

<sup>1</sup>Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslav Mudry street, Kharkiv, 61002, Ukraine.