Выводы:

1. Предлагается новое поколение систем автоматического контроля и диагностики, расцентровок и дефектов сборки роторов турбоагрегатов с определением корректирующих центровок роторов с использованием полного или частичного комплекта датчиков относительных смещений вала.

2. Система впервые позволяет получить и контролировать ремонтно-технологическую информацию о величине фактических погрешностей сборки валопровода.

3. Применение полной системы датчиков вала позволяет автоматически измерять с высокой степенью точности тренды изменения размеров целого ряда дефектов (коленчатость, маятник, остаточный прогиб, задевания по баббиту, статические и динамические перекосы в подшипнике, расцентровки опор (нарушение взаимного положения опор), повышенные статические и динамические реакции в опорах и пр.).

Библиографический список

1. Куменко, А.И. Диагностика напряженного состояния при колебаниях валопровода с использованием датчиков перемещений вала / А. И. Куменко, О.А. Злобин // Электрические станции. – 2012. – № 12. – С. 48–51.

2. Использование датчиков вала для диагностики, наладки и корректировки расцентровок роторов по полумуфтам на турбоагрегатах Рефтинской ГРЭС / А. И. Куменко, О.А. Злобин, А.В. Тимин [и др.] // Надежность и безопасность энергетики. – 2013. – № 1.

УДК 629.423

*А.Е. Цурпаль, A.E. Tsurpal, e-mail: post@dynamucs.ru*
*В.В. Басакин, V.V. Basakin, e-mail: post@dynamucs.ru*
*М.С. Илюшин, M.S. Ilushin, e-mail: post@dynamucs.ru*
ООО «НПЦ «Динамика», г. Омск, Россия
Ltd. «SPC «Dynamics», Omsk, Russia

## АНАЛИЗ ВИБРОАКТИВНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА

## ANALYSIS OF VIBRATION IN ELECTRIC TRAIN MECHANICAL PARTS

Совершенствование методик определения технического состояния узлов механической части электропоездов в процессе эксплуатации является актуальной задачей. В работе представлены результаты исследований по установлению диапазона изменения параметров вибрации узлов механической части электропоезда, для формирования требований к величине динамического диапазона измерительных каналов при разработке бортовой системы вбродиагностики и мониторинга технического состояния механического оборудования электропоездов.

Improving techniques definition of technical status of nodes mechanical part of Trains in the process operation is an ongoing challenge. The work presents the results of researches on an establishment of a range of change parameters vibration of nodes mechanical part of the electric train, for the formation of requirements to the size of the dynamic range of measurement channels when developing on-Board system of vibration diagnostics and monitoring the technical condition of mechanical equipment electric trains.

Ключевые слова: *виброактивность, электропоезд, виброакустический анализ, динамическая ошибка, мониторинг технического состояния, вибропараметры*

Keywords: *vibration activity, rolling stock, vibroacoustic analysis, dynamic error, health monitoring, vibration parameters*

В процессе эксплуатации рельсового подвижного состава деградация технического состояния наиболее ответственных узлов, подверженных внезапным отказам, ограничивает межремонтный пробег подвижного состава в целом. К ним в первую очередь относятся узлы электрического и механического оборудования, устранение неисправностей которых в процессе эксплуатации затруднено [1].

Наиболее эффективными методами обнаружения неисправностей роторного механического оборудования являются тепловой и виброакустический. Однако тепловой метод позволяет лишь констатировать факт разрушения узла, либо выявлять дефекты на поздней стадии их развития, в то же время виброакустический метод неразрушающего контроля позволяет обнаруживать как зарождающиеся, так и развитые дефекты [2, 3].

Целью проведенного исследования является установление диапазона изменения параметров вибрации узлов механической части рельсового подвижного состава для формирования требований к величине динамического диапазона измерительных каналов при разработке бортовой системы вбродиагностики и мониторинга технического состояния механического оборудования рельсового подвижного состава.

Для достижения поставленной цели:

– разработана методика и создана экспериментальная установка для записи виброакустических сигналов и сбора информации о значениях параметров вибрации узлов электропоезда в процессе движения;

– проведены экспериментальные исследования по записи виброакустических сигналов в реальных условиях эксплуатации подвижного состава;

– по экспериментальным данным построены и аппроксимированы распределением Вейбулла-Гнеденко эмпирические функции распределения вероятности значений параметров вибрации;

– проведен расчет основных статистических характеристик.

На рисунке 1 представлены графики эмпирических функций распределения (ЭФР) вероятности значений виброускорения для различных типов узлов (жирными линиями красного цвета – для буксовых узлов прицепных вагонов, зеленого цвета – для буксовых узлов моторных вагонов и синего цвета – для тяговых электродвигателей)

Тонкими линиями тех же цветов показаны полученные путем аппроксимации распределением Вейбула-Гнеденко теоретические функции распределения (ТФР).

Рис. 1. ЭФР и ТФР вероятности СКЗ виброускорения

Из информации, представленной на рисунке 1, можно сделать вывод о том, что виброускорение, измеренное на узлах рельсового подвижного состава в процессе движения, изменяется в широких пределах и может достигать значений на несколько порядков больших по сравнению с вибрацией стационарного машинного оборудования. Так, математическое ожидание СКЗ виброускорения измеренного на наиболее виброактивных – буксовых узлах прицепных вагонов (БП) превышает 45 м/с$^2$, а математическое ожидание СКЗ виброускорения измеренного на тяговых электродвигателях (ТЭД) и буксовых узлах моторных вагонов (БМ) достигает практически 30 м/с$^2$.

В то же время СКЗ виброускорения измеренного на тяговых электродвигателях имеет максимальное стандартное отклонение (СКО) – около 60 м/с$^2$, что свидетельствует о наличие узлов с повышенной вибрацией. То же можно отнести и к буксовым узлам прицепных вагонов, СКО среднеквадратических значений виброускорения для которых составляет 53 м/с$^2$, а максимальное значение – практически 300 м/с$^2$. Максимальное же значение СКЗ виброускорения измеренного на тяговых электродвигателях составляет 477 м/с$^2$.

Достаточно высокая достоверность аппроксимации, а также близкие к единице значения параметров формы распределений Вейбулла-Гнеденко свидетельствуют о соответствии распределений измеренных значений экспоненциальному закону, что также подтверждает наличие узлов с повышенным уровнем вибрации.

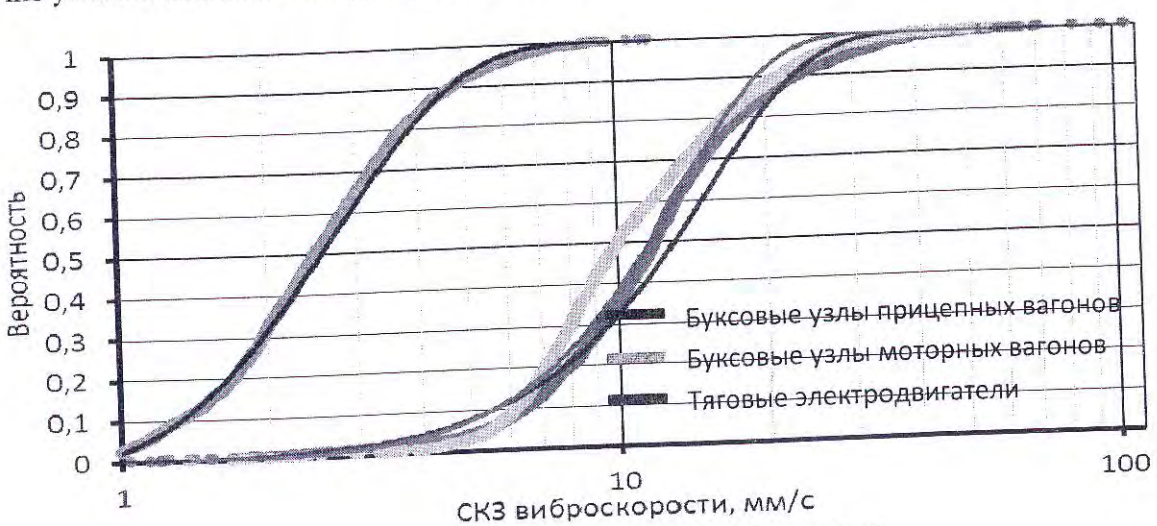



Рис. 2. ЭФР и ТФР вероятности СКЗ виброскорости

На рис. 2 представлены распределения вероятности значений виброскорости. Из представленной на рисунке 2 информации следует, что наибольшей виброактивностью по параметру «СКЗ ВИБРОСКОРОСТИ» являются буксовые узлы. Средние (12-14 мм/с) и максимальные значения (50-100 мм/с), а также стандартное отклонение (7-8 мм/с) СКЗ виброскорости измеренной на этих узлах в разы выше, чем на тяговых электродвигателях. Если СКЗ виброускорения, измеренного на тяговых электродвигателях, имеют стандартное отклонение сопоставимое с удвоенным математическим ожиданием, то СКЗ виброскорости, измеренной на данных узлах, имеют намного меньший разброс. Значения параметра формы распределения близкие к двум свидетельствуют о соответствие данных распределений закону Релея.

На рис. 3 представлены распределения СКЗ виброперемещения. Параметры формы данных распределений близки к параметрам формы распределений СКЗ виброскорости. Наиболее виброактивными по «СКЗ ВИБРОПЕРЕМЕЩЕНИЯ», так же как и по «СКЗ ВИБРОСКОРОСТИ» являются буксовые узлы прицепных вагонов, а наименее виброактивными тяговые электродвигатели.

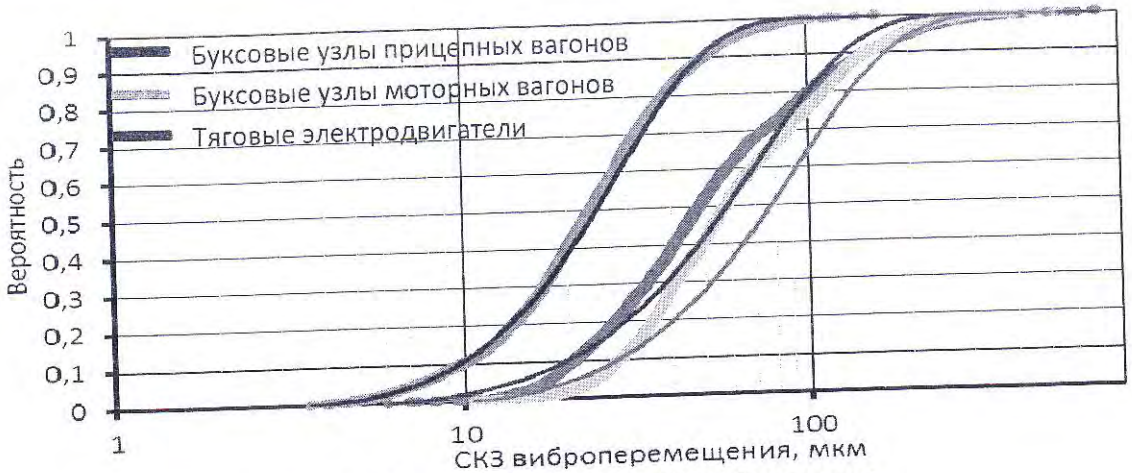



Рис. 3. ЭФР и ТФР вероятности СКЗ виброскорости

Выводы:

1. Наиболее виброактивными являются буксовые узлы немоторных колесных пар, для которых среднеквадратические значения виброускорения, виброскорости и виброперемещения в процессе движения достигают 300 м/с$^2$, 100 мм/с и 700 мкм соответственно, а средние значения этих параметров составляют – 45 м/с$^2$, 14 мм/с и 70 мкм;

2. Полученные результаты позволяют сформулировать требования к величине динамического диапазона измерительных каналов при разработке бортовых систем вибродиагностики и мониторинга технического состояния механического оборудования рельсового подвижного состава.

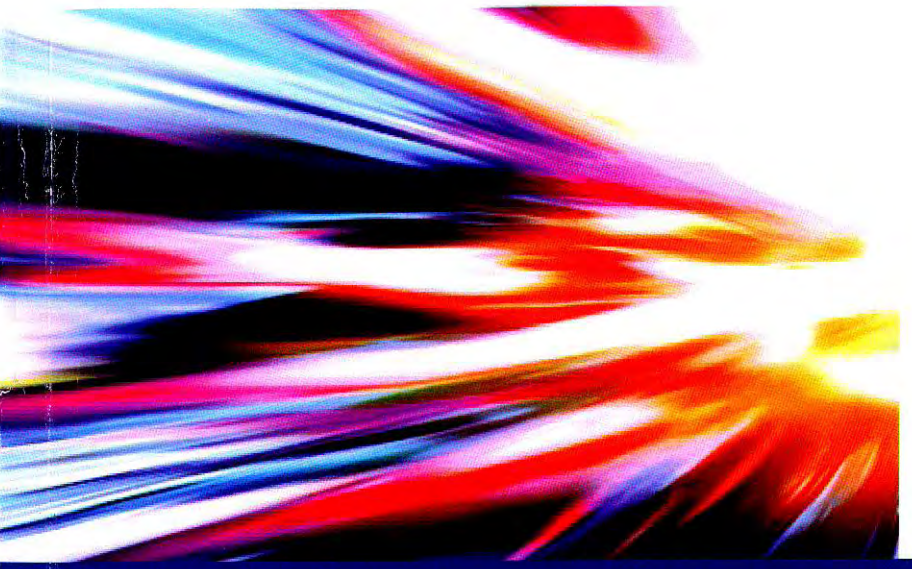
Библиографический список

1. Безопасная ресурсосберегающая эксплуатация МВПС на основе мониторинга в реальном времени /В. Н. Костюков, С.В. Сизов, В.П. Аристов, Ан.В. Костюков // Наука и транспорт. – 2008. – С. 8–13.

2. Костюков, В. Н. Непрерывный мониторинг состояния моторвагонного подвижного состава /В. Н. Костюков, С.В. Сизов, В.П. Аристов, Ал.В. Костюков, Д.В. Казарин // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 6. – С. 41–42.

3. Костюков, В.Н. Мониторинг безопасности производства / В.Н. Костюков. – М.: Машиностроение, 2002. – 224 с.

ISSN 2310-9793



Омский
государственный
технический
университет

# ДИНАМИКА СИСТЕМ, МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

№ 4, 2014

Радиотехнические системы, устройства и СВЧ-технологии, информационно-телекоммуникационные системы и безопасность

Вибродиагностика, мониторинг, риски

Техносферная безопасность

ISSN 2310-9793

# ДИНАМИКА СИСТЕМ, МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

# DYNAMICS OF SYSTEM, MECHANISMS AND MASHINES (DYNAMICS)

*Шесть номеров в год*
*с периодичностью один раз в два года*

**№ 4, 2014**

Учредитель:

*Омский государственный технический университет*

Редакционная коллегия:

*В. В. Шалай, доктор технических наук*
*Е. А. Андреева, доктор технических наук*
*П. Д. Балакин, доктор технических наук*
*С. В. Бирюков, доктор технических наук*
*А. В. Бубнов, доктор технических наук*
*Ю. А. Бурьян, доктор технических наук*
*В. Н. Горюнов, доктор технических наук*
*А. А. Колоколов, доктор физ.-мат. наук*
*А. В. Косых, доктор технических наук*
*В. И. Левченко, доктор технических наук*
*Ю. К. Машков, доктор технических наук*
*А. П. Моргунов, доктор технических наук*
*В. И. Потапов, доктор технических наук*
*В. Ф. Фефелов, кандидат химических наук*

Главный редактор:

*А. В. Косых,*
*первый проректор –*
*проректор по научной работе ОмГТУ*

© ОмГТУ, 2014

Технические редакторы:

*О. И. Бабенко*
*Р. Х. Багаутдинова*
*М. А. Галега*
*М. С. Романовская*
*М. А. Федорова*
*И. М. Чумаченко*
*И. В. Шукшина*

Язык публикаций:
русский, английский

Дата и номер договора о включении рецензируемого научного издания в систему Российского индекса научного цитирования:
213-04/2014 от 14.04.2014

Адрес в РИНЦ:
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=50500

Адрес редакции:
644050, г. Омск, пр. Мира, 11, каб. 203а
Контактный телефон:
8 (381-2) 65-35-36
e-mail: fap_omsk@omgtu.ru
Телефон для рекламодателей: 65-35-36

В журнал вошли материалы конференции «Динамика систем, механизмов и машин», которая проводится в ОмГТУ с 1995 г.

Дата создания журнала 2014 г.

Печатается в авторской редакции

Компьютерная верстка *О. Г. Белименко*

Подписано в печать 16.10.14. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Отпечатано на дупликаторе. Усл. печ. л. 18,00. Уч.-изд. л. 18,00.
Тираж 200 экз. Заказ 594.

---

Издательство ОмГТУ. 644050, г. Омск, пр. Мира, 11; т. 23-02-12.
Типография ОмГТУ