

збільшення коефіцієнта ежекції приводить спочатку до збільшення A , а при деякому подальшому збільшенні - до зменшення величини A .

4. Отримана розрахункова залежність, яка у неявній формі віддображає вплив геометричних розмірів ежектируючого пристрою на приземну концентрацію шкідливих речовин C_m , тому ця розрахункова залежність може бути використана як теоретична основа для розробки методики розрахунку ежектируючого пристрою.

Список літератури

1. Рівняння характеристики е ежектируючого пристрою для розсіювання газів /Ю.В.Черняк, А.М.Гущін, О.А.Бондар//Сх.- евр. журнал передових технологій, № 2/2(22), 2007

2. ОНД-86 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий /Ленинград: Гидрометеиздат, 1987, 93с.

3. Визначення параметрів газоповітряного потоку при розсіюванні відпрацьованих газів тепловозів/ Ю.В.Черняк, М.В.Паламарчук, А.М.Гущін, О.А.Бондар, Н.В.Володарець // Зб. наук. праць.-Донецьк: ДоніЗТ, 2007- Вип.. №9, с.125...135.

УДК 625.42

Бабасєв М. М., д.т.н. професор (УкрДАЗТ)

Сіроклин І. М., асистент (УкрДАЗТ)

АПРОБАЦІЯ МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА МЕТРОПОЛІТЕНУ

Вступ. Важливою складовою процесу обслуговування електрорухомого складу (ЕРС) метрополітену є врахування його фактичного технічного стану при формуванні рішень щодо обсягу та періодичності відновлювальних робіт. Використання бортових систем діагностування є ефективним при контролі параметрів локомотивів магістральних залізниць. У випадку моторвагонних секцій метрополітену кількість необхідної апаратури контролю зростає в декілька разів, оскільки

всі колісні пари в вагоні є моторними. До того ж габарити ніш та технологічні отвори рухомого складу, що експлуатується, при проектуванні не передбачали розширення, що суттєво ускладнює встановлення додаткового обладнання.

Розкид параметрів закону розподілу наробітку на відмову вагонів метрополітену може контролюватися за допомогою контролю умов експлуатації вагонів. Серед факторів, що суттєво впливають на технічний стан ЕРС, виділяють [1] фактичний пробіг, інтенсивність використання, кліматичні умови, швидкість руху, завантаженість та ін. В літературі [2] запропоновано для контролю фактичного пробігу та побудови кривої руху ЕРС використовувати інформацію від системи ідентифікації вагонів та інформацію про час зміни стану рейкових кіл лінії.

Мета. Перевірка можливості використання аналітичного методу контролю кривої руху електропоїздів метрополітену без використання бортових вимірювальних та запам'ятовувальних пристроїв.

Постановка проблеми. Контроль кривої швидкості руху з метою прогнозування технічного стану ЕРС потребує або встановлення бортових засобів накопичення інформації про параметри руху, або використання аналітичних методів дистанційного контролю параметрів руху. Ведення повагонного обліку контрольованих параметрів вимагає встановлення бортових засобів накопичення інформації на кожному вагоні. Як було доведено вище, такий підхід вимагає значних затрат і в умовах метрополітену не бажаний для використання. Аналітичні методи контролю кривої швидкості руху вагонів потребують перевірки достовірності та удосконалення.

Аналіз досліджень і публікацій. Контроль швидкості руху вагона приводить до необхідності накопичення даних відповідності ординати електропоїзда та часу, в який зафіксована ордината. Зі збільшенням кількості точок контролю збільшується точність розрахунків.

Задача контролю ординати колії, на якій знаходиться електропоїзд, покладається на систему автоблокування (АБ) та систему диспетчерської централізації. Основним датчиком в системі АБ є рейкове коло (РК). На сучасному етапі розвитку метрополітенів країн СНД, як правило, впроваджуються та експлуатують АБ з тональними РК (ТРК) [3], до того ж, як правило, з централізованим розміщенням апаратури. Однією з задач системи АБ є попередження зближення електропоїздів, що слідують попутно. менше, ніж на відстань гальмівного шляху (не менше, ніж на відстань одного ТРК). Недоліком системи є відсутність можливості ідентифікації рухомої одиниці.

Задача ідентифікації електропоїзда, що рухається, може бути виконана за допомогою спеціалізованої апаратури. Найпростіша система ідентифікації рухомого складу передбачає можливість розпізнання номера або коду вагона, часу та місця його фіксації. В умовах метрополітену (при відомих відстанях та обмеженій кількості маршрутів руху) встановлення системи ідентифікації дає можливість з достатньо високою точністю аналітично розраховувати шлях, пройдений кожною одиницею рухомого складу, та фіксувати криву швидкості руху вагона по перегонах [2].

Основна частина. Маючи масив даних відповідностей ординат електропоїзда x_n та часу їх фіксації t_n , отриманих за аналітичними методами [2], для маршруту можемо в загальному вигляді розрахувати швидкість руху вагона на кожній ділянці між точками фіксації та час, якому відповідала розрахована швидкість.

$$\begin{cases} v_i^p = \frac{|x_n - x_{n-1}|}{t_n - t_{n-1}}; \\ t_i^p = \frac{t_n - t_{n-1}}{2}, \end{cases} \quad (1)$$

де v_i^p - швидкість руху електропоїзда i по ділянці P між точками фіксації з ординатами x_n та x_{n-1} ;

t_i^p - час, що відповідає розрахованому значенню v_i^p .

Аналіз зміни швидкості руху на сусідніх ділянках дає інформацію про прискорення руху електропоїзда. Використовуючи результати розрахунків за виразом (1), можемо записати

$$a_i^p = \frac{v_i^p - v_i^{p-1}}{t_i^p - t_{i+1}^p} = \frac{\left(\frac{|x_n - x_{n-1}|}{t_n - t_{n-1}}\right) - \left(\frac{|x_{n-1} - x_{n-2}|}{t_{n-1} - t_{n-2}}\right)}{t_i^p - t_{i+1}^p}, \quad (2)$$

де a_i^p - прискорення руху електропоїзда i на ділянці P .

Множині значень ординат $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ відповідає множина значень моментів часу $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, тобто маємо задане відображення $F: X \rightarrow T$, при чому відображення є ін'єктивним. Тоді може бути використана інтерполяційна формула, що співставляє з

відображенням F , яке являє собою деяку функцію $x(t)$, функцію відомого класу $X(t) \equiv X(t; \alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, що залежить від $n + 1$ параметрів α_j , обраних так, щоб значення $X(t)$ співпадали зі значеннями $x(t)$ для даної множини $n + 1$ значень аргументу t_k . Відповідно $X(t_k) = x(t_k) = x_k$.

В роботі запропоновано використати інтерполяційну формулу Лагранжа у вигляді:

$$\begin{aligned} X(t) = & \frac{(t-t_1)(t-t_2)\dots(t-t_n)}{(t_0-t_1)(t_0-t_2)\dots(t_0-t_n)} \cdot x_0 + \\ & + \frac{(t-t_0)(t-t_2)\dots(t-t_n)}{(t_1-t_0)(t_1-t_2)\dots(t_1-t_n)} \cdot x_1 + \dots \\ & \dots + \frac{(t-t_0)(t-t_1)\dots(t-t_{n-1})}{(t_n-t_0)(t_n-t_1)\dots(t_n-t_{n-1})} \cdot x_n, \end{aligned} \quad (3)$$

де $X(t)$ - функція залежності переміщення ординати електропоїзда від часу.

Перша похідна, взята від $X(t)$, дає можливість побудувати криву швидкості руху, друга – прискорення.

Проте спосіб побудови інтерполяційних кривих вимагає отримання точних даних про ординату знаходження електропоїзда та час його фіксації. В разі отримання даних з похибкою, що не дозволяє побудувати адекватну криву, найбільш раціональним є використання методів найменших квадратів або інших методів обробки статистичних даних.

Для доведення можливості використання даного методу був проведений експеримент. Суть експерименту зводилася до виявлення можливості отримання адекватних даних про рух електропоїзда по перегону за допомогою описаного методу.

Для отримання опорної кривої руху електропоїзда використані показання бортового швидкостеміра. Вибраний типовий перегін між станціями метро „Метробудівників” та „Площа Повстання” третьої лінії Харківського метрополітену. Дані знімалися за допомогою відеокамери (рисунок 1), що дало змогу нанести криву з інтервалом в три секунди та провести бікубічну інтерполяцію.

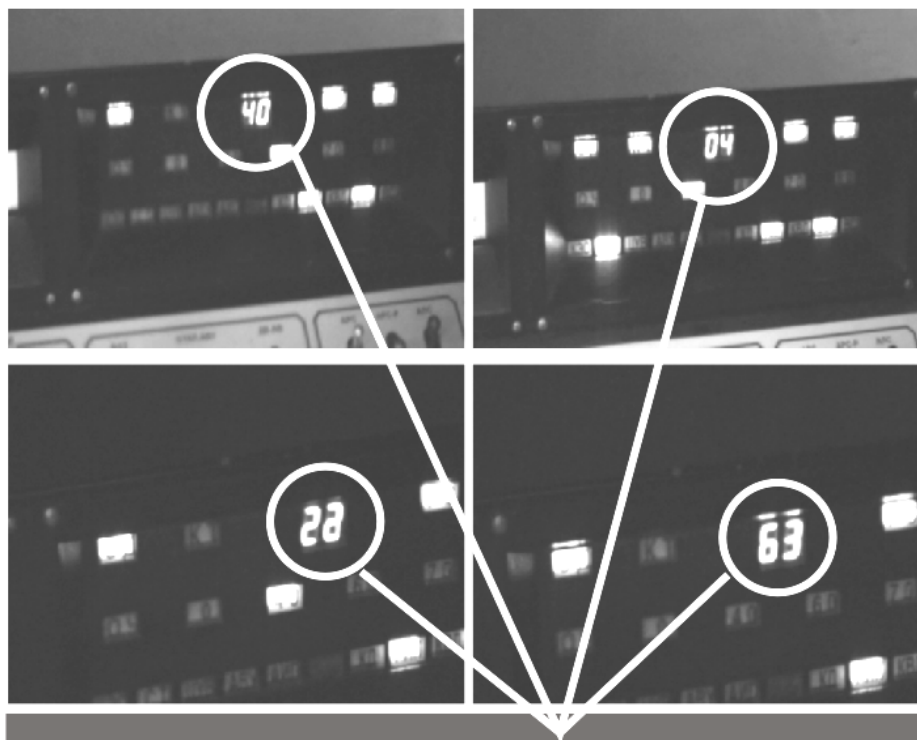


Рисунок 1 – Кадри з плівки фіксації показань бортового швидкостеміра

Дані про спрацювання ТРК перегону під електропоїздом отримані за допомогою системи диспетчерської централізації (рисунок 2).

Максимальна приведена похибка показань бортового швидкостеміра 2.5% [4]. Максимальна приведена похибка (за часом) диспетчерської централізації та системи передачі даних до сервера єдиного диспетчерського центру $\Delta=3\text{с}$. Врахована затримка на спрацювання приймача ТРК та залежність довжини зони додаткового шунтування від частоти несучої гармоніки генератора ТРК [3].

На систему координат з кривою руху, побудованою на основі показань швидкостеміра, нанесені точки, що відповідають середньому значенню швидкості руху електропоїзда за відповідний проміжок часу.

Для мінімізації похибки, обумовленої різницею зон додаткового шунтування та різницею часу спрацювання та знеструмлювання колійного датчика, використані наступні співвідношення.

Для розрахунку середньої швидкості на ділянці перегону при занятті електропоїздом сусідніх РК

$$v_{сер} = \frac{\left(X''_{PK_n} + \frac{(k \cdot l_{ВАГ})}{2} \right) - \left(X''_{PK_{n+1}} + \frac{(k \cdot l_{ВАГ})}{2} \right)}{(t_{PK_n} \downarrow - t'') - (t_{PK_{n+1}} \downarrow - t'')}, \quad (4)$$

де $v_{сер}$ - середня швидкість руху електропоїзда;
 t'' - час корекції.

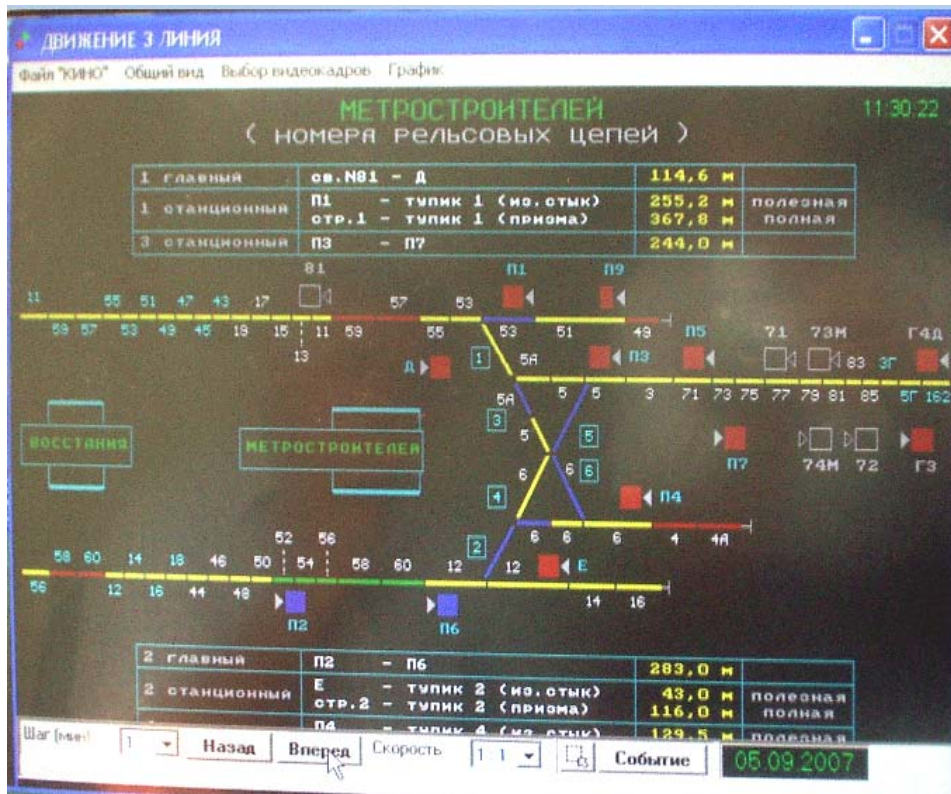


Рисунок 2 – Зняття даних про динаміку роботи ТРК перегону

У відповідність розрахованій швидкості ставиться час

$$t_{сер} = t_{PK_n} \downarrow + \frac{(t_{PK_n} \downarrow - t'') - (t_{PK_{n+1}} \downarrow - t'')}{2}, \quad (5)$$

де $t_{сер}$ - час, що відповідає руху електропоїзда зі швидкістю $v_{сер}$.

Для розрахунку середньої швидкості на ділянці перегону при звільненні електропоїздом сусідніх РК на основі (4) та (5) можемо записати

$$v_{сер} = \frac{\left(X'_{PK_n} + \frac{(k \cdot l_{БАГ})}{2} \right) - \left(X'_{PK_{n+1}} + \frac{(k \cdot l_{БАГ})}{2} \right)}{\left(t_{PK_n} \uparrow - t' \right) - \left(t_{PK_{n+1}} \uparrow - t' \right)}, \quad (6)$$

де t' - час корекції.

У відповідність розрахованій швидкості ставиться час

$$t_{сер} = t_{PK_n} \uparrow + \frac{\left(t_{PK_n} \uparrow - t' \right) - \left(t_{PK_{n+1}} \uparrow - t' \right)}{2}, \quad (7)$$

де $t_{сер}$ - час, що відповідає руху електропоїзда зі швидкістю $v_{сер}$.

Час корекції t' і t'' для виразів (6, 7) вибирався з урахуванням довжини РК, частоти несучої гармоніки. Визначальним часом можливої похибки є час опитування приладів апаратурою диспетчерської централізації.

Час реакції повторювача колійного реле ТРК на заняття електропоїздом визначається характеристиками приймальної апаратури РК і складає близько 1 - 2 с, а на вихід з зони дії РК – близько 3 с [3]. Похибка диспетчерської централізації $\Delta = 3$ с, отже, $t' = 3...6$ с, а $t'' = 1...4$ с.

За даними бортового швидкостеміра побудована експериментальна крива руху електропоїзда. Результати аналітичного розрахунку переміщення електропоїзда та ординати його знаходження дозволили нанести на координатну площину точки. Аналіз величини розсіювання точок навколо експериментальної кривої дає можливість оцінити методологічну похибку розрахунків.

Середня швидкість руху електропоїзда по перегону склала 38,556 км/год, середнє очікування похибки дорівнює 4.03 км/год, тоді середня похибка складе 10,45%. Експериментальна крива та точки, що нанесені на основі отриманих розрахунків (рисунок 3), наочно демонструють адекватність запропонованого методу контролю кривої руху електропоїзда метрополітену.

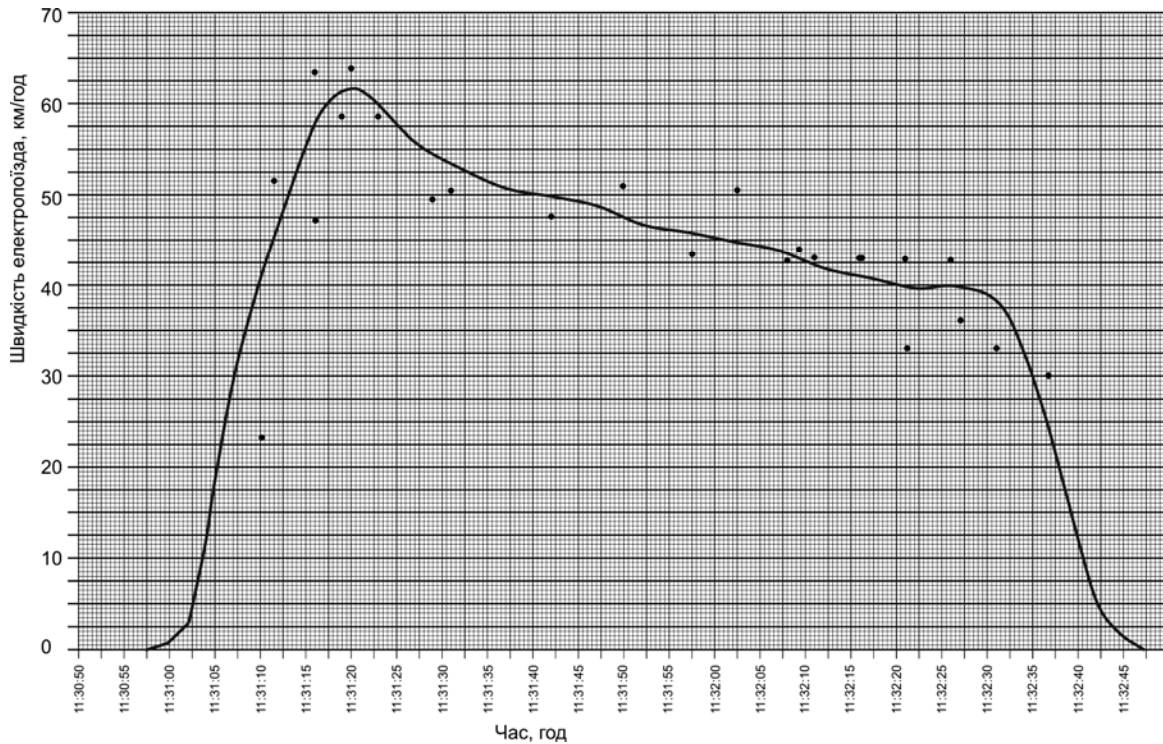


Рисунок 3 – Фактична та теоретична криві руху по перегону

Висновки. Отримані результати засвідчують дієвість методу побудови кривої руху електропоїзда метрополітену за допомогою даних про роботу РК і можливість використання виразу (1) для розрахунку фактичного пробігу вагона. Проведені удосконалення методу (4-7) стосуються зменшення впливу похибки в розрахунках ординат електропоїзда, що обумовлені точністю розрахунку додаткової зони шунтування ТРК. Перевірка адекватності методу показала задовільні результати, проте виявлена необхідність подальшого удосконалення даного методу.

Список літератури

1. Четвергов В.А., Пузанков А.Д. Надёжность локомотивов: Учеб. для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Маршрут, 2003. – 415с.
2. Бабаєв М.М., Сіроклин І.М. Контроль фактичного пробігу та параметрів руху електропоїздів метрополітену // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2007.- № 5,6.- С. 33-37
3. Дмитриев В. С., Минин В. А. Системы автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты. – М.: Транспорт, 1992. – 182 с.
4. Руководство по эксплуатации вагонов метрополитена моделей 81-717.5 и 81-714.5. – М.: Транспорт, 1995. – 444с.