

УДК 534.1

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВИБРОИЗМЕРЕНИЙ КОЛЕСНО-РЕДУКТОРНЫХ БЛОКОВ ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

Белоцерковский А.Б., Жовдак В.А. докт. техн.наук, проф., Смирнов М.М. канд. техн. наук, с.н.с.,

Черных О.В., Яцько С.И. канд. техн. наук, доц.

(г. Харьков, Украина)

*В статье представлена методика виброизмерений колесно-редукторных блоков вагонов метрополитена. Для проведения спектрального анализа виброускорений применялось дискретное преобразование Фурье, реализованное в системе инженерных и научных расчетов MATLAB 5.X. В ходе численных исследований определен спектр полезного сигнала.*

*Розробка методики вібровимірювань колісно-редукторних блоків вагонів метрополітену. Білоцерківський О.Б., Жовдак В.О., Смірнов М.М., Черних О.В., Яцько С.І. У статті представлена методика вібровимірювань колісно-редукторних блоків вагонів метрополітену. Для проведення спектрального аналізу вібровимірювань застосовувалося дискретне перетворення Фур'є, реалізоване в системі інженерних і наукових розрахунків MATLAB 5.X. У ході чисельних досліджень визначений спектр корисного сигналу.*

*Method preparation of vibration-surveys of wheel-reducer blocks for transit vehicles. Belocerkovsky A.B., Zhovdak V.A., Smirnov M.M., Chernih O.V., Yazcko S.I. The article represents the method preparation of vibration-surveys of wheel-reducer blocks for transit vehicles. The discrete Fourier transform is used for the spectrum analysis, which realized by means of MATLAB 5.X. The spectrum of useful signal is defined.*

### 1. Постановка задачи

Колесно-редукторный блок (КРБ) электропоездов обеспечивает передачу крутящего момента от тягового двигателя к колесной паре [2]. Он состоит из тягового редуктора, колесной пары и буксовых подшипников.

Для проверки состояния основных узлов КРБ (подшипников, зубчатых зацеплений и т.д.) используются методы безразборной диагностики, позволяющие определять степень износа деталей и выявлять опасные повреждения. Среди этих методов широко применяются методы виброизмерений. Они предполагают изучение вибрационных сигналов, снимаемых с корпуса КРБ на различных режимах работы электропоезда. Целью данной работы является исследование влияния динамических нагрузок на колесные пары ходовой тележки, проведение анализа спектрального состава усилий на колесные пары и вибрационного состояния ходовой тележки. Для этого проводилось измерение виброускорений и токов тяговых электродвигателей на различных режимах работы электропоезда. Буксовый узел КРБ электропоезда серии ЕЖ-3 с установленными на нем вибродатчиками представлен на рис. 1.

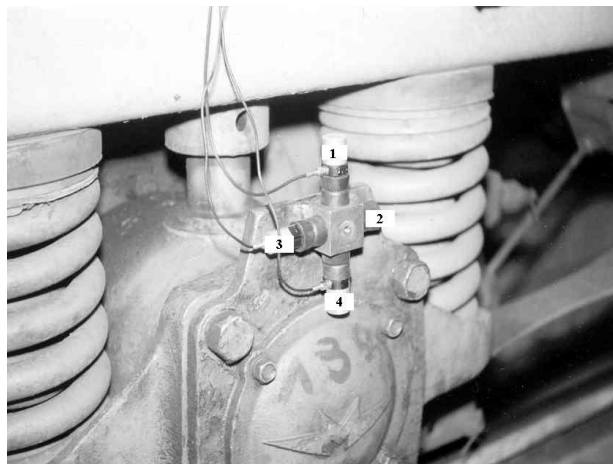


Рис. 1. Буксовый узел КРБ электропоезда серии ЕЖ-3 с установленными на нем вибродатчиками: датчики № 1, 4 – вертикальное направление; датчики № 2, 3 – поперечное направление.

## 2. Схема измерений

Согласно составленному плану эксперимента, измерения виброускорений предполагалось производить с непосредственным выводом результатов на компьютер в реальном масштабе времени. Одновременно записывалось пять сигналов: четыре от вибродатчиков, один от датчика тока в тяговых электродвигателях, специально установленного вблизи штатного амперметра и обеспечивающего необходимую амплитуду сигнала и гальваническую развязку с силовой цепью. Осциллограмма вводилась в ЭВМ, выполнялась ее оцифровка и сохранение в виде файла при помощи специальной программы с применением аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Использование усилителя сигнала позволило добиться высокой линейности и низкого уровня шума. Для виброизмерений применялись пьезоэлектрические низкочастотные вибродатчики KD39, KD45. Структурная измерительная схема эксперимента представлена на рис. 2.

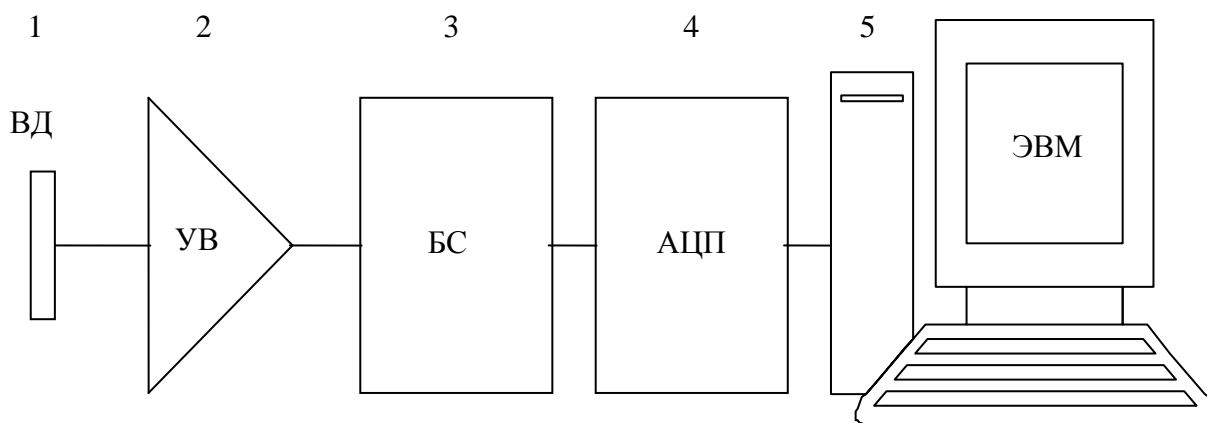


Рис. 2. Структурная измерительная комплекса: 1 – вибродатчик, 2 – усилитель вибродатчиков, 3 – блок согласования и гальванической развязки с компьютером, 4 – контроллер с АЦП, 5 – ЭВМ.

План эксперимента, согласованный со службой эксплуатации, предусматривал измерения виброускорений и токов тяговых электродвигателей на следующих режимах работы электропоезда: разгон, движение по инерции и торможение.

## 3. Методика обработки измерений и результаты

Для регистрации, обработки и просмотра осциллограмм в реальном масштабе времени были разработаны соответствующие программы. Обработка осциллограмм осуществлялась на основе системы инженерных и научных расчетов MATLAB 5x с помощью дискретного преобразования Фурье [1].

Дискретное прямое преобразование Фурье  $X(k)$  для одномерного массива  $x(j)$  длины  $N$  имеет вид:

$$X(k) = \sum_{j=1}^N x(j) e^{2\pi i N(j-1)(k-1)}. \quad (1)$$

Основное назначение преобразования Фурье заключается в выделении частот и амплитуд регулярных составляющих сигнала, зашумленного помехами. Амплитуды регулярных гармоник определялись следующим образом:

$$A(k) = 2|X(k)|/N. \quad (2)$$

Поскольку исследуемый процесс является нестационарным (изменяется скорость движения электропоезда на перегоне), то для анализа таких данных необходимо выбирать квазистационарные участки (участки с постоянной скоростью), длина которых достаточно велика для получения статистически достоверных результатов при данных условиях эксперимента [1].

На рис. 3 показана зависимость основных частотных составляющих виброускорений от скорости движения, зарегистрированных датчиком № 1 для одного из участков движения под уклон с разгоном.

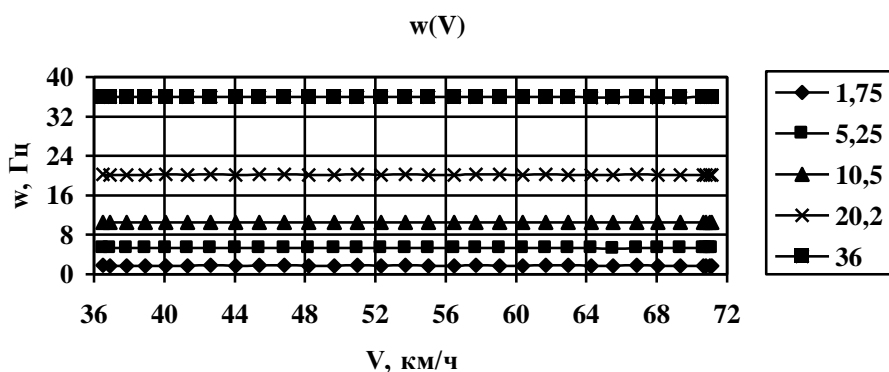


Рис. 3. Зависимость частотных составляющих виброускорений от скорости движения электропоезда.

На рис. 3 справа показан спектр частот полезного сигнала в герцах, из которого следует, что в рассматриваемом диапазоне частот спектр сигнала от скорости движения практически не зависит. Из данного анализа следует, что полученные частоты определяются спектром собственных частот КРБ. Как показали численные исследования, частота 1,75 Гц соответствует вертикальным колебаниям кузова вагона электропоезда, частоты 5,25, 10,5, 20,2 и 36 Гц – изгибным колебаниям рамы тележки вагона.

Рассмотрим, как изменяются значения амплитуд виброускорений для выбранных частот в зависимости от скорости движения электропоезда на участке движения под уклон с разгоном (рис. 4).

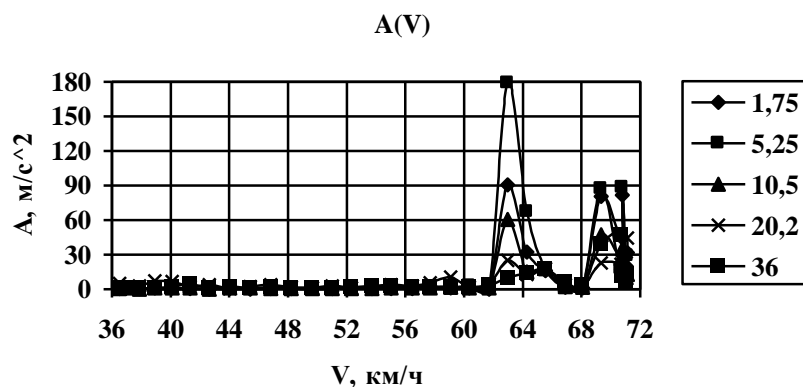


Рис. 4. Зависимость значений амплитуд виброускорений от скорости движения электропоезда.

Из рис. 4. видно, что при движении электропоезда под уклон с разгоном наблюдаются резкие изменения значений амплитуд виброускорений на скоростях 40-50 км/ч (разгон) и 60-70 км/ч (движение под уклон с разгоном), что обусловлено развитием резонансных колебаний на данных скоростях.

#### Выводы

1. Обнаружен частотный спектр, соответствующий собственным колебаниям объекта.
2. Наблюдается увеличение амплитуд спектра сигнала на скоростях 40-50 км/ч (разгон) и 60-70 км/ч (движение под уклон с разгоном), что обусловлено развитием резонансных колебаний на данных скоростях.

#### Литература

1. Бендат Дж., Пирсол А. Применения корреляционного и спектрального анализа: Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 312 с.
2. Фадеев С.В., Сергеев А.А., Смирнов В.А. Комплекс диагностики колесно-редукторных блоков // Локомотив. Ежемесячный массовый производственный журнал. Июль 2002. № 7. С. 22-24.