

УДК 629.433+338.47

М. П. Розводюк, к. т. н., доц.;

В. Б. Дудко

## ВПЛИВ ФАКТОРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ НА ВИТРАТУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

*Розглянуто складові енерговитрат трамвая, одна з яких – сила опору руху вагона. Дано характеристику методам, за допомогою яких можна визначити цю складову. Запропоновано новий підхід до визначення питомої величини опору руху транспортного засобу за витраченою енергією, який може бути використаний для трамваїв, на борту яких є лічильники електроенергії. Крім того, новий підхід може бути задіяний для оцінки рівня кваліфікації водія вагону.*

Вихідні передумови та постановка задачі дослідження

Будь-який транспортний засіб можна характеризувати, виходячи з його економічності за витратами енергоносія на перевезення вантажу.

Для визначення складових енерговитрат транспортного засобу наведемо формулу руху, яка в нашому випадку для трамвая матиме вигляд [1]

$$F_a = F - W, \quad (1)$$

де  $F_a$  – результуюча сила, що визначає характер руху (сповільнений, прискорений або рівномірний), Н;  $F$  – сила тяги, що виробляється тяговими двигунами і направлена в сторону руху трамвая, Н;  $W$  – сили опору руху (сума сил, що перешкоджають руху), Н.

Остання складова (сили опору руху) постійно присутня і залежить від:

- опору тертя кочення колеса об рейку;
- тертя реборди об рейку;
- ударів об стики;
- прогину рейкового полотна при наїзді на нього колесом;
- невіривняного рейкового полотна;
- внутрішнього тертя транспортного засобу в підшипниках (букс колісних пар, тягових двигунів, осевих редукторів, карданних валів, редукторних передач);
- неякісного регулювання гальмівної системи;
- неякісного регулювання напівавтоматичного пуску і гальмування;
- завантаження транспортного засобу.

При цьому присутні і фактори, що виникають періодично або тимчасово:

- підйоми і спуски;
- рух по кривих ділянках рейкового полотна (на поворотах);
- вплив природних стихій (вітер, дощ, сніг, спека, мороз тощо);
- пробуксовування коліс (юз).

Опір руху визначається питомим опором  $w$  (кг·т), який показує відношення загального опору руху до повної маси трамвая, і яка є строго регламентованою для кожного типу транспортного засобу. За значенням питомого опору руху можна визначити технічний стан даного транспортного засобу.

На практиці для вимірювання  $w$  використовують чотири методи:

1. Метод вибігу – вибирають прямолінійну, горизонтальну з розміткою ділянку шляху, задають вагону певний розгін під струмом до швидкості 5 км/год. Далі, перевіривши вагон в режим вибігу, заміряють секундоміром час пробігу до повної зупинки та пройдений шлях. Тоді [1]

$$w = \frac{1000\gamma 2L}{9,81t^2}, \quad (2)$$

де  $L$  — пройдений шлях, м;  $t$  — час, с;  $\gamma$  — коефіцієнт інерції.

2. Метод сталого струму полягає в тому, що при сталій швидкості, без прискорення, сила тяги

дорівнює опору руху. Для цього необхідно мати спеціальну ділянку контактної мережі з пониженою напругою (80...100 В), при якій трамвай може розвинути швидкість 3...5 км/год. При стабілізації значення швидкості за штатним амперметром фіксують струм. Потім за спеціальними таблицями визначають питомий опір руху [1]

$$w = \frac{W}{G}, \quad (3)$$

де  $W = F$ , Н;  $G$  — маса вагону, т.

3. Метод різниці швидкостей полягає в припущенні того, що за умови руху трамвая в режимі вибігу на задалегідь відміряній ділянці відміряють значення швидкості в двох контрольних точках і час проходження між ними, а потім за формулою [2]

$$w = \frac{\gamma(V_1^2 - V_2^2) \cdot 10^3}{2gL_k},$$

де  $V_1, V_2$  — швидкості руху в точках 1 та 2, відповідно, м/с;  $g$  — прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $L_k$  — ділянка між точками 1 та 2, м.

4. Метод динамометричний реалізується за допомогою лебідки або іншого транспорту, з'єднаних за допомогою динамометра, що має можливість рухатися зі сталою швидкістю. При всій, на перший погляд, простоті методу, найбільші проблеми виникають при рушанні з місця і при зупинці цієї конструкції, ну і саме те, що треба мати таку лебідку.

Всі зазначені методи цілком не задовольняють підприємства, оскільки:

— на більшості вагонів прилади для вимірювання швидкості не працюють, а ділянки з пониженою напругою певної довжини відсутні;

— на сьогодні найпоширенішим методом, що застосовується на підприємствах, є метод вибігу, але за відсутності швидкостемірів для виходу на сталу швидкість результати вимірювань є досить наближеними.

Тому постає задача в розробленні нового методу визначення питомої величини  $w$ , що і є метою даної роботи.

### Розв'язання поставленої задачі

Враховавши той факт, що трамваї Вінницького підприємства «Трамвайно-тролейбусне управління» оснащені бортовими лічильниками електричної енергії, пропонується новий підхід до визначення питомої величини  $w$ : за витраченою енергією, що базується саме на кількості спожитої електроенергії.

Ідея полягає в тому, щоб проїхати трамваем по мірній ділянці шляху на першій ступені розгону (240 А) певну відстань, витративши при цьому деяку нормовану кількість електроенергії (наприклад, 1 кВт·год), контрольовану лічильником. Споживаючи одну і ту саму кількість електроенергії, вагони проходилимуть різну довжину шляху, тобто, чим довший шлях пройде трамвай в режимі тяги, тим меншим буде опір руху.

До переваг даного підходу можна віднести:

- можливість окремо визначити потужність (силу), необхідну для зрушення трамвая з місця;
- доступність засобів для вимірюваних величин (пройдений шлях, витрачена норма електроенергії);
- можливість проводити безперервний моніторинг опору руху на лінії, знаючи по режимних картах кількість електроенергії, необхідної для переїзду між зупинками.

Крім того, запропонований підхід можна використати і для оцінки кваліфікації водія трамвая, але для цього потрібен набагато більший відрізок шляху. Майстерність водія – чинник, що має суб'єктивний характер, яким постійно нехтують, аналізуючи кількість спожитої електроенергії транспортним засобом. Але від нього не менше, ніж від питомого опору руху, залежить витрата електроенергії вагоном. Для підтвердження сказаного приведемо лише основні фактори, при вдалому використанні яких можна досягти зменшення споживання електроенергії:

- проїзд по маршруту з меншим числом пусків – для цього потрібно добре вивчити маршрут, профіль і стан колії, роботу світлофорів, дорожні знаки, тобто відчувати дорожню обстановку;
- застосовувати швидкий розгін і максимально використовувати вибіг, знаючи технічні можливості трамваю;

- наближаючись до повороту, вибирати оптимальну швидкість, щоб не доводилось зайвий раз прискорювати рух трамвая або пригальмовувати;
- під час руху під гору намагатися виїжджати на вищій позиції контролера;
- під час проїзду ділянки з боковим хитанням зуміти швидко виводити вагон із резонансного стану;
- на відомій стоянці, що триває більше трьох хвилин, знеструмлювати тяговий електропривід вагону;
- в зимовий час, для збереження тепла салону на зупинках, мінімально тримати двері салону відчиненими, якщо пасажери зайшли-вийшли;
- відчувати достатній вибіг вагону.

Як визначити частку втрат електроенергії, що припадає на технічний стан транспортного засобу і на те, як майстерно керує ним водій? Для цього, на підставі аналізу багаторічних статистичних даних про споживання електроенергії конкретними трамваями при керуванням ними конкретними водіями, було отримано такі висновки:

— при роботі на одному трамваї в однакових умовах (час доби, погодні умови, період року, дорожня обстановка), але різними водіями, кількість спожитої електроенергії була різною, причому ця різниця в окремих випадках досягала відмінності в 50 %, що говорить про різну кваліфікацію водіїв;

— при роботі окремих водіїв, але на різних трамваях теж кількість спожитої електроенергії була різною, що говорить про різний технічний стан трамваїв.

Тому, використовуючи статистичні дані по кількості спожитої електроенергії різними трамваями та водіями, які ними керують, за критерієм енерговитрат можна визначити частку втрат електроенергії. Окремі розв'язання цієї задачі наведені в роботах [3—5]. Глибше дослідження даного питання планується реалізувати найближчим часом.

### Висновки

Запропоновано новий підхід до визначення питомої величини опору руху транспортного засобу за витраченою енергією, який може бути використаний для трамваїв, які облаштовані лічильниками електроенергії. Крім того, новий підхід може бути використаний для оцінки рівня кваліфікації водія вагону.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кнерель Г. М., Резник М. Я., Черток М. С. Учебное пособие для водителя 3 класса. — М.: Издательство МКХ РСФСР, 1962. — 380 с.
2. Веклич В. Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов. — М.: Транспорт, 1990. — 295 с.
3. Дудко В. Б., Мокін Б.І., Розводюк М. П. Математичні моделі прогнозу споживання електроенергії трамваями на маршрутах // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2002. — № 6. — С. 38—44.
4. Дудко В. Б., Мокін Б.І., Розводюк М. П. Математичні моделі споживання електроенергії трамваями // Коммунальное хозяйство городов (Харьковская государственная академия городского хозяйства): Науч. — техн. сб. Вып. 49. — К.: «Техніка», 2003. — С. 184—189.
5. Мокін Б. І., Розводюк М. П., Дудко В. Б. Дослідження процесу електроспоживання трамваями на маршрутах // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. — Кременчук: КДПУ, 2006. — Вип. № 5/2006(40). Частина 1. — С. 42—46.

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті

Надійшла до редакції 3.04.07  
Рекомендована до друку 17.05.07

**Розводюк Михайло Петрович** — доцент кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті.

Вінницький національний технічний університет;

**Дудко Володимир Борисович** — головний інженер трамвайного депо Вінницького підприємства «Трамвайно-тролейбусне управління».