

С.И.ЯЦЬКО, канд.техн.наук, УкрГАЗТ; **В.В.КАРПЕНКО**,
канд.техн.наук; **А.Е.КОВАЛЕВ**; ГП завод «Электротряжмаш»

ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРОНАГРУЖЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕЛЕЖЕК ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЭПЛ-9Т

Розглянуто питання визначення вібронавантаження в умовах рядової експлуатації елементів ходової частини електропоїзда ЕПЛ-9Т, виробництва ВАТ ХК «Луганськтепловоз». Отримано залежності пікових і середніх квадратичних значень віброприскорень букси, рами візка і тягового електродвигуна від швидкості руху електропоїзда. Дано оцінку впливу електромагнітних збурювань двигуна на результати вимірів. Отримані дані будуть використані в конструкторській практиці при проектуванні нових і доведенню серійних елементів ходової частини електропоїзда.

The questions of definition the vibration load in conditions the ordinary of maintenance of elements of a running part of an electrotrain EPL-9T, manufacture company «Luganskteplovoyz» are considered. The dependences of peak and average quadratic values vibration of acceleration, frame of the carriage, bearing assembly and of the electric motor from speed of driving of an electrotrain are obtained. The estimation of influence of electromagnetic perturbations of a drive on results of measurements is given. The obtained datas will be used in designer practice at projection new and operational development of serial elements of a running part of an electrotrain.

Введение. ХК «Лугансктепловоз» впервые в Украине разработан и изготовлен электропоезд ЭПЛ-9Т. В электропоезде применены: тележка и букса моторного вагона производства Россия (г. Тихвин), тележка и букса прицепного вагона производства ХК «Лугансктепловоз» и тяговые электрические двигатели (ТЭД) постоянного тока, с опорно-рамной подвеской, поставляемый Рижским электромеханическим заводом (Латвия).

Важной составной частью проектирования тягового подвижного состава (ТПС) является определение вибронагруженности его элементов в условиях рядовой эксплуатации.

Анализ последних достижений и публикаций. Ранее проведенные эксплуатационные испытания ТПС [1] дают сведения о вибронагруженности ходовой части локомотивов, однако не учитывают особенности нагружения конструктивных элементов тележек электропоездов. Кроме того, требования по режимам стендовых вибропрочностных испытаний в нормативных документах [2] устанавливаются в обобщенном виде. Так для ТЭД с опорно-рамным приводом указывается величина среднего квадратичного значения результирующего вектора без указания составляющих по направлениям. Отсутствие данных о реальном нагружении конструктивных элементов тележек электропоездов усложняет задачу обеспечения адекватности моделируемых процессов реальным значениям.

Цель работы. Целью исследований являлись определение уровней виброускорений на буксе, раме тележки и корпусе тягового электродвигателя для анализа источников механической вибрации и использование полученных результатов в практике проектирования и совершенствования методик стендовых вибропрочностных испытаний элементов тележек электропоездов отечественного производства.

Материал и результаты исследований. Исследования проводились в рамках проведения тягово-энергетических испытаний на электропоезде без пассажиров в декабре 2004 года в моторвагонном депо г. Фастова, на участке дороги Фастов-Кожанка.

Замеры виброускорений осуществлялись в вертикальном, поперечном и продольном направлениях на трех конструктивных элементах электропоезда:

- на буксе первой тележки головного вагона;
- на раме первой тележки головного вагона;
- на корпусе тягового электродвигателя моторного вагона, составляющего секцию с головным вагоном.

Виброускорения измерялись анализатором спектра вибрации 795М с использованием вибропреобразователей типа КД35. При этом анализатор спектра вибрации 795М настраивался на режим спектрального анализа виброускорений в диапазоне частот от 5 до 1000 Гц с разрешением 1600 линий быстрого преобразования Фурье. Данные замеров обрабатывались методами спектрального и регрессионного анализов, с использованием стандартных прикладных программ обработки данных.

На рис. 1 показано место установки вибропреобразователей на буксе первой тележки головного вагона и на корпусе тягового электродвигателя. Крепление вибропреобразователей в местах замеров осуществлялась посредством магнитов таблеточного типа.

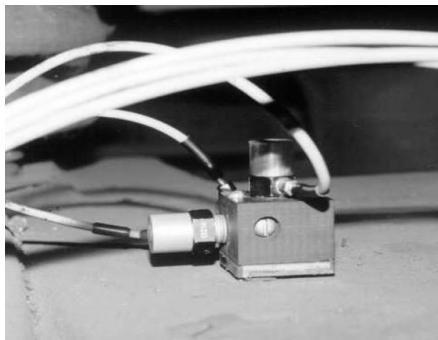
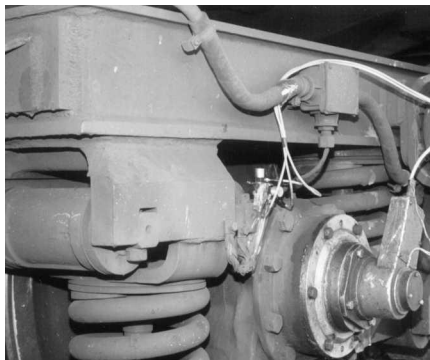


Рисунок 1 – Установка вибропреобразователей на буксе первой тележки головного вагона и на корпусе тягового двигателя

В процессе проведения исследований произведено 232 замера, в том числе на буксе первой тележки головного вагона – 126, на раме первой тележки головного вагона – 71, на корпусе тягового электродвигателя моторного вагона – 35.

В работе приведены пиковые и средние квадратичные значения (СКЗ) виброускорений. Величина среднего квадратичного значения виброускорения

A_e определяется по формуле $A_e = \sqrt{\sum_{i=1}^n A_{ei}^2}$, где A_{ei}^2 – среднее квадратичное

значение виброускорения, полученное при спектральном анализе для i -й составляющей спектра быстрого преобразования Фурье. Вычисление среднего квадратичного значения спектра виброускорений реализовано на аппаратном уровне в анализаторе спектра вибрации 795М.

Максимальная величина пиковых значений и СКЗ виброускорений на буксе, раме тележки и на корпусе ТЭД, а так же коэффициенты линейной корреляции виброускорений и скорости движения электропоезда приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Максимальные значения виброускорений

Элемент ходовой части	Направление	Виброускорение, м/с ²	
		Пиковое	СКЗ
Букса	Вертикальное	63,7	20,2
	Поперечное	108,6	33,8
	Продольное	48,9	21,1
Рама тележки	Вертикальное	27,0	13,3
	Поперечное	22,2	7,5
	Продольное	11,1	3,9
ТЭД	Вертикальное	10,4	4,3
	Поперечное	7,4	2,8
	Продольное	12,2	6,2

Зависимости пиковых значений и СКЗ виброускорений в вертикальном направлении исследуемых элементов от скорости движения электропоезда приведены на рис. 2 и 3.

Определяющим фактором, влияющим на величину виброускорений буксы по всем направлениям в полосе частот от 5 до 1000 Гц, является скорость движения электропоезда.

Для рамы тележки величина пиковых виброускорений в вертикальном и продольном направлениях, а так же СКЗ виброускорений в продольном направлении существенно зависит от скорости движения электропоезда. СКЗ виброускорений в вертикальном и поперечном направлениях и пиковые зна-

чения виброускорений на раме тележки имеют слабую зависимость от скорости движения электропоезда.

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции виброускорений и скорости движения

Элемент ходовой части	Направление	Виброускорение, m/s^2	
		Пиковое	СКЗ
Букса	Вертикальное	0,88	0,87
	Поперечное	0,57	0,57
	Продольное	0,86	0,80
Рама тележки	Вертикальное	0,57	0,40
	Поперечное	0,32	0,29
	Продольное	0,94	0,93
ТЭД	Вертикальное	0,10	0,02
	Поперечное	0,13	0,13
	Продольное	0,29	0,20

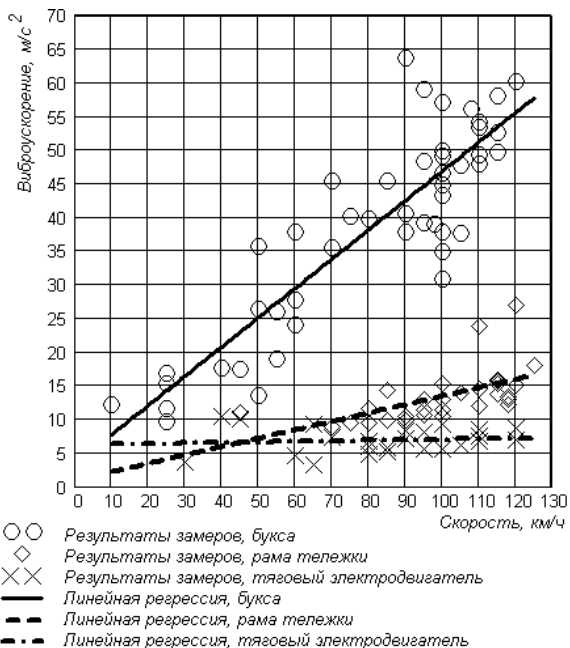


Рисунок 2 – Зависимость пиковых виброускорений от скорости движения в вертикальном направлении

Величина виброускорений корпуса ТЭД существенно не зависит от скорости движения электропоезда. Предположительно, уровень вибрации ТЭД

определяется режимом его работы (тяга, выбег). Однако, в связи с тем, что во время проведения исследований величина электрической мощности не фиксировалась, установить такую зависимость не представилось возможным.

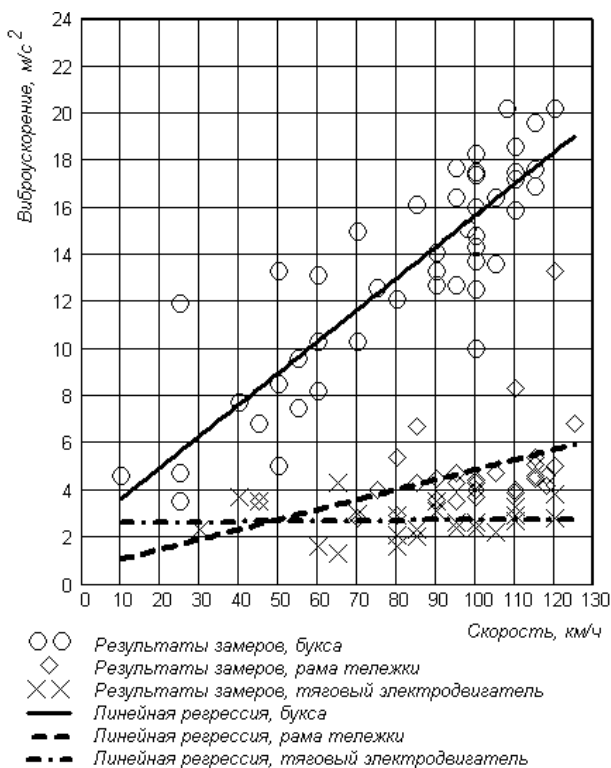


Рисунок 3 – Зависимость СКЗ виброускорений от скорости движения в вертикальном направлении

В качестве примеров на рис. 4, 5 и 6 показаны спектры виброускорений в вертикальном направлении на буксе, раме тележки и корпусе ТЭД.

Анализ спектров виброускорений буксы показал, что значительная доля вибрации (до 70 % общего уровня вибрации) обусловлена составляющими спектра на частоте свыше 100 Гц.

Характерной особенностью спектра рамы тележки является существенно меньший по сравнению с буксой уровень высокочастотных составляющих вибрации (до 30 % общего уровня).

Спектр виброускорений корпуса двигателя характеризуется наличием низкочастотных составляющих на частоте до 100 Гц включительно, преимущественно в режиме тяги, и незначительным уровнем высокочастотных со-

ставляющих. На спектрах виброускорений корпуса ТЭД и рамы тележки при больших скоростях движения явно выделяется составляющая на частоте 7-10 Гц, совпадающая с оборотной частотой оси колесной пары.

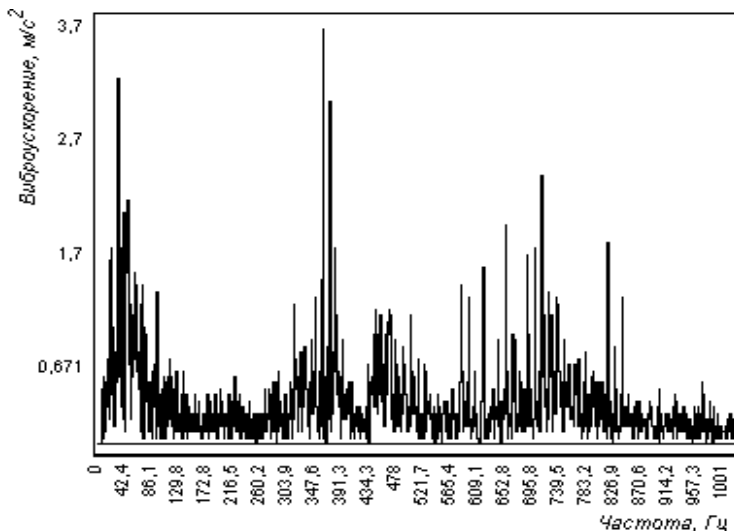


Рисунок 4 – Спектр виброускорений буксы в вертикальном направлении при скорости 120 км/ч

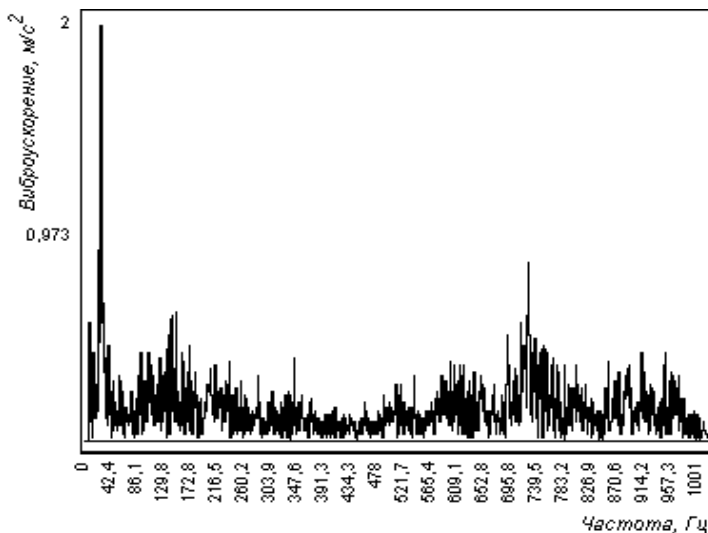


Рисунок 5 – Спектр виброускорений рамы тележки в вертикальном направлении при скорости 120 км/ч

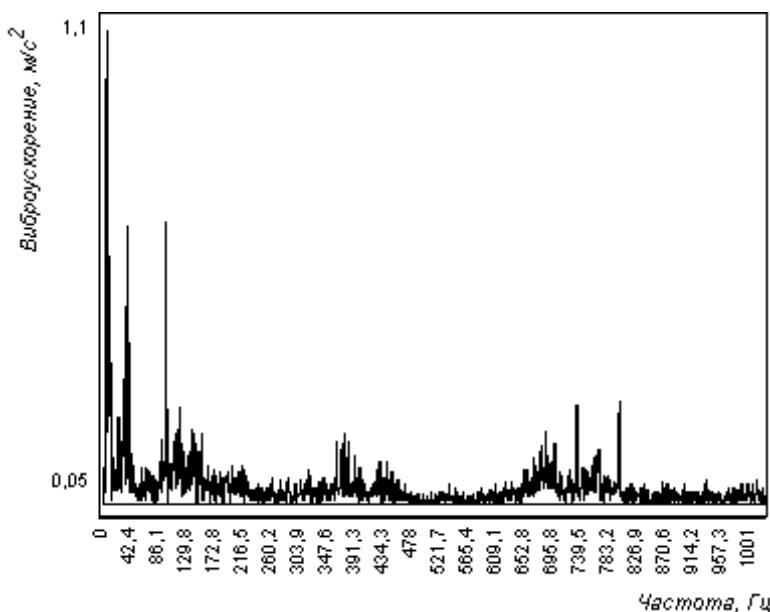


Рисунок 6 – Спектр виброускорений корпуса ТЭД в вертикальном направлении при скорости 110 км/ч

Анализ уровней виброускорений исследуемых элементов показал, что полученные максимальные значения виброускорений меньше нормативных, хотя имеют более широкий спектр, чем предусмотрено стандартом [3].

Кроме того, в режиме тяги в спектре виброускорений ТЭД проявляется составляющая на частоте пульсации электрического тока – 100 Гц. При этом величина этой составляющей составляет до 2,3 м/с² в вертикальном направлении и до 4,2 м/с² в продольном направлении.

Выводы.

1. Определяющим фактором, влияющим на величину виброускорений буксы в полосе частот от 5 до 1000 Гц, является скорость движения электропоезда, при этом в спектре вибрации доминирующими являются составляющие на частоте свыше 100 Гц. Коэффициенты корреляции виброускорений буксы и скорости движения составляют от 0,57 до 0,88 для различных направлений.

2. Уровень виброускорений на раме тележки значительно ниже, чем на буксе. В первую очередь это связано с гашением высокочастотных составляющих вибрации в элементах рессорного подвешивания тележки.

3. Вибрация корпуса ТЭД с опорно-рамной подвеской в значительной степени связана с режимом его работы. Уровень виброускорений на частоте

пульсации электрического тока достигает $4,2 \text{ м/с}^2$.

4. Соотношение между вертикальной, поперечной и продольной составляющими для пиковых виброускорений ТЭД выражается пропорцией 1:0,85:0,87, а для средних квадратичных значений – 1:0,83:0,87 и может быть принято для задания режимов стендовых вибропрочностных испытаний.

5. Полученные результаты используются в конструкторской практике при проектировании и испытаниях новых и серийно выпускаемых элементов тележек электропоездов.

Список литературы: 1. *Евстратов А.С.* Экипажные части тепловозов. – М., 1987. – 136 с. 2. ГОСТ 2582-81. Машины электрические вращающиеся тяговые. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 50 с. 3. ГОСТ 30631-99. Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации. – Киев, Госстандарт Украины, 2000. – 32 с.

Поступила в редколлегию 30.06.2007.