

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМАМИ ОПАЛЕННЯ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ КЛАСУ І З ЕЛЕКТРИЧНОЮ ТЯГОВОЮ УСТАНОВКОЮ

Годованюк П.Д., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, pgodovanuk04@gmail.com, orcid.org/0000-0001-6331-8698

Будниченко І.В., Igor.v.budnichenko@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3073-4913

Лобода А.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, andreylloboda7@gmail.com, orcid.org/0000-0002-6956-3288

Кошарний М.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, kosarnijmikola@gmail.com, orcid.org /0000-0002-5969-4858

STUDY OF ENERGY CONSUMPTION BY HEATING AND AIR-CONDITIONING SYSTEMS OF A CLASS I VEHICLE WITH ELECTRIC TRACTIONAL UNIT

Godovanyuk P.D., Candidate of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, pgodovanuk04@gmail.com, orcid.org/0000-0001-6331-8698

Budnichenko I.V., Igor.v.budnichenko@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3073-4913

Loboda A.V., candidate of technical sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, andreylloboda7@gmail.com, orcid.org/0000-0002-6956-3288

Kosharny M.M., Candidate of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, kosarnijmikola@gmail.com, orcid.org /0000-0002-5969-4858

Постановка проблеми.

Покращення екологічного стану міст може бути досягнуто за рахунок використання електробусів та тролейбусів з автономним ходом замість автобусів.

Обґрунтований вибір тягової акумуляторної батареї для електробуса та тролейбуса не можливий без урахування витрат електроенергії різними системами транспортного засобу класу І.

Сучасний рухомий склад з тяговою електричною установкою, який отримують комунальні підприємства України, як правило, обладнаний лічильниками постійного струму, що дозволяє виконувати дослідження, спрямовані на обґрунтування обсягів витрат електроенергії різними системами транспортного засобу з електричною тяговою установкою, зокрема на власні потреби та оцінювати їх енергоефективність.

Аналіз відомих нам публікацій.

Основна частина досліджень, які були виконані в Україні, де об'єктом дослідження були транспортні засоби з електричною тяговою установкою, стосувалася наукового обґрунтування окремих параметрів транспортних засобів та їх систем.

Так, оцінка вартості експлуатації транспортних засобів з різними типами силових установок викладена в роботі [1].

Доцільність використання накопичувачів енергії в електромережах міського транспорту розглянуто в роботах [2, 3], а оптимізацію параметрів накопичувачів енергії в роботі [4].

В роботі [5] надано обґрунтування вибору основних параметрів автобуса з живленням від тягової акумуляторної батареї.

Питання витрат енергоносія на пасажирські перевезення розглядалися в минулі роки на підставі статистичної інформації щодо витрат енергії згідно показань лічильників змінного струму, які встановлені на тягових підстанціях і реєструють усі витрати на перетворення електроенергії змінного струму в постійний та передавання її від тягової підстанції до струмоприймача тролейбуса чи трамвайного вагона.

За раніше виконаними дослідженнями був розроблений метод оцінювання обсягів спожитої енергії з метою планування її витрат на запланований період часу для підприємства та викладений в роботі [6]. Крім того, методологія контролювання та управління витратами енергії, у разі наявності на рухомому складі лічильників постійного струму були викладені в роботі [7].

Зазначимо, що в усіх вище вказаних роботах витрати енергії розглядалися у сукупності без поділу їх на складові, від яких залежить загальне енергоспоживання транспортного засобу.

Обґрунтування частки енергії, яка використовується у разі задіяння систем забезпечення комфорту пасажирів та водія в загальному обсязі енергії, яка використовується на власні потреби

транспортного засобу класу I, надає можливість більш точно визначати необхідну ємність тягової акумуляторної батареї за умови, що ця частка витрат не є сталою і має закон розподілу, який доцільно визначити.

Метою даного дослідження є визначення частки витрат енергії системами забезпечування комфорту пасажирів та водія в загальному обсязі витрат на власні потреби транспортного засобу класу I з електричною тяговою установкою.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Загальне споживання електричної енергії транспортним засобом має такі складові:

– кількість енергії, яка використовується тяговим приводом для створення кінетичної енергії транспортного засобу;

– кількість енергії, яка використовується транспортним засобом на власні потреби, а саме для живлення електричного приводу компресора та підсилювача керма, систем опалення, вентиляції, освітлення та зовнішніх світлових приладів.

В загальному випадку витрати на власні потреби можна поділити на дві групи:

– витрати на живлення систем, що впливають на безпечність експлуатації транспортного засобу, до яких відноситься пневматична система, системи кермування, зовнішнього освітлення та світлової сигналізації (група «А»);

– витрати на живлення систем, що забезпечують комфорт пасажирів та водія, до яких відносяться системи опалення, кондиціонування, внутрішнього освітлення (група «Б»).

В будь якому випадку споживання енергії цими групами не залежить від кількості енергії, яка споживається на створення кінетичної енергії транспортного засобу.

Якщо живлення систем групи «А» залежить від режиму руху транспортного засобу, то системи групи «Б» залежать тільки від температурного стану довкілля та протяжності світлого часу доби в регіоні, де експлуатується транспортний засіб.

Тому для дослідження середніх витрат на власні потреби транспортного засобу з електричною тяговою установкою було вибрано місто в центральній частині України на транспортному засобі, частка якого найбільша в загальному парку транспортних засобів класу I з електричною тяговою установкою.

Так, для оцінювання частки витрат енергії на власні потреби були організовані спостереження за показами лічильників постійного струму, що встановлені на 12-метрових тролейбусах типу «Богдан» Т70117, що експлуатуються у м. Вінниця.

Вибір тролейбуса Т70117 не випадковий, бо саме ці тролейбуси мають віртуальні лічильники постійного струму на пульті водія (див. рис. 1), які і дозволяють для досліджень отримати необхідну інформацію.

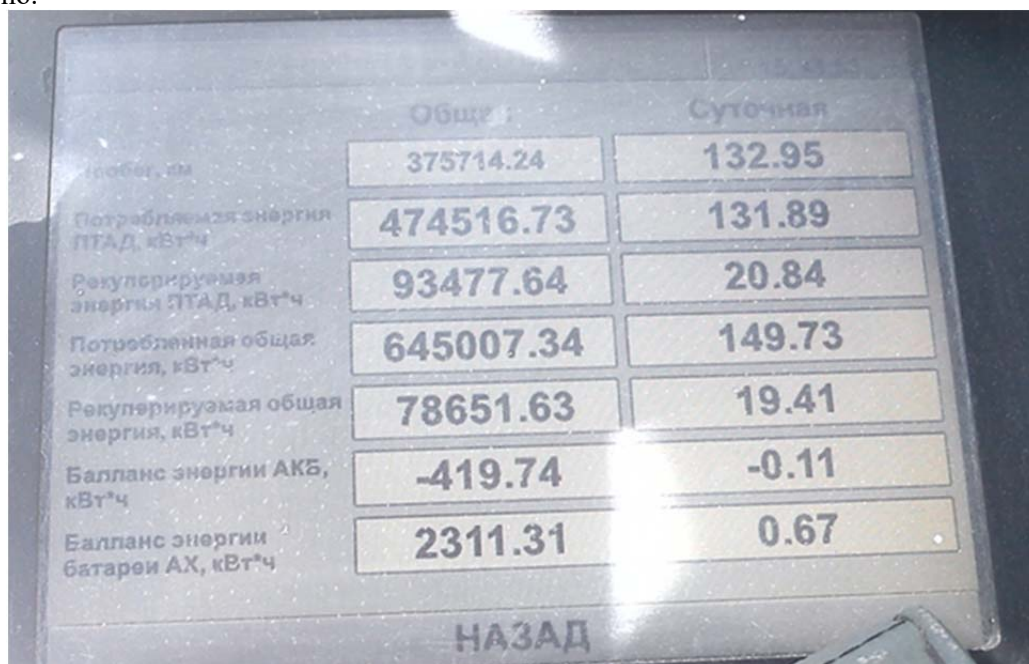


Рисунок 1 – Віртуальний лічильник електроенергії на панелі водія тролейбуса Богдан Т70117
Figure 1 – Virtual electricity meter on the driver's panel of the Bohdan T70117 trolleybus

Ця інформація надається за два періоди часу – від початку експлуатації тролейбуса та за добу і включає кількість:

- спожитої енергії тяговим перетворювачем (далі ПТАБ), яка використана для створення кінетичної енергії тролейбуса за періоди його розгону до заданих водієм швидкостей, яка зменшена на кількість рекуперованої енергії;
- рекуперованої енергії, яка є результатом перетворення кінетичної енергії тролейбуса в електричну під час електродинамічного гальмування;
- спожитої енергії тролейбусом із контактної мережі, яка зменшена на кількість рекуперованої енергії в контактну мережу.

Загальні характеристики отриманих вибірок даних щодо показів віртуальних лічильників подані у табл. 1.

Таблиця 1 – Загальні характеристики вибірок даних

Table 1 – General characteristics of data samples

Тривалість реєстрації даних	Кількість маршрутів	Кількість задіяних тролейбусів	Розмір вибірки
З початку експлуатації	Усі	38	36
За добу	Усі	34	27

Інформація щодо витрат енергії була отримана для тролейбусів, що виконали різний обсяг транспортної роботи. Для приведення до однакових умов був застосований показник питомих витрат, який був обчислений так:

$$E_{ВП} = \frac{(E_{КС}^c + E_{КС}^p) - (E_{ПТАБ}^c + E_{ПТАБ}^p)}{L} \quad (1)$$

де $E_{КС}^c$ – кількість спожитої енергії з контактної мережі, що зменшена на кількість рекуперованої, кВт*год;

$E_{КС}^p$ – кількість рекуперованої енергії в контактну мережу, кВт*год;

$E_{ПТАБ}^c$ – кількість енергії, яку спожив ПТАБ для створення кінетичної енергії тролейбуса;

$E_{ПТАБ}^p$ – кількість рекуперованої енергії ПТАБ під час електродинамічного гальмування тролейбуса.

Згідно отриманих даних питомі витрати електроенергії на власні потреби транспортного засобу мають мінливий характер (див. табл. 2), тому для визначення їх довірчих границь було виконано перевіряння можливості використання нормального закону розподілу.

Таблиця 2 – Загальні характеристики питомих витрат енергії на власні потреби

Table 2 – General characteristics of specific energy consumption for own needs

Тривалість реєстрації даних	Середнє значення, (кВт*год)/км	Дисперсія	Стандартне відхилення	Фактичне мінімальне значення, (кВт*год)/км	Фактичне максимальне значення, (кВт*год)/км
З початку експлуатації	0,414639	0,003175	0,056349	0,242649	0,527356
За добу	0,185663	0,002204	0,046944	0,12343	0,289931

Результати перевіряння свідчать, що з ймовірністю 0,99 обидві вибірки мають нормальний закон розподілу, оскільки розбіжність між емпіричним та теоретичним розподілом (див. рис. 2 та 3) незначна, бо обчислені значення критерію хі-квадрат (χ^2) не перевищують критичне значення (див. табл. 3).

Як видно з табл. 2, отримані середні значення та дисперсії для вибірок питомих витрат енергії різняться, що потребує обґрунтування того, що ця різниця суттєва або ні.

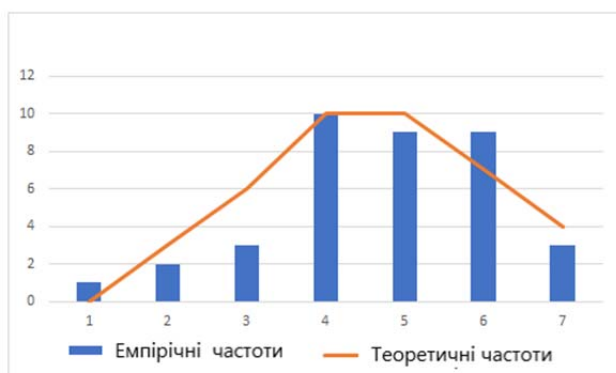


Рисунок.2 – Розподіл емпіричних та теоретичних частот для тривалого періоду часу

Figure 2 – Distribution of empirical and theoretical frequencies for a long period of time

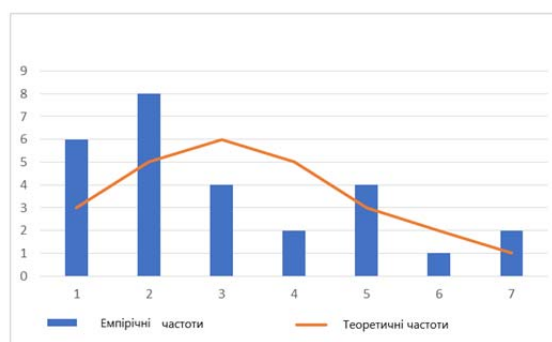


Рисунок 3 – Розподіл емпіричних та теоретичних частот для тривалого періоду часу

Figure 3 – Distribution of empirical and theoretical frequencies for a long period of time

Таблиця 3 – Значення критерію хі-квадрат (χ^2)

Table 3 – The value of the chi-square criterion (χ^2)

Тривалість реєстрації даних	Обчислене значення χ^2	Кількість ступенів вільності	Критичне значення χ^2 для 0,99 рівня ймовірності
З початку експлуатації	2,76	1	6,6
За добу	6,1	1	6,6

Оскільки обидві вибірки питомих витрат енергії на власні потреби мають нормальний закон розподілу, то обчислення їх довірчих границь були виконані за методикою ДСТУ ISO 2602 [9] та подані у табл. 4.

Таблиця 4 – Довірчі границі для вибірок питомих витрат енергії та їх середніх значень

Table 4 – Confidence limits for samples of specific energy consumption and their average values

Тривалість реєстрації даних	Довірчі границі для вибірки				Довірчі границі для середнього значення			
	Довірчий рівень 0,95		Довірчий рівень 0,99		Довірчий рівень 0,95		Довірчий рівень 0,99	
	Міні-мальне значення	Макси-мальне значення	Міні-мальне значення	Макси-мальне значення	Міні-мальне значення	Макси-мальне значення	Міні-мальне значення	Макси-мальне значення
З початку експлуатації	0,3002	0,5290	0,2612	0,5681	0,3956	0,4337	0,3891	0,4402
За добу	0,0893	0,2820	0,0556	0,3157	0,1671	0,2042	0,1606	0,2107

За критерій оцінки ступеню близькості дисперсій було взято відношення вибірових дисперсій F , яке підпорядковується розподілу Фішера.

Для отриманих значень дисперсії двох вибірок, обчислене значення критерію F дорівнює 1,44, в той час як його критичне значення для 36 та 27 ступенів вільності дорівнює 1,82. Тобто можна вважати дисперсії рівними з ймовірністю 0,95.

Для порівняння середніх значень вибірок з рівними дисперсіями генеральних сукупностей доцільно перейти до об'єднаної оцінки вибірових дисперсій, яка обчислюється так:

$$S^2 = \frac{(n-1) \cdot S_n^2 + (m-1) \cdot S_m^2}{n+m-2} \quad (2)$$

де S_n^2, S_m^2 – дисперсії вибірок, що розглядаються;
 n, m – розміри вибірок.

Критерій Стюдента, який використовується для прийняття рішення щодо рівності чи нерівності середніх значень вибірок для цього випадку, обчислений так:

$$t = \frac{\bar{A} - \bar{B}}{s \cdot \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}} \quad (3)$$

де $\bar{A}, \bar{B}$ – середні значення вибірок

Кількість ступенів вільності, у разі об'єднання дисперсій, обчислюється за такою формулою:

$$v = n + m - 2$$

Результати обчислення критерію Стюдента та його критичне значення для $v = n + m - 2$ ступенів вільності подані у таблиці 5.

Таблиця 5 – Результати обчислення
Table 5 – Calculation results

Значення об'єднаної оцінки вибірових дисперсій	Обчислене значення критерію Стюдента оцінки вибірових дисперсій	Кількість ступенів вільності оцінки вибірових дисперсій	Критичне значення критерію Стюдента для довірчого рівня:	
			95%	99%
0,002761	17,11628	63	1,99	2,66

Як видно із табл.5, обчислене значення критерію Стюдента перевищує його критичне значення, що свідчить про нерівність середніх значень двох вибірок.

Нерівність середніх значень двох вибірок питомих витрат енергії на власні потреби транспортного засобу пов'язана з різними термінами виконання спостережень. Так, середнє значення довготривалих спостережень перевищує добові, бо вони мають додаткові витрати на забезпечення комфорту пасажирів в зимовий та літній період часу. Короткотермінові спостереження виконувалися протягом доби, коли під час руху тролейбусів не було потреби задіяти системи, що забезпечують комфортні умови пасажирів та водію.

Це дає можливість оцінити вплив систем забезпечення комфорту пасажирів та водія на загальні витрати на власні потреби транспортного засобу, як різницю середніх між вибірками даних за довготерміновий та добовий період спостереження, приведену до пробігу за періоди часу, які були розглянуті (див.табл.6).

Таблиця 6 – Значення складових питомих витрат енергії на власні потреби
Table 6 – The value of the components of specific energy consumption for own needs

Середнє значення питомих витрат на власні потреби, кВт*год/км		Витрати на живлення систем комфорту, кВт*год/км	Частка витрат на системи комфорту в загальному обсязі витрат на власні потреби, %
З витратами на системи комфорту	Без витрат на системи комфорту		
0,414639	0,185663	0,228976	55

Оскільки частка витрат на живлення систем комфорту також є мінливою, то було виконано оцінювання можливості застосування нормального закону розподілу для визначення її довірчих границь. Результати перевіряння свідчать, що з ймовірністю 0,99 частка витрат підпорядковується нормальному закону розподілу, адже розбіжність між емпіричним та теоретичним розподілом (див.рис.4) незначна, бо обчислені значення критерію хі-квадрат (χ^2) не перевищують критичне значення (див.табл.7).

Як видно із таблиці 8, частка витрат на живлення систем комфорту може доходити до 85% від загальних витрат на живлення власних потреб транспортного засобу класу І з електричною тяговою установкою.

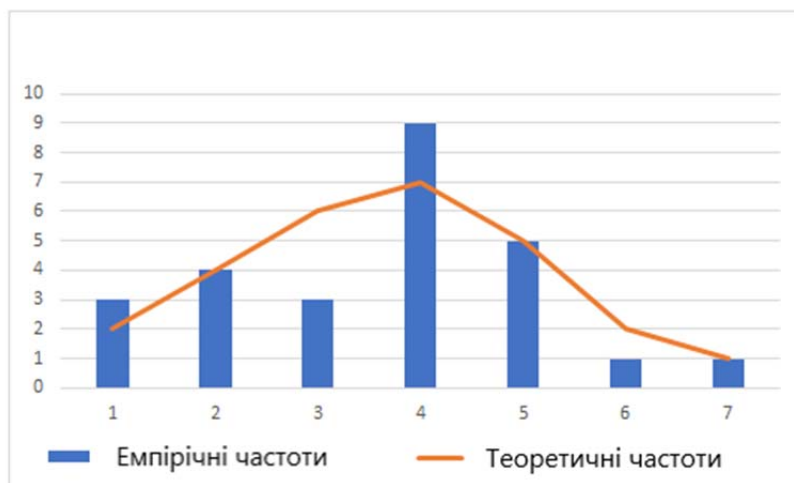


Рисунок 4 – Розподіл емпіричних та теоретичних частот частки витрат на живлення систем комфорту.
Figure 4 – Distribution of empirical and theoretical frequencies of the share of costs for powering comfort systems.

Таблиця 7 – Значення критерію хі-квадрат (χ^2) для частки витрат на живлення систем комфорту від загальних витрат на власні потреби

Table 7 – The value of the chi-square criterion (χ^2) for the share of costs for powering comfort systems from total costs for own needs

Обчислене значення χ^2	Кількість ступенів вільності	Критичне значення χ^2 для 0,95 рівня ймовірності	Критичне значення χ^2 для 0,99 рівня ймовірності
2,57	1	3,8	6,6

Результати обчислення довірчих границь для частки витрат на живлення систем комфорту від загальних витрат на живлення власних потреб транспортного засобу класу I подані у таблиці 8.

Таблиця 8 – Результати обчислення частки витрат на живлення систем комфорту

Table 8 – Results of the calculation of the share of costs for the power supply of comfort systems

Середнє значення		Довірчі границі для середнього значення				Довірча границя для вибірки, не більше		
		Для довірчого рівня 95%		Для довірчого рівня 99%		Для довірчого рівня 95%	Для довірчого рівня 99%	
		мін	макс	мін	макс			
кВт*год/км	0,569	0,332	0,805	0,249	0,888	0,764	3	0,853
%	57	33,2	80,5	24	89	76		85

Висновки та перспективи подальшого дослідження

В результаті дослідження визначено, що витрати енергії на живлення власних потреб транспортного засобу, систем, що забезпечують комфорт пасажирів та водія, а також їх частки в загальних витратах на живлення власних потреб підпорядковуються нормальному закону розподілу.

Частка витрат енергії на живлення систем забезпечення комфорту пасажирів та водія становить в середньому 57% від загальної кількості енергії, яка споживається на власні потреби транспортного засобу класу I з електричною тяговою установкою і може доходити до 85%.

Значна частка витрат на живлення систем, що забезпечують комфорт пасажирів та водія, має сприяти виконанню досліджень та розроблення за їх результатами енергоефективних систем забезпечення комфорту пасажирів та водія.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Андрусенко С.І. Оцінка вартостей експлуатації транспортних засобів з різними типами силових установок / Андрусенко С.І., Бугайчук О.С., Лобода А.В., Савостін-Косяк Д.О. // Технічна

інженерія: науковий журнал. – Ж.: Державний університет «Житомирська політехніка», 2020. – №2 (86) – С.3 – 12.

2. Андрусенко С.І. Обґрунтування доцільності використання накопичувачів енергії в електромережах міського транспорту та домогосподарств / С.І. Андрусенко, О.С. Бугайчук, В.Б. Будниченко, В.С. Подпіснєв // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2020. – Вип. 1 (46). – С. 10

3. Андрусенко С.І. Математична модель енергетичної ємності тягової акумуляторної батареї / С.І. Андрусенко, В.Б. Будниченко, В.С. Подпіснєв // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2021. – Вип. 3 (50)). – С. 3–10. – (doi.org/10.33744/2308-6645-2021-3-50-003-010).

4. Андрусенко С.І. Оптимізація параметрів тягової акумуляторної батареї у тролейбусах із частковим автономним ходом / С.І. Андрусенко, В.Б. Будниченко, В.С. Подпіснєв // Науково-виробничий журнал «Автошляховик України» (Автомобільний транспорт). – 2021. – № 3 (267)'2021. – С. 15–21. – (doi.org/10.33868/0365-8392-2021-3-267-15-21).

5. Войтків С. В. Методика оптимізації основних технічних параметрів перспективних міських електробусів типу ОНС/ Войтків С. В. // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології – 2021. – № 20. – С.6-17. –ORCID: 0000-0002-7789-2081

6. Витрати електроенергії трамвайними вагонами та тролейбусами. Нормативи. Метод розрахунку: ГКН 02.07.005-2001. – [Чинний від 2002-01-01]. Київ: ДП НДКТИ МГ, 2002. – 28 с. – (Державний комітет житлово-комунального господарства України).

7. Вимоги до методів визначення та оптимізації витрат електроенергії трамвайними вагонами та тролейбусами на рух: СОУ ЖКГ 09.05 - 009:2010.–[Чинний від 2010-05-01]. Київ: ДП НДКТИ МГ, 2010. – 27 с. – (Державний комітет житлово-комунального господарства України).

8. Опря А.Т. Статистика. Математична статистика. Теорія статистики. Навчальний посібник.- Київ: Центр навчальної літератури, 2005.-472с.

9. Подання результатів випробування статистичне. Оцінювання середнього значення. Довірчий інтервал (ISO 2602:1980, IDT): ДСТУ ISO 2602:2006. – [Чинний від 2007-10-01]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2009. – 7 с. – (Національний стандарт України).

10.И.Ликеш, Й.Ляга Основные таблицы математической статистики/Пер. с чешского. - М:Фиансы и статистика, 1985.- 356 с.

REFERENCES

1. Andrusenko S.I. Estimation of operating costs of vehicles with different types of power plants / Andrusenko S.I., Bugaichuk O.S., Loboda A.V., Savostin-Kosyuk D.O. // Technical engineering: scientific journal. - Zh.: Zhytomyr Polytechnic State University, 2020. - No. 2 (86) - P.3 - 12.

2. Andrusenko S.I. Justification of the expediency of using energy storage devices in the power grids of urban transport and households / S.I. Andrusenko, O.S. Bugaichuk, V.B. Budnychenko, V.S. Podpisnov // Bulletin of the National Transport University. Series "Technical Sciences". Scientific and technical collection. - K.: NTU, 2020. - Issue 1 (46). - p. 10

3. Andrusenko S.I. Mathematical model of the energy capacity of the traction battery / S.I. Andrusenko, V.B. Budnychenko, V.S. Podpisnov // Bulletin of the National Transport University. Series "Technical Sciences". Scientific and technical collection. - K.: NTU, 2021. - Issue 3 (50)). – P. 3–10. – (doi.org/10.33744/2308-6645-2021-3-50-003-010).

4. Andrusenko S.I. Optimization of traction battery parameters in trolleybuses with partial autonomous operation / S.I. Andrusenko, V.B. Budnychenko, V.S. Podpisnov // Research and production journal "Automobile of Ukraine" (Automotive transport). – 2021. – No. 3 (267)'2021. – pp. 15–21. – (doi.org/10.33868/0365-8392-2021-3-267-15-21).

5. Voitkiv S.V. Methodology for optimizing the main technical parameters of promising urban electric buses of the ОНС type / Voitkiv S.V. // Automobile and electronics. Modern technologies - 2021. - No. 20. - P.6-17. – ORCID: 0000-0002-7789-2081

6. Electricity consumption by tram cars and trolleybuses. Norms. Calculation method: GKN 07.02.005-2001. .-[Effective from 2002-01-01]. Kyiv: SE NDKTI MG, 2002. – 28 p. - (State Committee of Housing and Communal Economy of Ukraine).

7. Requirements for methods of determining and optimizing the consumption of electricity by tram cars and trolleybuses for traffic: SOU ZHCG 09.05 - 009:2010.– [Effective from 2010-05-01]. Kyiv: SE NDKTI MG, 2010. – 27 p. - (State Committee of Housing and Communal Economy of Ukraine).

8. Oprya A.T. Statistics. Mathematical statistics. Theory of statistics. Study guide.-Kyiv: Center for educational literature, 2005.-472p.

9. Submission of test results is statistical. Estimating the mean value. Confidence interval (ISO 2602:1980, IDT): DSTU ISO 2602:2006. – [Effective from 2007-10-01]. - Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2009. - 7 p. – (National Standard of Ukraine).

10. I. Likesh, Y. Lyaga Basic tables of mathematical statistics/Trans. from Czech - M: Fiance and statistics, 1985.- 356 p.

РЕФЕРАТ

Годованюк П.Д. Дослідження витрат енергії системами опалення та кондиціонування транспортного засобу класу І з електричною тяговою установкою / П.Д. Годованюк, І.В. Будниченко, А.В.Лобода, М.М. Кошарний // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К.: НТУ, 2023. – Вип. 1 (55).

У даній науковій статті опрацьовано теоретичний матеріал на тему: Дослідження витрат енергії системами опалення та кондиціонування транспортного засобу класу І з електричною тяговою установкою», визначено частку витрат енергії, яка приходить на системи опалення та кондиціонування в загальному обсязі витрат енергії на власні потреби транспортного засобу класу І з електричною тяговою установкою та закони розподілу цих величин.

Об'єкт дослідження – тролейбуси типу «Богдан» Т70117, що експлуатуються у м. Вінниця. .

Мета роботи – є визначення частки витрат енергії системами забезпечування комфорту пасажирів та водія в загальному обсязі витрат на власні потреби транспортного засобу класу І з електричною тяговою установкою.

Метод дослідження – оцінювання частки витрат енергії на власні потреби, що були організовані спостереження за показами лічильників постійного струму, які встановлені на 12-метрових тролейбусах типу «Богдан» Т70117, що експлуатуються у м. Вінниця.

Згідно отриманих даних, щодо показів віртуальних лічильників, які подані у таблицях, було підраховано витрати енергії на власні потреби 12-метрових тролейбусів типу «Богдан» Т70117.

В результаті дослідження визначено, що витрати енергії на живлення власних потреб транспортного засобу, систем, що забезпечують комфорт пасажирів та водія, а також їх частки в загальних витратах на живлення власних потреб підпорядковуються нормальному закону розподілу.

Частка витрат енергії на живлення систем забезпечення комфорту пасажирів та водія становить в середньому 57% від загальної кількості енергії, яка споживається на власні потреби транспортного засобу класу І з електричною тяговою установкою і може доходити до 85%.

Значна частка витрат на живлення систем, що забезпечують комфорт пасажирів та водія, має сприяти виконанню досліджень та розроблення за їх результатами енергоефективних систем забезпечення комфорту пасажирів та водія.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, ВЛАСНІ ПОТРЕБИ, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ТЯГОВА УСТАНОВКА, ЗАКОН РОЗПОДІЛУ, ТРОЛЕЙБУС.

ABSTRACT

Godovanyuk P.D., Budnychenko I.V., Loboda A.V., Kosharnyi M.M. Research of energy consumption by heating and air-conditioning systems of a class I vehicle with an electric traction unit. Visnyk National Transport University. Series «Technical Sciences». Scientific journal. – Kyiv: National Transport University, 2023. – Issue 1 (55).

This scientific article elaborates theoretical material on the topic: Study of energy consumption by heating and air conditioning systems of a class I vehicle with an electric traction unit", the share of energy consumption that falls on heating and air conditioning systems in the total amount of energy consumption for the own needs of a class I vehicle is determined And with an electric traction unit and the distribution laws of these quantities.

The object of the study is "Bohdan" type T70117 trolleybuses operated in Vinnytsia. .

The purpose of the work is to determine the share of energy consumption by passenger and driver comfort systems in the total amount of expenses for own needs of a Class I vehicle with an electric traction unit.

The research method is to estimate the share of energy consumption for own needs, which was organized by observing the readings of direct current meters installed on 12-meter trolleybuses of the "Bogdan" type T70117 operated in the city of Vinnytsia.

According to the received data, in relation to the readings of the virtual counters, which are presented in the tables, the energy consumption for the own needs of 12-meter trolleybuses of the "Bogdan" type T70117 was calculated.

As a result of the study, it was determined that energy costs for powering the vehicle's own needs, systems that ensure the comfort of passengers and the driver, as well as their shares in the total costs for powering own needs are subject to the normal law of distribution.

The share of energy consumption for powering passenger and driver comfort systems is on average 57% of the total amount of energy consumed for the own needs of a class I vehicle with an electric traction unit and can reach 85%.

A significant share of the costs of powering systems that ensure the comfort of passengers and the driver should contribute to the implementation of research and development based on their results of energy-efficient systems to ensure the comfort of passengers and the driver.

KEY WORDS: ELECTRICITY, OWN NEEDS, VEHICLE, TRACTION PLANT, DISTRIBUTION LAW, TROLLEY BUS.

АВТОРИ:

Годованюк Петро Дмитрович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: pgodovanuk04@gmail.com, тел.: +380505492210, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 410, orcid.org/0000-0001-6331-8698.

Будниченко Ігор Валерійович, інженер, приватний підприємець, e-mail: Igor.v.budnichenko@gmail.com, тел.: +380674655796, Україна, 04211, м. Київ, вул. Приозерна ба, кв. 177, orcid.org/0000-0003-3073-4913

Лобода Андрій Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: andreylloboda7@gmail.com, тел.: +380674663569, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 410, orcid.org/0000-0002-6956-3288

Кошарний Микола Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: kosarnijmikola@gmail.com, тел.: +380936600992, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 410, orcid.org/0000-0002-5969-4858.

AUTHORS:

Petro Dmytrovych Godovanyuk, candidate of technical sciences, associate professor, National Transport University, associate professor of the department of technical operation of cars and car service, e-mail: pgodovanuk04@gmail.com, phone: +380505492210, Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, k. 410, orcid.org/0000-0001-6331-8698.

Budnichenko Igor Valeryovych., engineer, private entrepreneur, e-mail: Igor.v.budnichenko@gmail.com, phone: +380674655796, Ukraine, 04211, Kyiv, Priozerna St. 6a, sq. 177, orcid.org/ 0000-0003-3073-4913

Andriy. Viktorovych Loboda, candidate of technical sciences, associate professor, National Transport University, associate professor of the department of technical operation of cars and car service, e-mail: andreylloboda7@gmail.com, phone: +380674663569, Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, k. 410, orcid.org/0000-0002-6956-3288

Mykola Mykolayovych Kosharny, candidate of technical sciences, associate professor, National Transport University, associate professor of the department of technical operation of cars and car service, e-mail: kosarnijmikola@gmail.com, phone: +380936600992, Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, k. 410, orcid.org/0000-0002-5969-4858.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Жаров Костянтин Сергійович, кандидат технічних наук, ДП «ДержавтотрансНДІпроект», начальник Центру оцінки відповідності КТЗ і наукових досліджень системи технічного регулювання, Київ, Україна.

Посвятенко Едуард Карпович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту і матеріалознавства, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Zharov Kostiantyn S., Candidate of Technical Sciences, State Enterprise «State Road Transport Research Institute», Head of the Center for Conformity Assessment of Vehicles and Research of the Technical Regulation System, Ukraine, Kyiv.

Posviatenko Eduard K., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of the Department of manufactures, repair and materials technology, Ukraine, Kyiv.