

## ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЇ БОРТОВИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВУЗЛІВ ЛОКОМОТИВА

Розглянуті питання підвищення ефективності обробки інформації бортових систем діагностування локомотивів. Приведені приклади обробки інформації бортової системи діагностування електровозів ДЕ1. Надавні пропозиції по удосконаленню систематизації та обробки інформації бортових систем діагностування.

Рассмотрены вопросы повышения эффективности обработки информации бортовых систем диагностирования локомотивов. Приведены примеры обработки информации бортовой системы диагностирования электровозов ДЕ1. Даны предложения по усовершенствованию систематизации и обработки информации бортовых систем диагностирования.

The issues of increase of efficiency of information processing by on-board systems of diagnostics of locomotives are considered. The examples of information processing by the on-board system of diagnostics of electric locomotives ДЕ1 are presented. The suggestions on improvement of systematization and processing of information by on-board systems of diagnostics are given.

Посилення конкуренції між різними видами транспорту вимагає від локомотивного господарства підвищення експлуатаційної надійності локомотивного парку, скорочення часу простою локомотивів в ремонті і витрат на проведення ремонту. Підвищення експлуатаційної надійності повинно досягатись з мінімальними витратами; з точки зору технічного обслуговування це означає максимальне скорочення часу простою локомотивів і зменшення ймовірності виходу локомотивів з ладу під час експлуатації. Одним із шляхів вирішення цієї задачі є впровадження на локомотивах засобів технічного діагностування.

Аналіз впровадження і використання систем діагностування на залізничному транспорті за кордоном, впровадження систем оптимізації технічного обслуговування транспортних засобів в інших видах транспорту дозволяє зробити висновок про високу ефективність використання систем діагностування при переході до системи ремонту локомотивів з урахуванням їх експлуатаційної надійності. Сучасний рівень розвитку технічних засобів дозволяє організувати спільну роботу систем управління, діагностування, системи контролю місця знаходження локомотива, систем бездротової передачі інформації на пункти технічного обслуговування локомотивів.

Досвід впровадження засобів технічного діагностування в умовах Укрзалізниці показав необхідність удосконалення обробки і використання діагностичної інформації. В першу чергу це стосується використання інформації борто-

вих систем діагностування, якими обладнані нові локомотиви. Інформація, яка збирається бортовими системами діагностування, практично не використовується, в найкращому варіанті ця інформація переноситься з бортової пам'яті до бази даних депо. Це пояснюється тим, що на сьогоднішній день не повною мірою розроблені методи прогнозування зміни технічного стану вузлів локомотивів на основі даних систем діагностування. Розробка цих методів є трудомістким завданням, виконання якого можливе лише при одночасній роботі експлуатаційників, науковців та розробників систем діагностування.

В теорії технічної діагностики задача прогнозування наробітку до відмови технічного об'єкту на основі результатів діагностування не є новою, подібні задачі вирішувались як для залізничного, так і інших видів транспорту. Вирішення цієї задачі зводиться до прогнозування термінів відмови  $t_{\text{відм}}$  деталей рухомого складу.

Відомі різні моделі [1], що дозволяють вирішувати задачу прогнозування термінів відмови. Найбільш точною з них можна вважати модель, яка використовує дані про поточний технічний стан. При вирішенні цієї задачі можна скористатися наступною моделлю [2]:

$$t_{\text{відм}} = t_0 + T_{\text{ост}}, \quad (1)$$

де  $t_0$  – напрацювання на момент проведення прогнозу;

$T_{\text{ост}}$  – прогнозний остаточний ресурс деталі.

Найбільш досконалим можна вважати підхід до визначення  $T_{\text{ОСТ}}$  з урахуванням стохастичного характеру зміни технічного стану. Цей підхід передбачає, що значення  $T_{\text{ОСТ}}$  визначається з урахуванням виду закону розподілу залишкового ресурсу  $Z$  його параметрів – математичного очікування  $M$ , коефіцієнта варіації  $v$ , а також заданою ймовірністю безвідмовної роботи  $P(t)$ .

$$T_{\text{ОСТ}} = f[Z, M, v, P(t)]. \quad (2)$$

Ці параметри визначаються на основі аналізу інформації, отриманої в результаті проведення діагностування поточного стану локомотива. Для прогнозування терміну відмови накопичена статистика по кожній  $i$ -тій реалізації відображується у вигляді функції:

$$T_{\text{ОСТ}} = f(Y_T), \quad (3)$$

де  $Y_T$  – значення поточного технічного стану на момент проведення прогнозу  $t_y$ .

При формуванні експериментальної функції (3), для кожної  $j$ -тої точки статистики використовується вираз:

$$T_{\text{ОСТ}_j} = t_{\text{відм}} - t_j, \quad (4)$$

де  $t_{\text{відм}}$  – наробіток на відмову;

$t_j$  – наробіток при проведенні  $j$ -того діагностування.

Після перетворення отримується статистика оцінки залишкового ресурсу, що характеризує залежність зміни  $T_{\text{ОСТ}}$  від поточного технічного стану.

Використовуючи значення  $T_{\text{ОСТ}}$  по кожній реалізації, яка відповідає початку експлуатації деталі при  $Y=0$  і застосовуючи традиційний апарат математичної статистики, визначають параметри: закон розподілу залишкового ресурсу  $Z$  і коефіцієнт варіації  $v$ .

Подальша обробка цієї статистики дозволяє отримати функцію для тренда залишкового ресурсу залежно від значення поточного технічного стану  $Y$ :

$$M = f(Y). \quad (5)$$

Таким чином, в результаті обробки статистики оцінки залишкового ресурсу отримуються значення параметрів:  $Z, M(Y)$  і  $v$ , необхідні при прогнозуванні.

Як бачимо, прогнозування терміну відмови вимагає неодноразового проведення діагносту-

вань кількості яких залежить від технічного стану локомотива. Якщо використовується бортова система діагностування, то момент часу  $t_y$  може розглядатися як період часу між зчитуваннями та обробкою інформації бортових систем діагностування. Кінцевим результатом визначення остаточного ресурсу вузла, в будь-якому випадку, буде висновок про необхідність проведення ремонту та його обсяг.

Розглянутий метод є одним з найпростіших методів прогнозування зміни технічного стану об'єктів. Він достатньо точно характеризує надійність локомотивів, тобто дозволяє оцінити середнє напрацювання на відмову, вірогідність відмови локомотива при певному значенні пробігу, ресурс його агрегатів та ін. Цей підхід може бути використаний на попередньому етапі розробки системи утримання локомотивів, що базується на обробці результатів діагностування.

Основною проблемою впровадження розглянутого методу є визначення критерію (3), тобто параметру, за яким буде оцінюватись зміна технічного стану кожного конкретного вузла і агрегату локомотива, та розробка спеціалізованих програмних засобів для накопичення і аналізу достатніх обсягів статистичної інформації. В літературі [4, 5] розглянуті більш складні методи, які базуються не лише на оцінці ймовірнісних характеристик, а й на оцінці параметрів відновлення вузла.

Для реалізації запропонованої методики проведено аналіз діагностичної інформації, отриманої з системи діагностування електровозів ДЕ1. При обробці інформації було виявлено суттєву різницю між параметрами вібрації мотор-вентиляторів різних електровозів. Для порівняння вибирались дані, які відповідали режиму роботи при середній швидкості вентиляторів. Для прикладу на рис. 1 наведені значення вібрацій для кожного з мотор-вентиляторів електровозу ДЕ1 № 33.

Аналіз вібраційних показників мотор-вентиляторів показав, що у мотор-вентиляторів, секція «А» вентилятор № 2 та секція «Б» вентилятор № 1 горизонтальні вібрації в декілька разів перевищують вертикальні, а для однієї з машин – перевищують допустимі значення. Таке явище може бути пояснене кількома причинами: вихід з ладу амортизатора, недоліки конструктивної схеми кріплення мотор-вентилятора; недовідбалансування електромотору. Така різниця в рівнях вібрації свідчить про необхідність додаткових досліджень причин вібрації електричних машин.

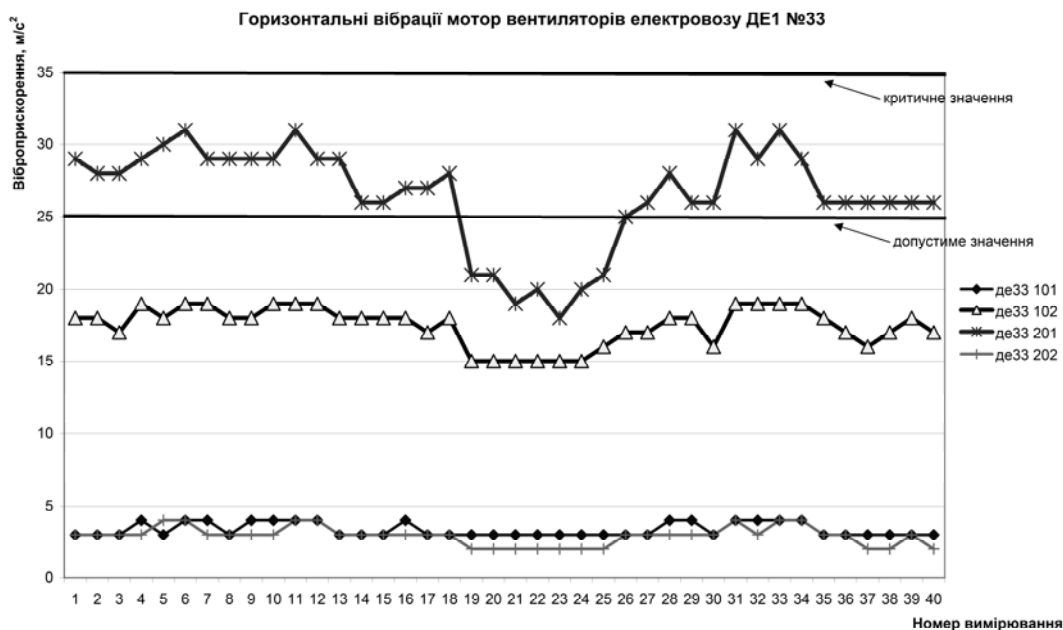


Рис. 1. Горизонтальні вібрації мотор-вентиляторів електровозу ДЕ1 № 33:  
101 – мотор вентилятор 1 секції А; 102 – мотор вентилятор 2 секції А;  
201 – мотор вентилятор 1 секції Б; 202 – мотор вентилятор 1 секції Б

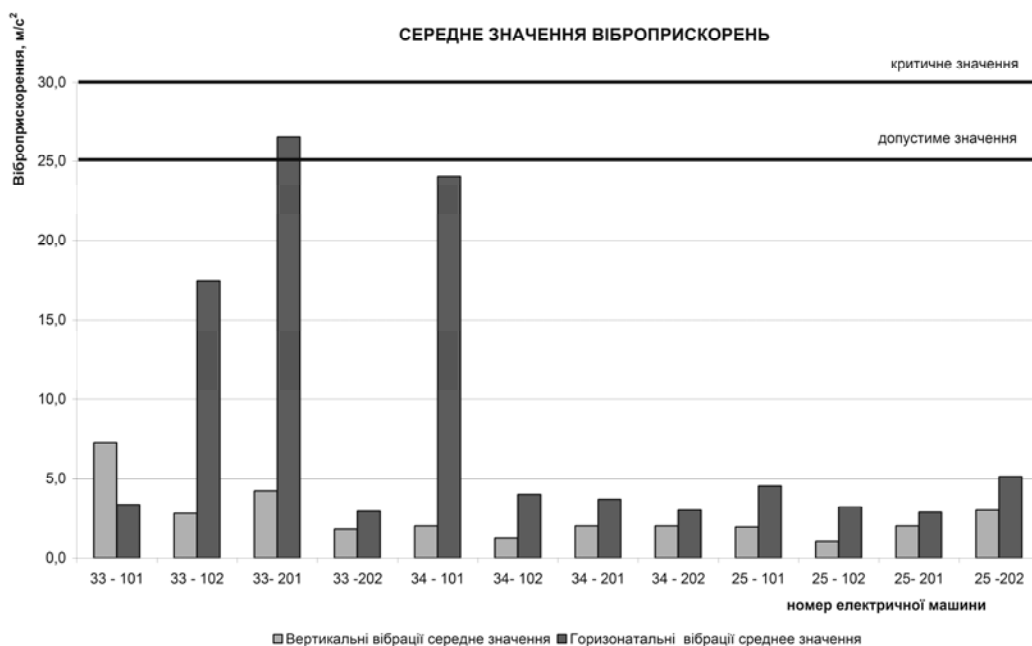


Рис. 3. Середні значення віброприскорень

Порівняння середніх значень вібрацій мотор-вентиляторів електровозів ДЕ1 №25, 33, 34 наведені на рис. 2. Як видно з наведеної інформації, горизонтальні вібрації для трьох електричних машин (33-102, 33-201, 34-101) значно перевищують вертикальні вібрації, та середні значення вібрацій для інших електричних машин. Таке порівняння вібраційних характеристик дозволяє лише за рахунок відносного порі-

вняння виявити електричні машини, які потребують проведення додаткового технічного обслуговування та ремонту. Таким чином, можна виявити електричні машини, технічні параметри яких знаходяться у встановлених межах. Для таких електричних машин періодичність проведення відповідних видів ТО може бути скорегована в сторону збільшення.

Основними джерелами вібрації електричних машин є фактори магнітного, механічного і аеродинамічного походження. Магнітні джерела вібрації пов'язані з ексцентриситетом повітряного зазору, несинусоїдальним розподілом МДС обмотки і цілим рядом інших причин [6]. До механічних факторів відносяться дисбаланс ротора і перекис. Серед вібраційних сил механічного походження слід зазначити сили, обумовлені підшипниками кочення.

Одним з основних джерел вібрації механічного походження є залишкова невірноваженість частин електричної машини. Невірноваженість ротора порушує значні вібрації. При терті щіток та колектора, або контактних кілець в електричній машині збуджуються вібрації, що мають високочастотні складові. Сили аеродинамічного походження викликають вібрації, рівень яких залежить від стану лопаток вентилятора, правильності розташування вентиляторів щодо деталей і вузлів електричної машини.

Завдання зниження вібрації від залишкової невірноваженості ротора в даний час можна вважати практично вирішеним. Якість сучасного устаткування для динамічного та статичного балансування дозволяє виконати це завдання із заданим ступенем точності, що є умовою для

отримання вібраційних характеристик, які задовольняють заданим вимогам.

До механічних причин вібрації слід віднести і пошкодження кріплення мотор-вентилятора. На електровозі ДЕ1 використовуються амортизатори АКСС-300М і одностороння схема установки цих амортизаторів на жорстку платформу (рис. 3, а).

Статичні і динамічні характеристики амортизатора АКСС-300 наведені в табл. 1. З наведених характеристик видно, що статична та особливо динамічна жорсткості в напрямку руху електровоза (вісь *Y*) значно менші жорсткості в напрямку осі *X*. Така невірноваженість призводить до впливу на вібрації електричних машин горизонтальних сил, що виникають під час руху поїзда.

Одним з пояснень перевищення горизонтальних вібрацій над вертикальними можуть бути і пошкодження кріплення мотор-вентиляторів. В ході фактичного огляду кріплення мотор-вентиляторів на електровозах було виявлено ряд пошкоджень:

- пошкодження болтового з'єднання кріплення лап амортизатора мотор-вентилятора до жорсткої опори;
- пошкодження амортизатора АКСС-300М.

Таблиця 1

**Статичні і динамічні (вібраційні) жорсткості амортизатора АКСС-300**

Номінальна статична маса в напрямку осей, кг			Статичні жорсткості, які відповідають деформаціям в напрямку осей, Н/см			Динамічні жорсткості, які відповідають деформаціям в напрямку осей, Н/см		
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
300	210	90	52000	32000	8000	110000	30000	18000

Виходячи з вище викладеного, пропонується удосконалити схему встановлення амортизаторів типу АКСС, що в свою чергу дасть можливість збалансувати вібрації по осях за рахунок вирівнювання жорсткості кріплення по осях.

Порівняння діагностичної інформації щодо вібрації електричних машин дозволяє лише за рахунок відносного порівняння виявити електричні машини, які потребують проведення додаткового технічного обслуговування та ремонту. Також таким чином можна виявити електричні машини, технічні параметри яких знаходяться у встановлених межах. Для таких електричних машин періодичність проведення

відповідних видів ТО та ТР може бути скорегована в сторону збільшення.

Використання такого підходу є досить приблизним і не дозволяє в першу чергу прогнозувати зміну технічного стану вузлів електровоза, але його реалізація є першим кроком при переході до системи ремонту рухомого складу з урахуванням його технічного стану. Як показує аналіз накопиченої діагностичної інформації в системі діагностування електровозів ДЕ1 «Магістраль ДЕ1м», необхідне удосконалення організації роботи цієї системи в напрямку визначення періодичності запису інформації в модулі пам'яті та корегування обсягу інформації, яка зберігається.

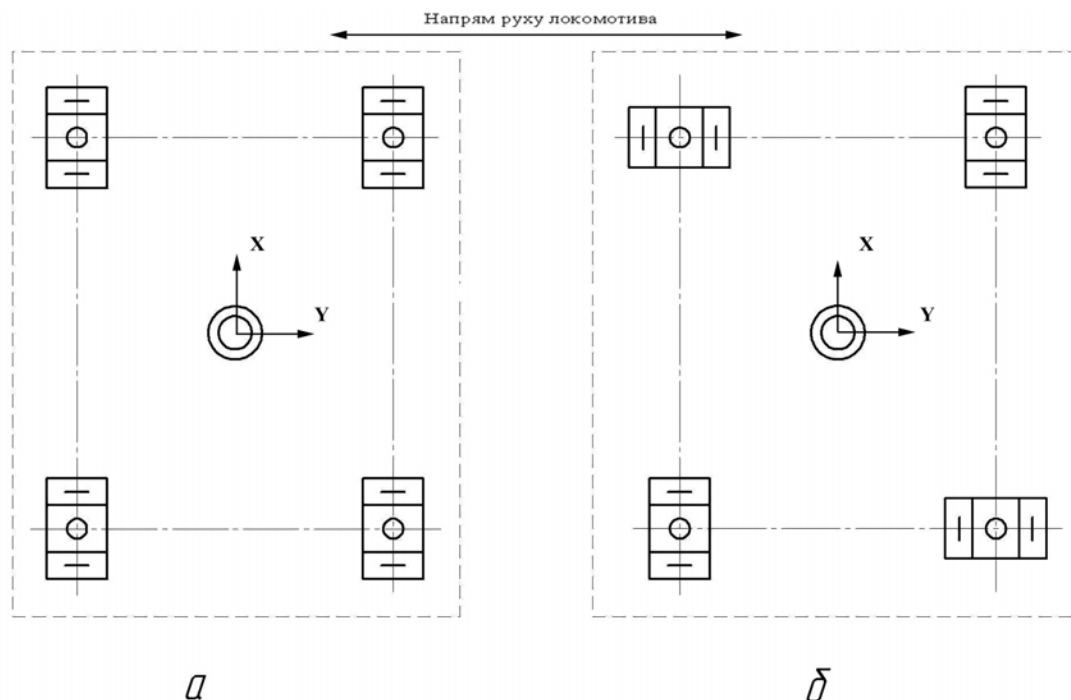


Рис. 3. Схеми розташування амортизаторів: *a* – існуюча; *б* – запропонована

Основними пропозиціями по вдосконаленню роботи системи діагностування «Магістраль ДЕ1м» є:

1. Доповнення системи реєстрацією пробігу (напрацювання) електровоза, як за весь період експлуатації, так і пробіг на момент виникнення відмови. Така пропозиція пояснюється тим, що вся інформація про надійність вузлів рухомого складу аналізується в залежності від напрацювання. В існуючій системі діагностування фіксується астрономічний час і дата відмови.

2. У зв'язку з великим обсягом інформації, що фіксується системою, необхідно оптимізувати алгоритми її роботи. Визначити раціональну періодичність опитування датчиків, удосконалити алгоритми запису даних до енергонезалежної пам'яті, необхідний обсяг пам'яті.

3. Розробити технологію зчитування інформації в локомотивних депо та технологію її подальшого аналізу.

Удосконалення системи діагностування «Магістраль ДЕ1м» дозволить виконати роботи з підвищення контролепридатності вузлів та агрегатів електровоза та уточнити перелік вузлів, що діагностуються. Інформація, отримана від системи діагностування, повинна використовуватись для розрахунку системи утримання електровозів з урахуванням їх фактичного технічного стану.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Михлик, В. М. Прогнозирование технического состояния машин [Текст] / В. М. Михлик. – М.: Колос, 1976. – 288 с.
2. Ченців, М. О. Загальний вид моделі прогнозування терміну відмови деталей машин на стадії експлуатації [Текст] / М. О. Ченців, В. М. Ручко // Межд. сб. науч. тр.: Прогресивные технологии машиностроения. – Донецк: ДонГТУ, 1998. – № 5. – С. 121-124.
3. Болотин, В. В. Ресурс машин и конструкций [Текст] / В. В. Болотин. – М.: Машиностроение, 1990. – 447 с.
4. Галкин, В. Г. Надежность тягового подвижного состава [Текст]: учебн. пособие для вузов ж.-д. трансп. / В. Г. Галкин, В. П. Парамзин, В. А. Четвергов – М.: Транспорт, 1981. – 184 с.
5. Фалидин, А. П. Розрахунок показників надійності рухомого складу [Текст] / А. П. Фалидин, П. О. Харламов, Н. Д. Чигирин // Тр. 7 Міжн. наук.-практ. конф. – Т. 6. – Д.: Наука і освіта, 2004. – С. 76-78.
6. Бакшиш, А. К. Исследование вибраций электрических машин статистическими методами [Текст] / А. К. Бакшиш, К. М. Рагульскис, Ю. К. Томанюшас // Науч. тр. вузов ЛитССР. – Рига: Вибротехника. – 1972. – Т. 16, № 3. – С. 43-44.

Надійшла до редколегії 25.12.2008.