

МЕТОД ОБҐРУНТУВАННЯ РЕСУРСУ ТЯГОВОЇ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ

Будниченко В.Б., кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, Київ, Україна, budnrb@i.ua, orcid.org/0000-0002-1235-3781

Харламов С.А., Національний транспортний університет, Київ, Україна, stanyslav.kharlamov@gmail.com, orcid.org/0009-0005-2358-850X

METHOD OF RESOURCE INVOLVEMENT TRACTION BATTERY

Budnychenko V.B., PhD in Engineering, National Transport University, Kyiv, Ukraine, budnrb@i.ua, orcid.org/0000-0002-1235-3781

Kharlamov S.A., National Transport University, Kyiv, Ukraine, stanyslav.kharlamov@gmail.com, orcid.org/0009-0005-2358-850X

Постановка проблеми.

Енергоефективність кожного окремого підприємства електротранспорту є рушієм розвитку інфраструктури транспортної галузі в цілому, що має на меті покращення матеріально-технічних умов для ефективного використання потенціалу електротранспорту. Між тим, електротранспорт є потужним споживачем електричної енергії. [1].

Звісно, для функціонування міського транспорту необхідні енергоресурси, середньорічний світовий попит на які щорічно зростає на 1,5 % і, за прогнозами, зростає на 40 % уже до 2030 року. Отже, одним із найважливіших напрямків розвитку рухомого складу міського транспорту, являється зменшення споживання електричної енергії [2].

Вирішення проблем енергозбереження, як однієї зі складових частин ресурсозбереження, являється надзвичайно актуальним напрямком для сфери комунального транспорту [2]. А у сфері експлуатації транспортних засобів з електричними тяговими силовими установками виникає потреба в особливому підході до збереження енергоресурсу.

Враховуючи особливості експлуатації транспортних засобів з електричними тяговими установками, що здійснюють пасажирські перевезення в містах України та обладнанні системами автономного ходу, що передбачає використання тягових акумуляторних батарей, постає проблема у ресурсо-заощадженні самих тягових акумуляторних батарей (далі ТАБ). А тому, проблема ефективного використання ТАБ є актуальною.

Аналіз публікацій

За останні час в Україні збільшилося кількість досліджень експлуатаційних характеристик транспортних засобів з електричною тяговою установкою. Так в роботі [3] була запропонована математична модель енергетичної ємності тягової акумуляторної батареї. В роботах [4, 5] надані результати дослідження енергетичних показників транспортних засобів з електричним приводом. Перспективи подальшого вдосконалення акумуляторних батарей для електромобілів розглянуті в роботах [6,7,8]. Питанню особливостей експлуатації та ефективності використання ресурсів, зокрема тягових АКБ, присвячені роботи [9-11]. Проте, дані роботи не розглядають вплив умов експлуатації на конкретному маршруті на ресурс ТАБ.

Метою даної роботи є розроблення математичної моделі для визначення ресурсу ТАБ в роках за заданих умов експлуатації на міському маршруті та ресурсу елемента ТАБ, який заданий кількістю циклів заряду розряду.

Виклад основного матеріалу

Відомо, що для будь якого транспортного засобу (далі ТЗ), що здійснює перевезення пасажирів на міському маршруті, зокрема і ТЗ тяговою електричною силовою установкою (далі ТЕСУ) експлуатаційним підприємством може бути надана така інформація:

- добовій пробіг ТЗ;
- довжина одного оборотного рейсу на маршруті, де передбачається експлуатація ТЗ;
- кількість днів перебування ТЗ в русі;
- доля днів роботи ТЗ в одно змінному режимі відносно кількості днів перебування транспортного засобу в русі.

За цих умов, ресурс ТАБ буде залежати від її початкової енергетичної ємності, яка вибирається в залежності від:

- питомих витрат енергії ТЗ під час перевезення пасажирів в кВт*год/км;
- робочого діапазон ТАБ, як доля енергетичної ємності ТАБ від її загальної енергетичної ємності;
- щорічної долі втрати енергетичної ємності ТАБ від її енергетичної ємності.

Питомі витрати енергії транспортним засобом під час перевезення пасажирів в кВт*год/км визначаються за результатами статистичних спостережень за витратами енергії та виконаної транспортної роботи.

Під час статистичних спостережень фіксують добовий показ лічильників постійного струму, зокрема віртуальних, якими обладнано пульт водія та добовий пробіг за показом спідометра транспортного засобу.

За отримання зазначених вище вихідних даних можна отримати математичну модель її ресурсу прийнявши припущення, що один оборотний рейс є одним циклом її розряду заряду (далі Р-3).

Кількість циклів Р-3 ТАБ під час роботи на маршруті за добу ($N_{\text{цд}}$) має бути визначено так:

$$\begin{cases} N_{\text{цд}}^{\text{др}} = \frac{L_{\text{д}}}{L_{\text{м}}} + 1, & \text{для двох змінного режиму роботи} \\ N_{\text{цд}}^{\text{ор}} = \frac{0,5L_{\text{д}}}{L_{\text{м}}} + 1, & \text{для одно змінного режиму роботи} \end{cases} \quad (2)$$

де $L_{\text{д}}$ – пробіг транспортного засобу за добу, км;

$L_{\text{м}}$ – довжина одного оборотного рейсу на маршруті, км.

6.1.3 Кількість циклів Р-3 за один календарний рік ($N_{\text{цр}}$) має бути обчислена так:

$$N_{\text{цр}} = (N_{\text{цд}}^{\text{др}} \cdot p_{\text{др}} + N_{\text{цд}}^{\text{ор}} \cdot p_{\text{ор}}) n_{\text{рд}} \quad (3)$$

де: $p_{\text{др}}, p_{\text{ор}}$ – доля двох та одно змінних режимів роботи, відносно кількості діб використання транспортного засобу на маршруті за рік ($p_{\text{др}} + p_{\text{ор}} = 1$);

$n_{\text{рд}}$ – кількість діб використання транспортного засобу на маршруті за рік.

Долю одно змінних режимів роботи можна визначити так:

$$p_{\text{од}} = \frac{1}{T_{\text{ТО1}}}, \quad (4)$$

а двох змінних:

$$p_{\text{др}} = 1 - p_{\text{од}} \quad (5)$$

де $T_{\text{ТО1}}$ – періодичність ТО1 в календарних днях (7 днів або 14 днів)

Кількість років експлуатації ТАБ (T_e) з урахуванням річної кількості циклів Р-3, має бути обчислено так:

$$T_e = \frac{Ц_{\text{н}}}{N_{\text{цр}}} \quad (6)$$

де $Ц_{\text{н}}$ – унормована кількість циклів Р-3 для елемента батареї, яка визначена нормативним документом, в залежності від його типу, наприклад технічними умовами на ТАБ.

З урахуванням вирізів 1-6 математична модель для обчислення ресурсу буде мати такий вигляд:

$$T_e = \frac{Ц_{\text{н}}}{\left(\left(\frac{L_{\text{д}}}{L_{\text{м}}} + 1\right) p_{\text{др}} + \left(\frac{0,5L_{\text{д}}}{L_{\text{м}}} + 1\right) p_{\text{ор}}\right) n_{\text{рд}}} \quad (7)$$

Математична модель 7 побудована із припущення, що за один оборотний рейс ТАБ має один цикл Р-З, величина якого дорівнює його робочому діапазону і він є сталою величиною для кожного року подальшої експлуатації ТАБ.

Зазначимо, що фактично енергетична ємність ТАБ вибирається з запасом, щоб урахувати щорічну втрату енергетичної ємності ТАБ і тому тільки в останній рік експлуатації один оборотний рейс буде означати один цикл Р-З, а в перший та інші роки лише меншу частину робочого циклу, яка визначається в залежності від щорічної втрати ємності.

Щоб урахувати це, необхідно ввести уточнення в отриману математичні моделі для обчислення ресурсу ТАБ, а саме:

$$T_e^{os} = \frac{T_e}{((1-b/100)T_e^{-1})} \quad (8)$$

де T_e^{os} – уточнений ресурс ТАБ, роки

b – щорічний відсоток втрати енергетичної ємності ТАБ, %.

Або з урахуванням виразів 7 та 8 будемо мати таку математичну модель для визначення ресурсу ТАБ:

$$T_e^{os} = \frac{C_n}{((1-b/100)T_e^{-1}) \left(\left(\frac{L_d}{L_m} + 1 \right) \cdot p_{др} + \left(\frac{0,5L_d}{L_m} + 1 \right) p_{ор} \right) n_{рд}} \quad (9)$$

Математична модель 8 не визначає для якої енергетичної ємності ТАБ вона отримана але зазначається, що один цикл Р-З забезпечується за один оборотний рейс. Для цієї умови енергетична ємність ТАБ на останньому році експлуатації можна визначити так:

$$C_{таб} = \frac{E \cdot l_{бкк}}{k_1} \quad (9)$$

де: E - питома витрата енергії транспортним засобом під час руху маршрутом, кВт*год/км;
 $l_{бкк}$ – загальна довжина ділянок маршруту, де відсутнє живлення від контактної мережі, км;
 k_1 - коефіцієнт, що ураховує робочий діапазон ТАБ;

Тоді енергетична ємність ТАБ на початку її експлуатації, коли за один оборотний рейс здійснюється лише частка циклу Р-З, та з урахуванням щорічної втрати енергетичної ємності, може бути обчислена так:

$$C_{таб}^п = \frac{C_{таб}}{(1-b/100)T_e^{-1}} \quad (10)$$

З урахуванням виразів 9 та 10 можна отримати математичну модель для визначення енергетичної ємності ТАБ, яка забезпечує ресурс визначений за виразом 9, буде мати таких вигляд:

$$C_{таб}^п = \frac{E \cdot l_{бкк}}{k_1(1-b/100)T_e^{-1}} \quad (11)$$

Висновки.

Збільшення кількості ТЗ з ТЕСУ, що здійснюють пасажирські перевезення на міських маршрутах та мають функцію АХ робить актуальною задачу обґрунтування ресурсу ТАБ для планування витрат на їх експлуатацію.

За результатами проведених досліджень запропонований метод визначення ресурсу ТАБ та її енергетичної ємності для визначених характеристик маршруту та витрат енергоносія. Запропонований метод дозволяє урахувати щорічне зниження ресурсу ТАБ, що дозволяє гарантувати можливість застосування ТЗ з ТЕСУ, що має ТАБ на запланованому маршруті.

Окремо зазначимо, що вичерпання ресурсу ТАБ під час експлуатації на заданому маршруті її виведення із експлуатації. ТЗ з такою ТАБ, може використовуватися на іншому маршруті, характеристики якого можна визначити із запропонованої математичної моделі.

Перспектива подальшого дослідження.

Подальші дослідження мають бути виконані в напрямку обґрунтування питомого енергоспоживання ТЗ з ТЕСУ що урахувати мінливий характер цього процесу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Жуков О.А., Доценко В.М. До питань впровадження джерел розосередженої генерації в системі електропостачання об'єктів інфраструктури електротранспорту. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Світові тенденції ресурсозбереження на електричному транспорті» (м Харків 25-27 жовтня 2023 р.) /Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова [та ін.; редкол.:В. Х. Далека, Н. І. Кульбашна, А. В. Коваленко]. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 225 с.-С. 175
2. Войтків С.В. Напрями енергозбереження у міському електробусному транспорті. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Світові тенденції ресурсозбереження на електричному транспорті» (м Харків 25-27 жовтня 2023 р.) /Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова [та ін. ; редкол.:В. Х. Далека, Н. І. Кульбашна, А. В. Коваленко]. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 225 с.-С. 3
3. Андрусенко С.І. Математична модель енергетичної ємності тягової акумуляторної батареї / Андрусенко С.І., Будниченко В.Б.// Науково-технічний збірник “Вісник Національного транспортного університету, НТУ. –2021. –№ 3(50).– С. 3-11].
4. Дембіцький Валерій. Дослідження енергетичних показників транспортних засобів з електричним приводом. Монографія / за заг. ред. Д.В. Ломотька. – Академія технічних наук України.– Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г.М. – 2022. Т1 – 216 с. (с. 77 – 114).
5. Багач Р.В. Перспективи подальшого вдосконалення акумуляторних батарей для електромобілів /Р.В. Багач//Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців: наук. пр. Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 27–29 жовт. 2021 р./Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. ХНАДУ. – С. 293–294 –Харків, 2021.–С. 346–349.
6. Войтків С. В. Оцінка доцільності створення міських електробусів Типу ONC-C з колісною формулою бх4.1. Матеріали XI Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 13-14 квітня 2023 року: збірник наукових праць /Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – 366 с.-С 82
7. Гайдамака В., Іванов Л. Акумуляторні батареї. Вплив на життєвий цикл акумуляторної батареї Виробництво & Мехатронні Системи 2022: матеріали VI-ої Міжнародної конференції, Харків, 21-22 жовтня 2022 р.: тези доповідей / [редкол.І .Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк],2022.-136 с.-С.51
8. Fabio Widmer, Andreas Ritter, Pol Duhr, Christopher H. Onder [2022]. Battery lifetime extension through optimal design and control of traction and heating systems in hybrid drivetrains. eTransportation. Volume 14, November 2022, 100196. <https://doi.org/10.1016/j.etrans.2022.100196>
9. Harald Helander, Maria Ljunggren [2023] Battery as a service: Analysing multiple reuse and recycling loops. Resources, Conservation and Recycling. Volume 197, October 2023, 107091. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107091>
10. Maria Anna Cusenza, Silvia Bobba, Fulvio Ardente, Maurizio Cellura, Franco Di Persio [2019] Energy and environmental assessment of a traction lithium-ion battery pack for plug-in hybrid electric vehicles. Journal of Cleaner Production. Volume 215, 1 April 2019, Pages 634-649. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.056>
11. Wenqi Wu, Nan Cong, Xueli Zhang, Qian Yue, Ming Zhang [2023] Life cycle assessment and carbon reduction potential prediction of electric vehicles batteries. Science of The Total Environment. Volume 903, 10 December 2023, 166620 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166620>

REFERENCES

1. Zhukov O.A., & Dotsenko V.M. (2023) Do pytan vprovadjennya dжерel rozoseredjenoї generatsii v systemi elektropostachannya ob'ektiv infrastruktury elektrottransportu. [To the issues of introducing sources of distributed generation in the power supply system of electric transport infrastructure objects]. V. H. Daleka, N. I. Kulbashna, A. V. Kovalenko [Eds.]. *Svitovi tendetsii resursozberjennya na electrychnomu transporti.-World trends of resource conservation in electric transport: Proceeding of the All-Ukrainian scientific and practical conference*, (pp.225-P.82-83) October 25-27, 2023, Kharkiv: XNUMX named after O. M. Beketova [in Ukrainian].
2. Voitkiv S.V. (2023) Napryamy energozberjennya u myskomu eletrobusnomu transporty. [Directions of energy saving in urban electric bus transport]. V. H. Daleka, N. I. Kulbashna, A. V. Kovalenko [Eds.]. *Svitovi tendetsii resursozberjennya na electrychnomu transporti -World trends of resource conservation in electric transport: Proceeding of the All-Ukrainian scientific and practical*

conference, (pp.225-P.3) October 25-27, 2023, Kharkiv: XNUMX named after O. M. Beketova [in Ukrainian].

3. Andrusenko S.I. (2021) *Metematychna model enegytychnoi yemnosti tyagovoi akumulyatornoi batarei* [Mathematical model of the energy capacity of the traction battery] / Andrusenko S.I., Budnychenko V.B. // *Naukovo-Tekhnichniy zbirnyk "Vysnyk Natsionalnogo transportnogo universitetu" NTU- Scientific and technical collection "Bulletin of the National Transport University, - 3(50)- 3-11. NTU..Kyiv. [in Ukrainian].*

4. Valery Dembytskyi. (2022). *Doslidjennya energetychnykh pokaznykiv traspotnykh zasobiv z elektrychym pryvodom* [Research of energy indicators of vehicles with an electric drive]. Monograph / by general ed. D.V. Lomotka – (pp 1 - 77-P.114). Publisher H.M. Kushnir *Akademiya Tekhnychnykh nauk Ukrainy.- Academy of Technical Sciences of Ukraine. – Ivano-Frankivsk:*

5. Bagach R.V. (2021) *Perspektyvy podalshogo vdoskonalennya akumulyatornykh batarei dlya elektromobiliv*. [Prospects for further improvement of batteries for electric vehicles]/R.V. Bagach//*Novitny tekhnologii v avtomobilebuduvanni, transporti i pry pidgotovtsi fakhivtsiv,-The latest technologies in automobile manufacturing, transport and in the training of specialists: Proceedings of the Materials International science and practice conference (pp.460-P.346-349), October 27–29 2021/Kharkiv. national automobil.-dor. University. [in Ukrainian].*

6. Voitkiv S.V. (2023) *Otsinka dotsilnosti stvorennya myskikh elektobusiv Typu ONC-C z kolisnoyu formuloyu 6x4.1.* [Feasibility assessment of creating urban electric buses of the ONC-C type with a wheel formula of 6x4.1.] Collection of scientific works / Ministry of Education and Science of Ukraine. *Problemy ta perspektyvi rozvytku avtomobilnogo transportu. - Problems and prospects of automotive development of transport.* Proceedings of the Materials of the 11th International Scientific and Technical Internet conference (pp.366-P.346-349), April 13-14, 2023, Vinnytsia National technical university [etc.]. – Vinnytsia: VNTU. [in Ukrainian].

7. Haydamaka V., Ivanov L. (2022) *Akumulyatorny batarei. Vplyv na jyttyevyi tsykl akumulyatornoi batarei.* [Accumulator batteries. Impact on the life cycle of the battery]. Theses of Reports [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor) [electronic version]. *Vyrobnytstvo&Mekhatronny systemy2022- Manufacturing & Mechatronic Systems 2022: Proceedings of VIst International Conference, Kharkiv, October 21-22,2022, (pp.136-P.51) Kharkiv National University of Radioelectronic.NURE [in Ukrainian].*

8. Fabio Widmer, Andreas Ritter, Pol Duhr, Christopher H. Onder [2022]. Battery lifetime extension through optimal design and control of traction and heating systems in hybrid drivetrains. *eTransportation. Volume 14, November 2022, 100196. https://doi.org/10.1016/j.etrans.2022.100196*

9. Harald Helander, Maria Ljunggren [2023] Battery as a service: Analysing multiple reuse and recycling loops. *Resources, Conservation and Recycling. Volume 197, October 2023, 107091. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107091*

10. Maria Anna Cusenza, Silvia Bobba, Fulvio Ardente, Maurizio Cellura, Franco Di Persio [2019] Energy and environmental assessment of a traction lithium-ion battery pack for plug-in hybrid electric vehicles. *Journal of Cleaner Production. Volume 215, 1 April 2019, Pages 634-649. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.056*

11. Wenqi Wu, Nan Cong, Xueli Zhang, Qian Yue, Ming Zhang [2023] Life cycle assessment and carbon reduction potential prediction of electric vehicles batteries. *Science of The Total Environment. Volume 903, 10 December 2023, 166620 https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166620*

РЕФЕРАТ

Будниченко В.Б. Метод обґрунтування ресурсу тягової акумуляторної батареї / В.Б. Будниченко, С.А. Харламов // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий, науково-виробничий журнал. – К.: НТУ, 2024. – Вип. 1 (58).

У статті розглянуті параметри та характеристики маршруту, які впливають на тривалість роботи тягової акумуляторної батареї транспортного засобу

Метою дослідження є розробка методу визначення терміну служби тягової акумуляторної батареї транспортного засобу, який здійснює пасажирські перевезення на міському маршруті

Об'єкт дослідження – тягова акумуляторно батарея, що забезпечує живлення електричного двигуна транспортного засобу який здійснює перевезення пасажирів на міському маршруті.

За результатами дослідження отримано математичні моделі ресурсу тягової акумуляторної батареї та її енергетичної ємності на початку експлуатації транспортного засобу на міському маршруті.

Результати дослідження мають практичне значення бо надають можливість виробнику транспортного засобу робити обґрунтований вибір енергетичної ємності тягової акумуляторної

батареї для заданих замовником характеристик маршруту та транспортної роботи де передбачається застосування нового транспортного засобу.

Стаття рекомендована для фахівців підприємств виробників транспортних засобів та експлуатаційних підприємства, які здійснюють їх переобладнання, зокрема тролейбусів з автономним ходом.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ТЯГОВА БАТАРЕЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, МАРШРУТ, РЕСУРС, ЕНЕРГЕТИЧНА ЄМНІСТЬ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ.

ABSTRACT

Budnychenko V.B., Kharlamov S.A. Method of resource involvement Traction battery. Visnyk National Transport University. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific, scientific and industrial journal. – К.: NTU, 2024. – Issue 1 (58).

The article examines the parameters and characteristics of the route, which affect the duration of operation of the traction battery of the vehicle

The purpose of the study is to develop a method for determining the service life of the traction battery of a vehicle that carries out passenger transportation on an urban route

The object of the study is a traction battery that provides power to the electric motor of a vehicle that transports passengers on an urban route.

According to the results of the research, mathematical models of the resource of the traction battery and its energy capacity at the beginning of the operation of the vehicle on the city route were obtained.

The results of the study are of practical importance because they enable the vehicle manufacturer to make a reasonable choice of the energy capacity of the traction battery for the characteristics of the route and transport work specified by the customer where the new vehicle is expected to be used.

The article is recommended for specialists of enterprises that manufacture vehicles and operating enterprises that carry out their conversion, in particular trolleybuses with autonomous driving.

KEY WORDS: VEHICLE, TRACTION BATTERY, OPERATION, ROUTE, RESOURCE, ENERGY CAPACITY OF THE ACCUMULATORY BATTERY.
KEY WORDS: ELECTRIC TRANSPORT, TRACTION BATTERY, OPERATION, TROLLEY BUS WITH AUTONOMOUS MOTION, ACCUMULATORY BATTERY RESOURCE.

АВТОР:

Будниченко Валерій Борисович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, Національний транспортний університет, e-mail: budnrb@i.ua, тел. +380679318431, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 306, <https://orcid.org/0000-0002-1235-3781>

Харламов Станіслав Анатолійович, аспірант, наукова спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» Національний транспортний університет, e-mail: stanyslav.kharlamov@gmail.com, тел. +380992281768, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 306, <http://orcid.org/0009-0005-2358-850>

AUTHOR:

Valerii Budnychenko PhD in Engeneering, associate professor of the department of technical operation of cars and car service, National Transport University, e-mail: budnrb@i.ua, tel.+3800679318431, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovych-Pavlenko str. 1, of. 306, <https://orcid.org/0000-0002-1235-3781>

Kharlamov Stanyslav, postgraduate of scientific specialty 274 "Automotive transport", National Transport University, e-mail: stanyslav.kharlamov@gmail.com, tel. +380992281768, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovych-Pavlenko str. 1, of. 306, <http://orcid.org/0009-0005-2358-850>

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гвоздик Б.С., кандидат технічних наук, заступник директора ТОВ «БАС МОТОР», м. Луцьк, Україна

Поляков В.М., професор кафедри автомобілів, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна.

REVIEWERS:

Gvozdyk B.S., candidate of technical sciences, deputy director of BAS MOTOR LLC, Lutsk, Ukraine

Poljakov V.M., Professor of the Department of Automobiles, PhD in Technical Science, associate professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine.