

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 621.316:656.1.025.2

В. В. АУЛІН^{1*}, І. О. ПЛОХОВ², Д. В. ГОЛУБ³

^{1*}Каф. «Експлуатація та ремонт машин», Кіровоградський національний технічний університет, просп. Університетський, 8, Кіровоград, 25006, тел. + 38 (095) 055 74 11, ел. пошта aulin52@mail.ru, ORCID 0000-0003-2737-120X

²Каф. «Експлуатація та ремонт машин», Кіровоградський національний технічний університет, просп. Університетський, 8, Кіровоград, 25006, тел. + 38 (095) 938 99 54, ел. пошта plokhov89@gmail.com, ORCID 0000-0002-0238-3645

³Каф. «Експлуатація та ремонт машин», Кіровоградський національний технічний університет, просп. Університетський, 8, Кіровоград, 25006, тел. + 38 (066) 516 80 74, ел. пошта dimchik_2004@mail.ru, ORCID 0000-0003-4984-1161

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРОЛЕЙБУСАМИ НА ОСНОВІ РІВНІВ СПОЖИТОЇ НИМИ ПОТУЖНОСТІ

Мета. В роботі розглянуті питання підвищення ефективності використання тролейбусів при перевезенні пасажирів на основі аналізу рівнів потужності споживаної електроенергії та коректування термінів їх технічного обслуговування (ТО). **Методика.** Для досягнення поставленої мети пропонується встановити відповідність потужності споживаної тролейбусом електроенергії перевезеній кількості пасажирів з урахуванням характеристик маршруту. При цьому основними показниками роботи тролейбуса є: швидкість руху на перегонах, кількість включень тягового двигуна, напруга та сила струму в мережі, які знімалися обліковцем з панелі приладів. Результати досліджень вносились в таблицю та фіксувалися відеореєстратором. Поряд з дослідженням витрати потужності споживаної тролейбусом електроенергії проводився й облік пасажиропотоку. **Результати.** Встановлено прямопропорційну залежність між рівнем спожитої тролейбусом енергії і кількістю перевезених пасажирів для незмінних характеристик маршруту. **Наукова новизна.** В якості критерію оцінки ефективності роботи тролейбусів на маршруті пропонується використовувати співвідношення між споживанням електроенергії та кількості перевезених пасажирів для даних характеристик маршруту. Експериментально це підтверджено. Отримані формули, які дають можливість збалансувати роботу сил і, відповідно, обсяг спожитої енергії при русі тролейбуса на підйом та на спуск. **Практична значимість.** Запропонований критерій можна використовувати для коректування термінів проведення ТО за індивідуальною програмою, тобто індивідуальне технічне обслуговування (ІТО). Вид виконуваних робіт при ІТО повинен визначатися на основі системи діагностичних даних транспортного засобу (ТЗ). Сформульовані принципи ІТО: 1) основною залишається планово-запобіжна стратегія виявлення і усунення пошкоджень і проведення технічних дій; 2) оперативне керування технічним станом ТЗ на основі прогнозування його стану за допомогою запропонованого критерію, що враховує залежність споживаної потужності від кількості пасажирів при визначених характеристиках маршруту; 3) індивідуальний підхід до оцінки технічного стану кожного конкретного ТЗ; 4) індивідуальне прогнозування періодичності ТО і технічного стану ТЗ.

Ключові слова: потужність; споживана електроенергія; тролейбус; моніторинг; пасажирські перевезення; характеристика маршруту

Вступ

Однією з найбільш суттєвих складових експлуатаційних витрат підприємств міського електротранспорту (МЕТ) є електроенергія [11].

doi 10.15802/stp2014/32645

У зв'язку з цим важливого значення набуває організація правильного планування витрат електроенергії, в основі якого лежать норми її споживання по різних складових. Виявлено, що основ-

© В. В. Аулін, І. О. Плохов, Д. В. Голуб, 2014

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

ним споживачем електроенергії на підприємствах МЕТ (90–95 %) є рухомий склад. Решта електроенергії витрачається в депо, в майстернях, під час ремонту різних механізмів і машин та інших технологічних потребах [7, 12].

Норма витрати електричної енергії – це плановий показник її питомого споживання. Як показник питомої витрати електроенергії доцільно застосовувати витрату електроенергії в кВт·год на 1 000 км транспортної роботи. Цей показник точно відображає енергетичні витрати на рух рухомого складу (РС) та на більшість інших процесів в експлуатації.

Нормуванню повинні підлягати усі витрати електричної енергії виробничо-експлуатаційних потреб, пов'язаних безпосередньо з перевезенням пасажирів, експлуатацією рухомого складу, систем електропостачання. Нормування електроенергії є однією із складових щодо її економії та ефективності використання електротранспорту [10].

Порівняння планових витрат з фактичними дозволяє проаналізувати і виявити напрями підвищення ефективності роботи електротранспорту по перевезенню пасажирів, раціонального розподілу пасажиропотоків та РС по маршрутній мережі міста.

Для вирішення питань зниження споживаної та визначення необхідної потужності, в першу чергу, слід виконати дослідження якісної структури споживачів електроенергії, а потім розробити систему цілеспрямованих заходів і впливу на споживачів з метою зниження рівня спожитої потужності і електроенергії МЕТ, наприклад тролейбусами [2]. Зазначене свідчить про необхідність створення системи моніторингу електроспоживання на підприємствах МЕТ.

Така система моніторингу на сьогодні відсутня. ТОВ «Слисаветградська транспортна компанія» (м. Кіровоград) веде облік споживання електроенергії з точки зору фінансових розрахунків, а дані по фактичній потужності кожного споживача (тролейбуса) у години максимуму енергоспоживання і пасажиропотоків та в інші періоди доби практично відсутні. Енергетичні обстеження на рівні РС не виконувалися і порівняльний аналіз даних не систематизувався і не зіставлявся. Тому є необхідність створення інформаційної системи, в яку були б внесені основні параметри електроспоживання (у тому числі потужність) по РС підприємства.

Потребує створення і база даних підприємства по використанню електроенергії РС в цілому. У базу необхідно включати показники, необхідні для порівняльного аналізу, контролю, нормування і прогнозу, по кожному з тролейбусу підприємства.

В першу групу показників, пов'язаних із споживанням енергоресурсів, включаються дані про фактичне споживання усіх енергоресурсів кожним тролейбусом. На першому етапі збирається інформація енергозатрат в години-пік, що є достатнім для первинного аналізу і рекомендацій. Надалі збір даних повинен йти систематично, з оптимальним періодом обстеження і охоплення всього парку РС [5].

Зазначимо, що відомості про споживання енергоресурсів самі по собі не дозволяють зробити висновки про ефективність їх використання, а тому у базі даних потрібна і друга група показників, що характеризують роботу РС. Так, наприклад, для тролейбуса – це кількість перевезених пасажирів, пасажиропотік та ін. Ці показники умовно називаються «технологічними» і по них можна встановлювати нормативи витрати енергоресурсів.

Створення бази даних – непросте, але у край необхідне завдання, без якого неможливе реальне здійснення енергозбереження. Частина даних може бути надана підприємством, наприклад ТОВ «Слисаветградською транспортною компанією», але повні відомості, і особливо за «технологічними» показниками, можуть бути отримані тільки безпосередньо на транспортних засобах (ТЗ). В зв'язку з цим важливо провести анкетування виділеної групи об'єктів і робити це слід постійно, щоб поповнювати базу даних.

Проведення моніторингу дозволить:

– визначити за нормативним принципом потенціал реального енергозбереження як для окремого ТЗ, так і по групах однотипних споживачів;

– здійснювати контроль за ефективністю використання споживаних ресурсів, організувати енергетичні обстеження, в першу чергу в ТЗ з максимальним споживанням [6];

– керувати процесом енергозбереження і регулювання максимуму навантаження, посилюючи нормування і поєднуючи його з ціновою і податковою політикою;

– організувати статистичний облік результатів енергозбереження;

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

– корегувати терміни проведення ТО тролейбуса.

Мета

Підвищення ефективності використання тролейбусів при перевезенні пасажирів на основі рівнів потужності споживаної електроенергії та корегування термінів їх технічного обслуговування.

Методика

Методика визначення залежності потужності споживаної електроенергії тролейбусом від перевезеної кількості пасажирів і характеристик маршруту. Обліком витрат електроенергії займалися Б. І. Грубер, В. А. Коровін, А. Г. Тішунов [13]. Вони здійснювали його шляхом вимірювання електричної потужності навантаження, перетворення сигналу електричної потужності в імпульсний сигнал з частотою дотримання імпульсів, пропорційної електричної потужності, а також підрахунку і реєстрації кількості цих імпульсів на транспортній одиниці (трамваї або тролейбусі).

Пристрій для реалізації цього способу містить перемножувач вхідної напруги і струму навантаження, перетворювач вихідного сигналу перемножувача в частоту, а також відліковий пристрій, що включає кроковий двигун і роликівий рахунковий механізм.

У відомому технічному рішенні вимірювання і реєстрація витрати електричної енергії здійснюються безпосередньо на транспортній одиниці [13], що не дає можливості здійснити індивідуальну об'єктивну оцінку витрати і економії електроенергії кожним водієм і відповідно ввести систему матеріальної зацікавленості водіїв в економії електроенергії.

Зазначеного недоліку не має запропонований спосіб обліку витрати електричної енергії на рухомому складі електричного транспорту шляхом виміру електричної потужності, споживаної тяговими електродвигунами ТЗ, перетворення сигналу електричної потужності в імпульсний сигнал з частотою дотримання імпульсів, пропорційній електричній потужності, підрахунку кількості цих імпульсів на ТЗ з одночасним формуванням сигналу управління рухом, а також наступного отримання даних про витрату електричної енергії шляхом реєстрації підрахованої кількості імпульсів в депо або в реєстраційному пункті.

Пристрій для реалізації відомого способу (лічильник ват-годин постійного струму для РС електричного транспорту) містить вимірювальний перетворювач, з'ємний відліковий блок, що включає кроковий двигун, роликівий рахунковий механізм і електричний роз'єм, що забезпечує з'єднання відлікового блоку і вимірювального перетворювача, причому електричний роз'єм на відліковому блоці містить контактну перемичку, яка комутує живлення в схемі управління ТЗ.

У способі і пристрої, що реалізовує його, забезпечується індивідуальний облік витрати електроенергії при роботі ТЗ з кожним водієм за рахунок застосування індивідуальних знімних відлікових блоків, реєстрація свідчень яких здійснюється не водієм на ТЗ, а в депо або іншому реєстраційному пункті.

При цьому для виключення неврахованої витрати електроенергії, здійснюється блокування руху трамвая або тролейбуса при знятому відліковому блоці. Це дозволяє отримати високу достовірність реєстрації показань лічильника за рахунок виключення суб'єктивного чинника – умисного зняття водієм відлікового блоку під час руху транспортної одиниці з метою отримання фіктивної економії електроенергії.

Проте введення заборони руху при знятому відліковому блоці знижує експлуатаційну надійність ТЗ. Втрата або вихід з ладу відлікового блоку, а також вихід з ладу ланцюгів управління рухом в лічильнику електроенергії призводять до збоїв в русі ТЗ на маршруті.

Крім того, неможливість руху ТЗ без відлікового блоку зумовлює необхідність застосування додаткових відлікових блоків перегінниками ТЗ, що викликає істотні незручності в експлуатації і призводить до дорожчання системи обліку витрати електроенергії.

Основні показники роботи тролейбуса, такі як швидкість руху ТЗ на перегонах, кількість включень тягового двигуна (ТД), напруга та сила струму в мережі знімались обліковцем з панелі приладів. Результати зводилися в таблицю, а також фіксувалися відеореєстратором.

Поряд з дослідженням витрати потужності споживаної електроенергії тролейбусом здійснювався й облік пасажиропотоку [1, 4, 16].

Специфіку послуг міського пасажирського транспорту багато в чому визначає характер попиту на них [3, 17]. При цьому процес надання транспортних послуг пасажиром є основою фор-

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

мування пасажиропотоків в місті. Пасажиропотоки, у свою чергу, є результатом задоволення попиту населення на транспортні пересування [1, 15].

На міському пасажирському транспорті в основному застосовують такі методи обстеження пасажиропотоків: звітно-статистичний, таблично-опитовий, рахунково-табличний, талонний, анкетний.

Таблично-опитовий метод обстеження здійснюється обліковцями, які розташовуються усередині тролейбуса біля кожних дверей. Окрім даних, що забезпечуються підрахунком пасажирів, цей метод дозволяє додатково отримати зведення про кореспонденції поїздок пасажирів між зупинними пунктами, дані про їх пересадки на інший вид транспорту або маршрут, а також зведення про своєчасність здійснення перевезень. Цей метод краще використовувати під час обстежень на довгих маршрутах.

Паралельно виконані дослідження дають змогу співставити дані та отримати результати залежності потужності споживаної електроенергії тролейбусом від перевезеної кількості пасажирів [7, 14]. Для більш точного результату необхідно враховувати й характеристики маршруту (спуски, підйоми) [8, 9]. За результатами досліджень, на прикладі тролейбусного маршруту № 10, можна бачити, що не всі ділянки маршруту мають прямолінійний характер.

Середню споживану потужність можна визначити по показниках роботи тролейбуса на перегонах (кількість включень ТД, сила струму, напруга) за формулою:

$$\bar{P}_j = \frac{\sum_{i=1}^n I_{ij} U n_{ij} \Delta t}{\sum_{i=1}^n n_{ij} \Delta t}, \quad (1)$$

де I_{ij} – сила струму; U – напруга; n_{ij} – кількість включень тягового двигуна (ТД); $\bar{\Delta t}$ – середній час включення ТД.

$\bar{\Delta t} = 4 \text{ с} = \text{const}$, що дозволяє переписати формулу (1) у такий вигляд:

$$\bar{P}_j = \frac{\sum_{i=1}^n I_{ij} U n_{ij}}{\sum_{i=1}^n n_{ij}}. \quad (2)$$

Для урахування характеру споживання потужності тролейбуса на ділянках з істотним кутом нахилу слід розглянути фізичну задачу про рух ТЗ на схилах підйому і спуску (рис. 1, а, б).

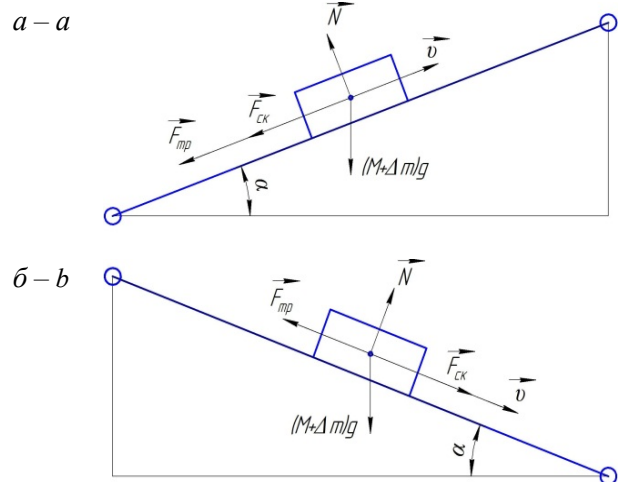


Рис. 1. Схема руху тролейбуса на підйом (а) та спуск (б)

Fig. 1. The scheme of trolley bus movement on the rise (a) and downhill (b)

Маса пасажирів, що перевозяться, визначається за формулою:

$$\Delta m = \bar{m}_q N_n, \quad (3)$$

де \bar{m}_q – усереднена маса одного пасажирів (75 кг);

N_n – кількість пасажирів у салоні тролейбуса.

Скочуюча сила та сила тертя визначаються за формулами:

$$F_{ck} = (M + \Delta m) g \sin \alpha \quad (4)$$

$$F_{mp} = (M + \Delta m) g \cos \alpha f_{mp}, \quad (5)$$

де M – маса тролейбуса (11 640 кг); $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; α – кут нахилу підйому (спуску); f_{mp} – коефіцієнт тертя.

Рівняння споживаної потужності тролейбусом на перегонах має вигляд:

$$\sum_{j=1}^n P_j \Delta t_j = F_{ck} L_{ij} + F_{mp} L_{ij} + \frac{(M + \Delta m) v^2}{2}, \quad (6)$$

де L_{ij} – довжина шляху на i – перегоні j – маршрута; v – швидкість руху тролейбуса;

$$P_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n P_j; \quad \Delta t_j = \Delta t.$$

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

Формула споживаної енергії тролейбуса, що рухається, має вигляд:

– на підйом:

$$P_{\Sigma} \Delta t = f_{mp} (M + \Delta m) g \cos \alpha L_j + (M + \Delta m) g \sin \alpha L_j + \frac{(M + \Delta m) v_j^2}{2}. \quad (7)$$

– на спуск:

$$P_{\Sigma} \Delta t = f_{mp} (M + \Delta m) g \cos \alpha L_j - (M + \Delta m) g \sin \alpha L_j + \frac{(M + \Delta m) v_j^2}{2}. \quad (8)$$

Результати

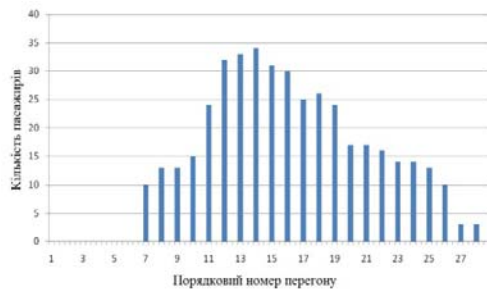
Дані про дослідження пасажиропотоку зібрані обліковцями, що знаходилися в салонах тролейбуса, заносяться в таблицю.

З попередніх даних розраховується кількість пасажирів, що знаходяться у салоні тролейбусів на перегонах, і визначається пасажиропотік.

Графічне відображення результатів дослідження пасажиропотоку наведено на рис. 2 *a, б*.

Зміна витрати споживаної потужності тролейбусом на перегонах по маршруту № 10 м. Кіровоград наведена на рис. 3, *a* та *б*.

a – a



б – б

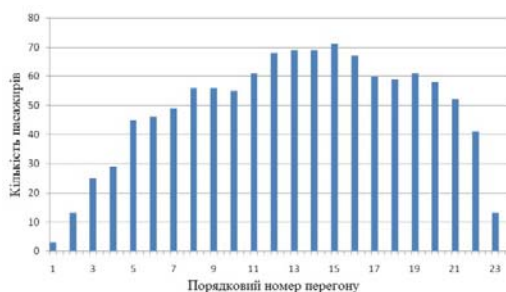
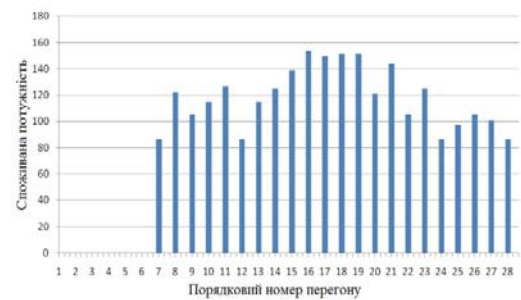


Рис. 2. Пасажиропотік у прямому (*a*) та зворотному (*б*) напрямках руху по маршруту № 10

Fig. 2. Passenger traffic in the forward (*a*) and return (*b*) directions on the route 10

doi 10.15802/stp2014/32645

a – a



б – б

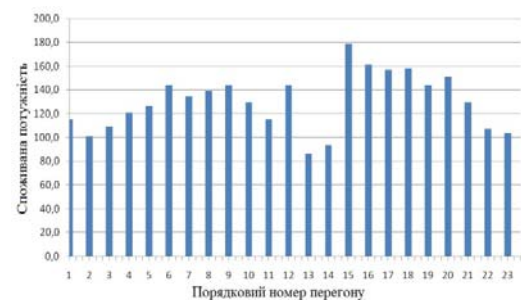
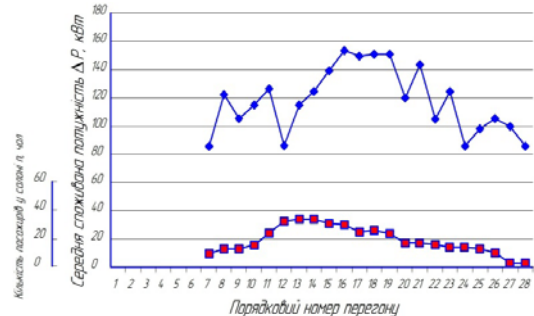


Рис. 3. Витрати потужності на перегонах у прямому (*a*) та зворотному (*б*) напрямках руху по маршруту № 10

Fig. 3. Power losses at the races on the forward (*a*) and reverse (*b*) directions on the route 10

a – a



б – б

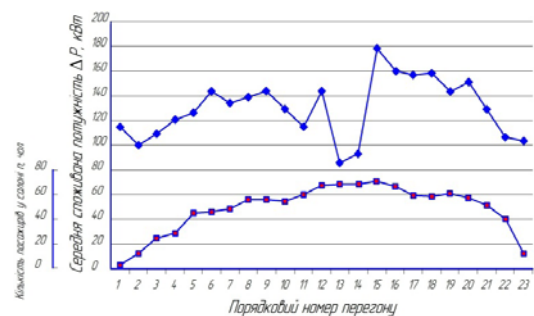


Рис. 4. Порівняльний характер залежності витрати потужності і кількості перевезених пасажирів на перегонах у прямому (*a*) та зворотному (*б*) напрямках руху по маршруту № 10

Fig. 4. Comparative nature of the dependence of power loss and the number of passengers at the races on the forward (*a*) and reverse (*b*) directions on the route 10

© В. В. Аулін, І. О. Плохов, Д. В. Голуб, 2014

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

На рис. 4, *a*, *б* графічно зведені залежності витрати споживаної потужності і кількості перевезених пасажирів на перегонах.

З рис. 4, *a* бачимо, що на ділянці 11–13 відбувається різкий спад витрати потужності, не зважаючи на збільшення кількості пасажирів у салоні тролейбуса. Це означає, що тролейбус рухається на спуск. Таку ж тенденцію можна бачити на ділянці 12–14 (рис. 4, *б*). Але на ділянці 12–17 (рис. 4, *a*) спостерігається різке збільшення витрати потужності незважаючи на зменшення кількості пасажирів у салоні, на рис. 4, *б* така тенденція спостерігається на ділянках 13–16. З цього можна зробити висновок, що тролейбус рухається на підйом.

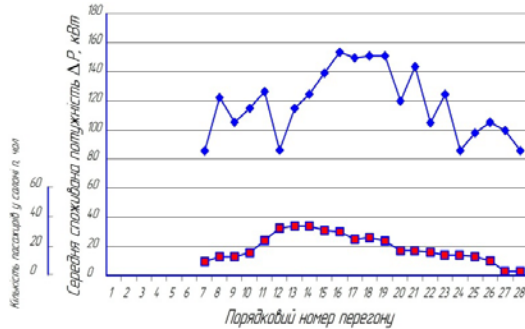
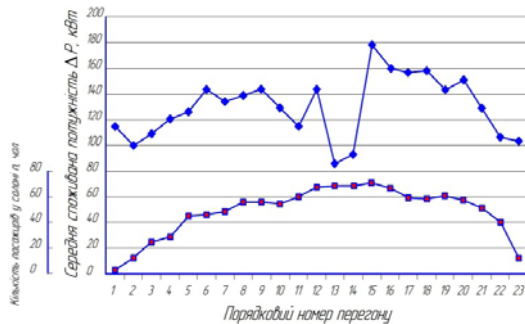
a – a*б – б*

Рис. 4. Порівняльний характер залежності витрати потужності і кількості перевезених пасажирів на перегонах у прямому (*a*) та зворотному (*б*) напрямках руху по маршруту № 10

Fig. 4. Comparative nature of the dependence of power loss and the number of passengers at the races on the forward (*a*) and reverse (*b*) directions on the route 10

Для отримання більш чіткого відображення залежності споживаної електроенергії тролейбуса від перевезених пасажирів необхідно взяти до уваги характеристики маршруту (зміна висоти над рівнем моря, дорожнього покриття, відстань між ділянками).

За допомогою формул (7) і (8) збалансуються витрати потужності під час руху тролей-

буса на підйом та на спуск, що дозволяє отримати більш чітке відображення залежності споживаної електроенергії тролейбуса з урахуванням перевезених пасажирів та характеристик маршруту. Результати обробки вище перелічених даних відображені графічно на рис. 5, *a*, *б*.

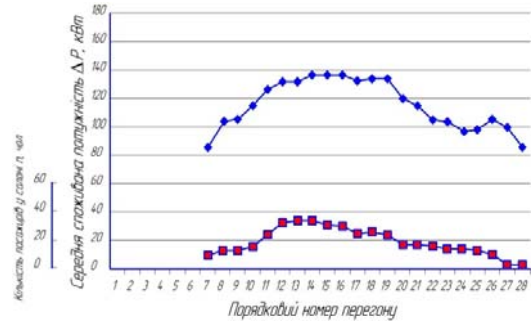
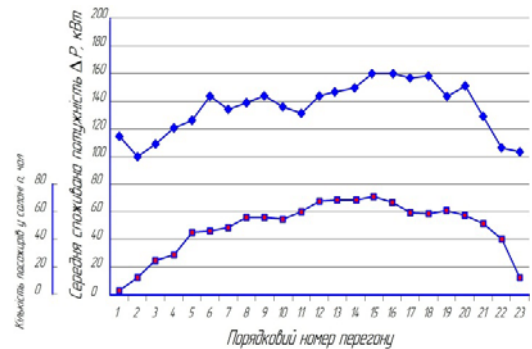
a – a*б – б*

Рис. 5. Уточнений порівняльний характер залежності витрат потужності відповідно до кількості перевезених пасажирів і характеристик маршруту № 10 на перегонах у прямому (*a*) зворотному (*б*) напрямках руху

Fig. 5. Specified comparative nature of the dependence of power loss according to the number of passengers and the characteristics of the route 10 at the races on the forward (*a*) and reverse (*b*) directions

Наукова новизна та практична значимість

Як критерій оцінювання ефективності роботи тролейбусів на маршруті пропонується використовувати співвідношення між споживанням електроенергії та кількості перевезених пасажирів для даних характеристик маршруту. Експериментально це підтверджено. Отримані формули дають можливість збалансувати роботу сил і відповідно обсяг спожитої енергії під час руху тролейбуса на підйом та на спуск.

Запропонований критерій можна використовувати для корегування термінів проведення

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

ТО за індивідуальною програмою, тобто індивідуальне технічне обслуговування (ІТО). Вид виконуваних робіт при ІТО повинен визначатися на основі системи індивідуальних діагностичних даних.

При цьому ІТО містить такі принципи:

– основною залишається планово-запобіжна стратегія виявлення і усунення несправностей і проведення технічних дій;

– оперативне керування технічним станом ТЗ на основі прогнозування його стану за допомогою запропонованого критерію, що враховує залежність споживаної потужності від кількості перевезених пасажирів та визначених характеристик маршруту;

– індивідуальний підхід до оцінювання технічного стану кожного конкретного ТЗ;

– індивідуальне прогнозування періодичності ТО і технічного стану ТЗ.

Індивідуальне прогнозування періодичності ТО і технічного стану ТЗ можливе за рахунок впровадження запропонованої системи визначення витрат споживаної енергії від кількості перевезених пасажирів, а також підвищити ефективність використання ТЗ.

Прогнозування технічного стану ТЗ може здійснюватися на основі збору і обробки інформації. Початковою інформацією про ТЗ є: значення параметрів технічного стану та його окремих агрегатів і систем, календарні дати і значення напрацювань, що відповідають зафіксованим значенням параметрів.

Процес прогнозування є поетапною процедурою обробки інформації, що надходить накопиченої бази даних на ПК. Обробка інформації на ПК проводиться з метою вирішення двох комплексів завдань: власне прогнозування і статистичної обробки. Характер цих завдань і умови їх реалізації зумовили структуру і склад технічного забезпечення, необхідного для прогнозування технічного стану ТЗ.

Технічне забезпечення системи прогнозування (СП) складає устаткування для фіксації кількості пасажирів у салоні транспортного засобу, показників амперметра та вольтметра для визначення потужності електроенергії споживачів, швидкості руху ТЗ на перегонах.

Інформаційне забезпечення враховує реалізацію функцій системи ТО і ремонту ТЗ і функцій СП. Вхідні і вихідні інформаційні дані складають зовнішнє інформаційне забезпечен-

ня, а організовані інформаційні масиви – внутрішнє забезпечення.

Розроблене забезпечення дозволяє ефективно реалізувати функцію прогнозування в системі керування технічним станом МЕТ, виявити зміну технічного стану ТЗ в умовах експлуатації і використати отримувані при цьому результати для послідовного нарощування потужності системи прогнозування в процесі її функціонування.

Виходячи з вище переліченого і проаналізувавши низку робіт, присвячених розробці, застосуванню і перспективам розвитку засобів діагностики, впливає, що умовою переходу МЕТ до гнучкої адаптивної системи керування технічним станом ТЗ з індивідуальною корегованою періодичністю і об'ємами ТО, оперативного керування технічним станом ТЗ є використання інформаційного забезпечення автотранспортних процесів.

Висновки

Для розробки ефективних заходів по зниженню споживаної потужності РС необхідно враховувати якісну структуру споживачів електроенергії в МЕТ та вибір критеріїв її ефективності. На основі системи обліку спожитої тролейбусом енергії та запропонованого критерію можна створити систему моніторингу електроспоживання на підприємствах МЕТ та систему ТО і Р.

Розроблена методика визначення залежності потужності споживаної електроенергії тролейбусом від перевезених пасажирів.

З отриманих результатів виконаного дослідження виявлено, що споживання електроенергії РС підприємств МЕТ прямо пропорційно залежить від кількості перевезених пасажирів та від характеристик маршруту.

Як критерій оцінювання ефективності роботи тролейбусів на маршруті пропонується використовувати співвідношення між споживанням електроенергії та кількості перевезених пасажирів для даних характеристик маршруту.

Запропонований критерій можна використовувати для корегування термінів проведення ТО за індивідуальною програмою, тобто ІТО. Вид виконуваних робіт при ІТО повинен визначатися на основі системи індивідуальних діагностичних даних.

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антошвили, М. Е. Организация городских автобусных перевозок / М. Е. Антошвили, С. Ю. Либерман, И. В. Спириин. – Москва : Транспорт, 1985. – 102 с.
2. Атаманов, Ю. Е. Троллейбус. Теория, конструирование, расчет / Ю. Е. Атаманов, А. И. Сафонов. – Минск : Ураджай, 1999. – 342 с.
3. Аулін, В. В. Оцінка якості міських пасажирських перевезень в ринкових умовах / В. В. Аулін, Д. В. Голуб // Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту : тез. доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф. (25.10–26.10.2011) / ВНТУ. – Вінниця, 2011. – С. 10–11.
4. Аулін, В. В. Якість перевезень пасажирів як невід’ємна частина транспортного процесу / В. В. Аулін, Д. В. Голуб // Вісн. Кременчуц. держ. політехніч. ун-ту ім. Михайла Остроградського. – Кременчук, 2008. – № 5 (52), ч. 2. – С. 80–84.
5. Гетьман, Г. К. Определение оптимального мощностного ряда тяговых средств для пассажирских перевозок на полигоне тяги / Г. К. Гетьман, С. В. Арпуль, Е. А. Довгань // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2005. – Вип. 9. – С. 47–50.
6. Гетьман, Г. К. Оценка энергетической эффективности модульности тяги / Г. К. Гетьман, С. В. Арпуль // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2003. – Вип. 1. – С. 41–44.
7. Далека, В. Х. Електропостачання електричного транспорту : навч. посіб. / В. Х. Далека, В. К. Нем, В. І. Скуріхін. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 168 с.
8. Захаров, С. А. Анализ и оценка мероприятий повышения эффективности и безопасности работы троллейбуса в зимний сезон 1999-2000 гг. / С. А. Захаров // Вестн. ГЭТ России. – 2000. – № 3. – С. 9–13.
9. Ивин, К. В. Токосьем троллейбуса / К. В. Ивин. – Москва : Транспорт, 1956 – 192 с.
10. Исследование особенностей экономии электроэнергии при эксплуатации электрифицированного транспорта в жилищно-коммунальном хозяйстве / В. И. Торкатюк, А. И. Кириченко, В. В. Благой [и др.] // Проблемы, перспективы и нормативно-правовое обеспечение энерго-, ресурсосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве. – Харьков, 2009. – С. 93–96.
11. Максимов, А. Н. Городской электротранспорт: троллейбус / А. Н. Максимов. – Москва : Академия, 2004. – 256 с.
12. Малозёмов, Б. В. Анализ и повышение надёжности транспортных средств электрического транспорта // Вестн. Краснояр. гос. техн. ун-та. – Красноярск, 2004. – Вып. 34. – С. 206–217.
13. Пат. 2140654 Российской Федерации G 01 R 11/00, B 60 L 3/00. Способ учета расхода электрической энергии на подвижном составе электрического транспорта и электронный счетчик для его реализации / Груббер Б. И., Корвин В. А., Тишунов А. Г. ; заявитель и патентообладатель ООО «НПП «Резонанс». – № 96121499/09 ; заявл. 30.10.1996 ; опубл. 27.10.1999. – 3 с.
14. Поначугин, В. А. Оценка надежности перевозочного процесса городского пассажирского транспорта: монография / В. А. Поначугин. – Нижний Новгород : Нижегород. Гос. Архит.-строит. ун-т, 2008. – 92 с.
15. Fishman, D. Digital-Age Transportation: The Future of Urban Mobility / D. Fishman. – London : Deloitte Development LLC, 2012. – 44 p.
16. Grava, S. Urban Transportation Systems / S. Grava. – New York : McGraw-Hill Professional, 2003. – 840 p.
17. Wolek, M. The Trolleybus as an Urban Means of Transport in the Light of the Trolley Project / M. Wolek, O. Wiszomiski. – Gdansk, 2013. – 167 p.

В. В. АУЛИН^{1*}, И. О. ПЛОХОВ², Д. В. ГОЛУБ³

^{1*}Каф. «Эксплуатация и ремонт машин», Кировоградский национальный технический университет, просп. Университетский, 8, Кировоград, 25006, тел. +38 (095) 055 74 11, эл. почта aulin52@mail.ru, ORCID 0000-0003-2737-120X

²Каф. «Эксплуатация и ремонт машин», Кировоградский национальный технический университет, просп. Университетский, 8, Кировоград, 25006, тел. +38 (095) 938 99 54, эл. почта plokhov89@gmail.com, ORCID 0000-0002-0238-3645

³Каф. «Эксплуатация и ремонт машин», Кировоградский национальный технический университет, просп. Университетский, 8, Кировоград, 25006, тел. +38 (066) 516 80 74, эл. почта dimchik_2004@mail.ru, ORCID 0000-0003-4984-1161

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРОЛЛЕЙБУСАМИ НА ОСНОВЕ УРОВНЕЙ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ НИМИ МОЩНОСТИ

Цель. В работе рассмотрены вопросы повышения эффективности использования троллейбусов при перевозке пассажиров на основе анализа уровней мощности потребляемой электроэнергии и корректировки сроков их технического обслуживания (ТО). **Методика.** Для достижения поставленной цели предлагается установить соответствие мощности потребляемой троллейбусом электроэнергии перевезенному количеству пассажиров с учетом характеристик маршрута. При этом основными показателями работы троллейбуса являются: скорость движения на перегонах, количество включений тягового двигателя, напряжение и сила тока в сети, которые снимались учетчиком с панели приборов. Результаты исследований вносились в таблицу и фиксировались видеорегистратором. Наряду с исследованием затрат мощности потребляемой троллейбусом электроэнергии проводился и учет пассажиропотока. **Результаты.** Установлена прямопропорциональная зависимость между уровнем потребленной троллейбусом энергии и количеством перевезенных пассажиров для неизменных характеристик маршрута. **Научная новизна.** В качестве критерия оценки эффективности работы троллейбусов на маршруте предлагается использовать соотношение между потреблением электроэнергии и количеством перевезенных пассажиров для данных характеристик маршрута. Экспериментально это подтверждено. Получены формулы, которые дают возможность сбалансировать работу сил и, соответственно, объем потребленной энергии при движении троллейбуса на подъем и на спуск. **Практическая значимость.** Предложенный критерий можно использовать для корректировки сроков проведения ТО по индивидуальной программе, то есть индивидуальное техническое обслуживание (ИТО). Вид выполняемых работ при ИТО должен определяться на основе системы диагностических данных транспортного средства (ТС). Сформулированы принципы ИТО: 1) основной остается планово-предупредительная стратегия выявления и устранения неисправностей и проведения технических действий; 2) оперативное управление техническим состоянием ТС на основе прогнозирования его состояния с помощью предложенного критерия, учитывающего зависимость потребляемой энергии от количества пассажиров при определенных характеристиках маршрута; 3) индивидуальный подход к оценке технического состояния каждого конкретного ТС; 4) индивидуальное прогнозирование периодичности ТО и технического состояния ТС.

Ключевые слова: мощность; потребляемая электроэнергия; троллейбус; мониторинг; пассажирские перевозки; характеристика маршрута

V. V. AULIN^{1*}, I. O. PLOKHOV², D. V. HOLUB³^{1*}Dep. «Exploitation and Repair of Machines», Kirovohrad National Technical University, Universitetskiy Av., 8, Kirovohrad, 25006, tel. + 38 (095) 055 74 11, e-mail aulin52@mail.ru, ORCID 0000-0003-2737-120X²Dep. «Exploitation and Repair of Machines», Kirovohrad National Technical University, Universitetskiy Av., 8, Kirovohrad, 25006, tel. + 38 (095) 938 99 54, e-mail plokhov89@gmail.com, ORCID 0000-0002-0238-3645³Dep. «Exploitation and Repair of Machines», Kirovohrad National Technical University, Universitetskiy Av., 8, Kirovohrad, 25006, tel. + 38 (066) 516 80 74, e-mail dimchik_2004@mail.ru, ORCID 0000-0003-4984-1161

EFFICIENCY IMPROVEMENT OF TRANSPORT SERVICE BY TROLLEY BUSES BASED ON THE LEVELS OF THEIR POWER DEMAND

Purpose. Use efficiency improvement of trolley buses in passenger traffic based on power levels of electric energy input and terms adjustment of their maintenance. **Methodology.** In order to achieve this goal conformance of electric energy input by trolleybus to the transported amount of passengers taking into account characteristics of the route is offered to establish. The major indicators of the trolleybus operation are: speed of a race on lines, number of tractive motor firing, voltage and amperage in the network that were taken with accountants from a dashboard. Research results were tabulated and recorded with DVR. Along with the study of power consumption of electric energy input by a trolleybus passenger count was carried out too. **Findings.** The directly proportional dependence between the level of energy consumption by a trolleybus and the number of passengers for constant performance route was determined. **Originality.** As the criteria for evaluating the effectiveness of the trolleybus operation on the route is proposed to use the ratio between electricity consumption and number of passengers for these characteristics of the route. This is confirmed experimentally. The obtained formulas give the possibility to balance the force work and consequently the volume of energy consumption during the trolleybus movement on the rise and the descent. **Practical value.** The proposed criterion can be used to adjust the terms of maintenance on the individual program, that means individual maintenance (IM). Type of work performed at the IM should be determined on the basis of diagnostic data of the vehicle (V). The principles of IM were formulated: 1) the primary task is planned and preventative strategy to identify and eliminate troubleshooting and technical actions; 2) operational control of the vehicle (V) technical condition on the basis of prediction of its state using the proposed criteria, that takes into account the dependence of power consumption to the number of passengers in the characteristics of the route; 3) individual approach to evaluate the technical condition of each specific vehicle (V); 4) individual prediction of the frequency of the maintenance and vehicle condition.

Keywords: power; power consumption; trolleybus; monitoring; passenger transportations; route classification

REFERENCES

1. Antoshvili M.Ye., Liberman S.Yu., Spirin I.V. *Organizatsiya gorodskikh avtobusnykh perevozok* [Organization of urban bus transportation]. Moscow, Transport Publ, 1985. 102 p.
2. Atamanov Yu.Ye., Safonov A.I. *Trolleybus. Teoriya, konstruirovaniye, raschet* [Trolleybus. The theory, design, calculation]. Moscow, Uradzhay Publ., 1999. 342 p.
3. Aulin V.V., Holub D.V. Otsinka yakosti miskykh pasazhyrskykh perevezen v rynkovykh umovakh [Quality assessment of urban passenger transportation in market conditions]. *Tezysy dopovidei IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Suchasni tekhnologii ta perspektyvy rozvytku avtomobilnoho transportu»* [Proc. of the 4th Int. Sci. and Practical Conf. «Modern technologies and prospects of road transport development»]. Vinnytsia, 2011. pp.10-11.
4. Aulin V.V., Holub D.V. Yakist perevezen pasazhyriv yak nevidiemna chastyna transportnoho protsesu [The quality of passenger transportation as an integral part of the transport process]. *Visnyk Kremenchutskoho derzhavnoho politekhnichnoho universytetutu imeni Mykhaila Ostrohradskoho* [Bulletin of Kremenchuk State Politechnical University named after Mykhailo Ostrohradskiy], 2008, no. 5 (52), part 2, pp. 80-84.
5. Getman G.K., Arpul S.V., Dovgan Ye.A. Opredeleniye optimalnogo moshchnostnogo ryada tyagovykh sredstv dlya passazhirskikh perevozok na poligone tyagi [Determination of the optimal power row of traction facilities for passenger transportation on the traction polygon]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2005, issue 9, pp. 47-50.

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

6. Getman G.K., Arpul S.V. Otsenka energeticheskoy effektivnosti modulnosti tyagi [Evaluation of energy efficiency of traction modularity]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2003, issue 1, pp. 41-44.
7. Daleka V.Kh., Nem V.K., Skurikhin V.I. *Elektropostachannia elektrychnoho transportu* [Power supply of electric transport]. Kharkiv, HNAMEG Publ., 2012. 168 p.
8. Zakharov S.A. Analiz i otsenka meropriyatiy povysheniya effektivnosti i bezopasnosti raboty trolleybusa v zimniy sezon 1999-2000 gg. [Analysis and evaluation of increase the efficiency activities and safety of the trolleybus operation in the winter season of 1999-2000 years]. *Vestnik GET Rossii – Bulletin of Russia SET*, 2000, no. 3, pp. 9-13.
9. Ivin K.V. *Tokosyem trolleybusa* [Current collection of a trolleybus]. Moscow, Transport Publ., 1956. 192 p.
10. Torkatyuk V.I., Kirichenko A.I., Blagoy V.V., Khomutenko O.V., Polchaninova I.A. Issledovaniye osobennostey ekonomii elektroenergii pri ekspluatatsii elektrifitsirovannogo transporta v zhilishchno-kommunalnom khozyaystve [Investigation of energy-saving features during the operation of electric transport in the housing and public services]. *Materialy 1-i mizhnarodnoi naukovy-praktychnoi konferentsii «Problemy, perspektivy ta normatyvno-pravove zabezpechennia enerho-, resursozberezhennia v zhytlovo-komunalnomu hospodarstvi»* [Proc. of the 1st Int. Scientific and Practical Conf. «Problems, prospects and regulatory support for energy, resource-saving in housing and public services»]. Alushta, 2009, pp. 150-157.
11. Maksimov A.N. *Gorodskoy elektrotransport: trolleybus* [Urban electric transport: trolleybus]. Moscow, Akademiya Publ., 2004. 256 p.
12. Malozemov B.V. Analiz i povysheniye nadezhnosti transportnykh sredstv elektricheskogo transporta [Analysis and increase the reliability of electric transport vehicles]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Krasnoyarsk State Technical University], 2004, issue 34, pp. 206-217.
13. Grubber B.I., Korovin V.A., Tishunov A.G. *Sposob ucheta raskhoda elektricheskoy energii na podvizhnom sostave elektricheskogo transporta i elektronnyy schetchik dlya yego realizatsii* [A method for electric energy consumption on the rolling stock of electric transport and electronic counter for its implementation]. Patent RF, no. 96121499/09, 1999.
14. Ponachugin V.A. *Otsenka nadezhnosti perevoznogo protsessa gorodskogo passazhirskogo transporta* [Assessment the reliability of the transportation process of urban passenger transport]. Novgorod, Nizhegorod. Gos. Arkhit.-stroit. un-t Publ., 2008. 92 p.
15. Fishman D. *Digital-Age Transportation: The Future of Urban Mobility*. London, Deloitte Development LLC Publ., 2012. 44 p.
16. Grava S. *Urban Transportation Systems*. New York, McGraw-Hill Professional Publ., 2003. 840 p.
17. Wolek M., Wiszomiski O. *The Trolleybus as an Urban Means of Transport in the Light of the Trolley Project*. Gdansk, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, 2013. 167 p.

Стаття рекомендована до публікації д.е.н., проф. Ю. В. Кулешковим (Україна); к.т.н., доц. Ю. В. Михайленком (Україна)

Надійшла до редколегії: 20.06.2014

Прийнята до друку: 14.08.2014