

5. Воронков С.А. Метод определения эксплуатационных нормативов движения маршрутных автобусов в крупных городах. Автореф. дисс.... канд. техн. наук. – М.; 1990. – 20с.

6. Баевский Р.М., Кириллов О.Н., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 222 с.

*Отримано 13.11.2012*

УДК 658 :728.21

В.Х.ДАЛЕКА, д-р техн. наук

*Харківська національна академія міського господарства*

В.М.БУШМА

*ДПІРІ «Житомиркомундорпроект»*

### **ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ НОРМАТИВІВ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ РУХОМИМИ ОДИНИЦЯМИ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

Розглянуто теоретичні засади створення нормативів споживання електроенергії рухомими одиницями міського електротранспорту на базі індивідуального обліку.

Рассмотрены теоретические принципы создания нормативов потребления электроэнергии подвижными единицами городского электротранспорта на основе индивидуального учета.

Theoretical principles of creation of norms of consumption of electric power by mobile units of city electric transport are considered on the basis of individual account.

*Ключові слова:* міський електротранспорт, трамвай, тролейбус, енергозбереження, лічильники електроенергії.

Міський електричний транспорт – трамвай, тролейбус і метрополітен є одним із найпотужніших споживачів електроенергії в містах України. За більш ніж сторічне існування цей вид транспорту розвинувся до розмірів, що набули стратегічного значення для економіки держави, і сьогодні він зберігає роль найбільш досконалої та потужної транспортної системи для міського населення, одночасно залишаючись одним з найбільших споживачів електроенергії. Тому питання енергозбереження на міському електротранспорті є важливими і актуальними.

Аналіз досліджень та досвіду експлуатації електричного транспорту свідчить, що у найближчий час слід чекати широкого розповсюдження індивідуального обліку витраченої рухомими одиницями електроенергії, який передбачає перш за все встановлення нормативів енергоспоживання по кожному маршруту [1-6]. При цьому є небезпека, що нормативи будуть призначатися за усередненими даними кількох дослідних поїздок. Слід усвідомлювати, що такий підхід не дає ніяких гарантій того, що емпірично призначений норматив відображає потенційні можливості енергозбереження, зокрема за рахунок раціонального керування

рухомою одиницею. Очевидно, що введенню в практику індивідуального обліку витраченої кожною рухомою одиницею енергії повинно передувати встановлення об'єктивного зв'язку між здійсненою транспортною роботою, сталим комплексом умов експлуатації та особливостей роботи кожного водія на даному маршруті.

*Метою даної роботи* є розробка теоретичних засад створення нормативів споживання електроенергії рухомими одиницями міського електротранспорту на базі індивідуального обліку експлуатаційних енерговитрат.

Відповідно до сформульованої мети необхідно:

1. Розробити методику дослідження статистичного зв'язку між пробігами рухомих одиниць по районах живлення та витратами енергії.
2. Обґрунтувати математичну модель відповідності показань індивідуального електролічильника експлуатаційному енергоспоживанню окремої рухомої одиниці.
3. Розробити методику розкладання витрат енергії на районах живлення системи електропостачання по маршрутах та окремих рухомих одиницях для можливості оцінки якості роботи водіїв.
4. Експериментально перевірити ступінь співпадання результатів розрахунку за допомогою математичної моделі з фактичними витратами енергії.

Відомо, що експлуатація рухомого складу міського електротранспорту являє собою багатомірний випадковий процес із обмеженою дисперсією [4], в якому вектор математичних сподівань його показників змінюється в часі і просторі. При цьому рух одиниць даного маршруту на певному інтервалі часу теж є багатомірним випадковим процесом, що характеризується змінним в часі і просторі вектором математичних сподівань середньоходової швидкості, швидкості сполучення, пасажирського навантаження, витрат енергії тощо, та викликаних детермінованими і випадковими причинами відхилень від них. Ці особливості виокремлюють задачу визначення експлуатаційного енергоспоживання на міському електротранспорті з кола аналогічних задач в промисловості, на магістральному транспорті, і т. д. Таким чином виникає необхідність обґрунтування узагальненої теоретичної моделі, яка б адекватно представляла залежність витрат електроенергії на рух від якості роботи водія при однакових з іншими умовами.

Практично одні водії на даному маршруті працюють одну кількість годин і роблять одну кількість рейсів, а другі, на тому ж маршруті і на того ж типу рухомому складі – наприклад, з-за необхідності дотримання планової за місяць кількості робочих годин – іншу. Більше того, одні можуть працювати цілу зміну, а другі – так звану перервну. Далі, протя-

гом доби пасажирське навантаження суттєво змінюється, що за однакових інших умов суттєво впливає на витрати енергії, і при однаковій кількості рейсів у одного й того ж водія витрати електроенергії в кінці першої зміни відрізнятимуться від показань в кінці другої зміни. Не можна виключати перекомандування рухомої одиниці з одного маршруту на інший, зняття одиниці з лінії з-за технічної несправності. Очевидно, що взимку проходження рухомою одиницею перегону за певний час потребує одних витрат енергії, ніж влітку, хоч буде однакове наповнення і рухомих одиниць вестиме той же самий водій. Зрештою, усі об'єктивно існуючі причини відмінностей кількостей спожитої енергії перекриваються індивідуальними особливостями роботи водіїв. Таким чином задача визначення нормативів енергоспоживання для будь-яких умов, щоб було можливо об'єктивно оцінювати якість роботи кожного водія в плані енергозбереження та здійснювати відповідне стимулювання, є цілком правомірною.

На наземному колісному транспорті індивідуальний облік витраченої енергії та пального вже понад 50 років використовується на локомотивах (електровозах та тепловозах), і на електро- та дизельпоїздах приміських залізниць. Але скористатися накопиченим у цих видах транспорту досвідом для формування нормативів експлуатаційного енергоспоживання трамвая та тролейбуса неможливо, бо в основу визначення нормативів витрат енергії на локомотивах і електро- та дизельпоїздах покладено попереднє моделювання послідовності та тривалості режимів на заздалегідь визначених перегонах при відомому навантаженні (так звані тягові розрахунки). Умови експлуатації на магістральних коліях такі, що у машиніста є можливість перемикає контролер управління у точно визначених тяговими розрахунками точках траси, і таким чином енергозберігаюче керування на залізничному транспорті зводиться в основному до дотримання технологічної карти.

Зовсім інша справа на рухомих одиницях міського електротранспорту, що рухаються на вулицях загального користування і досить часто у загальному транспортному потоці, тобто коли є безліч варіантів послідовності та тривалості перемикає контролера управління, і коли на процес керування суттєво впливає поведінка інших учасників дорожнього руху.

Очевидно, що за цих умов нормативом питомого енергоспоживання повинні бути середні для даного типу рухомого складу на даному маршруті, для даного сезону, доби тижня та години доби витрати електроенергії на одиницю пробігу, які віддзеркалюють об'єктивно існуючі, незалежні від водія, і що саме головне – постійні для даного маршруту умови експлуатації (з його кількістю зупинок, його ухилами, кривими, світлофорами тощо), і усередненими зовнішніми впливами. Таким чи-

ном оцінка якості роботи водія та практична робота з енергозбереження набувають необхідної об'єктивності.

Справді, якщо на маршруті працював кваліфікований водій і протягом зміни масових перешкод, що викликають необхідність у додаткових пусках, не було, показання електролічильника повинні бути суттєво менші, ніж добуток пробігу на норматив. Якщо ж той же водій працював на тому ж маршруті, але в цей день дорожня ситуація була особливо несприятливою, то показання електролічильника можуть бути більше, ніж добуток пробігу на норматив, але погіршення оцінки якості роботи водія буде стосуватися не тільки його, а й інших, що працювали у той же період на тому ж маршруті, і таким чином можна вилучити ту складову погіршення оцінки, яку обумовлено зовнішніми причинами і яка не характеризує кваліфікацію.

Очевидно, що сума показань витрат електроенергії, зафіксована електролічильниками рухомих одиниць по всіх маршрутах, не співпаде з показаннями електролічильників тягових підстанцій, оскільки лічильниками тягових підстанцій враховують також втрати в системі електропостачання. Було б справедливим, аби втрати в системі електропостачання були розкладені на всі рухомі одиниці, що працювали на лінії за певний період, але це розкладання не повинно бути механічним. По перше, по різних районах живлення втрати є різними, отже втрати повинно враховувати по кожній підстанції. По друге, частки витрат у енергоспоживаннях рухомих одиниць, що проходили через район живлення даної підстанції, повинні бути різними – більшими, якщо фактичне енергоспоживання перевищує нормативне, яке розраховується як добуток пробігу на норматив, і навпаки.

Протягом року можуть відбуватися певні зміни факторів, що впливають на експлуатаційне енергоспоживання: змінюватися інвентарні кількості рухомих одиниць по видах та типах, відбуватися зміни маршрутів, ліквідація, перенесення та утворення нових зупинок, змінюватися наряди на випуск, розклади руху тощо. Незалежно від цього змінюються метеорологічні умови, періодично змінюється попит населення на транспортні послуги, відбувається перерозподіл пасажиропотоків. Очевидно, що кожна з таких змін так чи інакше впливає на енергоспоживання, але основний комплекс умов експлуатації у даному місті принаймні протягом року можна вважати незмінним, бо незмінними залишаються планувальні характеристики, рельєф, взаємне розташування житлових та промислових зон, соціальна структура населення, кліматичний пояс тощо.

Отже, експлуатаційні витрати енергії  $j$ -ої рухомої одиниці  $k$ -типу, що відпрацювала на  $i$ -ому маршруті, визначатиметься пробігом  $L_{ij}$ , та

нормативом – питомим на одиницю пробігу, енергоспоживанням  $a_{ik}$ :

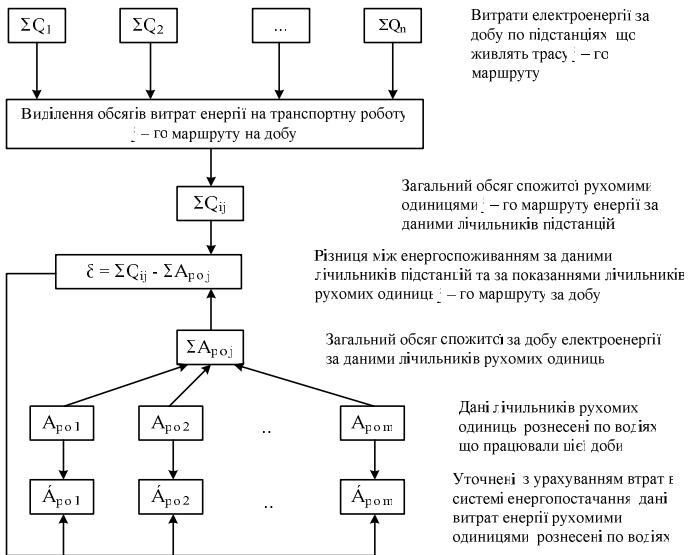
$$Q_{ijk} = L_{ijk} \overline{a_{ik}} .$$

У свою чергу норматив є складною функцією доби  $D_{\delta,c}$  (будній чи вихідний або святковий день), сезону, який уособлюється середньою температурою  $\theta$ , та часом  $t_n$  початку роботи, що відображає пасажирське завантаження:

$$\overline{a_{ik}} = a_{ik\bar{n}\bar{k}\bar{i}} (1+K_{ik}), K_{ik} = \varphi(D_{\delta,c}, \theta, t_n).$$

Таким чином середнє значення витрат електроенергії на даному маршруті може бути представлено добутком притаманного саме цьому маршруту питомого, на одиницю пробігу, енергоспоживання, на обсяг здійсненої рухомими одиницями цього маршруту транспортної роботи за зміну, добу, тиждень, і т.д. У свою чергу питоме експлуатаційне енергоспоживання, що слугує нормативом, є сумою сталої частини, яка віддзеркалює сталий комплекс умов експлуатації, та додатків відповідно до часу доби, дня тижня, сезону.

Тобто оцінка якості роботи водіїв в напрямку енергозбереження за наявності індивідуальних електролічильників відбувається за алгоритмом, який представлено на рисунку.



Алгоритм встановлення відхилень енергоспоживання від нормативу на даному маршруті за добу відповідно до показань електролічильників рухомих одиниць, рознесених по волях

Таким чином, розглянуті теоретичні засади створення нормативів споживання електроенергії рухомими одиницями міського електротранспорту на основі індивідуального обліку енерговитрат забезпечують підвищення рівня енергозбереження.

1. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / Ковалко М.П., Денисюк С.П.; Відпов. ред. Шидловський А.К. – К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.

2. Будниченко В.Б. Критерии оценки потерь электроэнергии в конструкции подвижного состава // Коммунальное хоз-во городов. – Вып. 23. – К.: Техніка, 2003. – С. 193-197.

3. Карпушин Е.І. Першочергові заходи з економії енергії на міському електротранспорті // Інформаційні технології на транспорті: стан справ та основні напрямки розвитку. Зб. наук. праць. – К.: УТУ, 1998. – С. 70-73.

4. Карпушин Е.І. Визначення експлуатаційних витрат енергії рухомих складом трамвая і тролейбуса із застосуванням нечітких множин при моделюванні руху // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті; 2(23). Харків: ХарДАЗТ, 2000. – С. 48-50.

5. Скалозуб В.В. Ресурсозберігаючі методи управління тягою поїздів і удосконалення конструкцій рухомого складу. Автореф. дис.... д-ра техн. наук: 05.22.07 / ДНУЗТ. – Дніпропетровськ, 2003. – 35 с.

6. Далека В.Х. Методологічні аспекти ресурсозбереження на міському електричному транспорті // Коммунальное хоз-во городов: науч.-техн. сб. Вып. 49. – К.: Техніка, 2003. – С. 179-188.

*Отримано 30.01.2013*

УДК 629.421

**А.І.БЕСАРАБ**

*Харківська національна академія міського господарства*

## **УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ**

Розглянуто питання підвищення ефективності роботи допоміжного обладнання електрорухомого складу. Запропонована модернізована схема заряджання акумуляторної батареї з використанням DC-DC перетворювача.

Рассматриваются вопросы повышения эффективности работы вспомогательного оборудования электроподвижного состава. Предложена модернизированная схема зарядки аккумуляторной батареи с использованием DC-DC преобразователя.

The questions of increase of efficiency of work of ancillaries of electric mobile composition are examined. The modernized chart of charging of storage battery is offered with the use of DC-DC of transformer.

*Ключові слова:* допоміжне обладнання, DC-DC перетворювач, електрорухомий склад, потужність, енергія.

На сучасному електрифікованому рухомих складі з двигунами постійного струму кола керування, освітлення, сигналізації, рейкових гальм та інших споживачів малої потужності живляться від допоміжного джерела живлення. В якості допоміжного джерела живлення використовується акумуляторна батарея, яка працює паралельно із зарядним пристроєм [1,2]. Зарядним пристроєм може бути електромашинний або