

усовершенствования программного обеспечения и увеличения мест проведения диагностики.

- время диагностики одного колесно-моторного блока (или колесно-редукторного) должно составлять не более 3 мин.

- время проведения подготовительных операций для диагностики одного колесно-моторного блока должно составлять не более 20 мин.

Обработка информации, поступающей от вибропреобразователей, для повышения достоверности должна осуществляться на основе принципа информационной полноты в частотной и временной областях, впервые сформулированным применительно к задачам диагностики и мониторинга В.Н. Костюковым в 1995 г. Обеспечение высокой производительности и низкой ошибки диагностирования возможно только путем исключения человека из контура диагностирования за счет создания автоматической экспертной системы, базирующейся на векторе ортогональных диагностических признаков, связанных с соответствующими классами неисправностей. Поиск, выявление и обоснование таких диагностических признаков, а также установление их связи с фактическими классами неисправностей, наблюдаемыми при эксплуатации и ремонте КМБ, составляют предмет дальнейших работ в этом направлении. Другой важной задачей является самодиагностика диагностического комплекса от датчика до дисплея, включая контроль правильности установки датчика на объект диагностирования, поскольку от этого существенно зависит достоверность диагностирования КМБ в целом и безопасность перевозок.

А.В. Зайцев, аспирант ОмГУПС

В.Н. Костюков, научный руководитель, д.т.н., профессор

Омский Государственный университет путей сообщения, г.Омск

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ С УЧЕТОМ ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ ТЕЛ КАЧЕНИЯ

Опыт диагностики подшипников качения показывает, что часто в спектре виброакустического сигнала присутствуют составляющие, не равные расчетным дефектам, но близки к ним. В то же время разборка подшипника показывает наличие дефекта, поэтому весьма актуальной является задача уточнения формул для расчета дефектов.

Вибрация подшипников качения характеризуется широким спектром частот. В спектре имеются гармоники несинхронных пиков (подшипниковых частот). Характерной особенностью спектров подшипников качения являются низкие амплитуды вибрации на ранней стадии развития дефекта, а при его развитии – появление широкополосных энергетических горбов. По мере износа подшипников возрастают вибрации с обратной частотой.

Обычно на ранней стадии развития дефектов подшипника появляются признаки дефектов только одного из колец и затем другого. Так как внутреннее кольцо находится дальше от точки измерения, при одинаковой вибрации дефект внутреннего кольца будет более существенным, чем дефект наружного кольца. В спектре достаточно часто частотные составляющие, характерные для дефектов колец, модулируются частотой вращения ротора, приводя к появлению боковых полос.

Сегодня для контроля технического состояния оборудования используют общий уровень (СКЗ) виброускорения, а для определения конкретных неисправностей применяют спектральный анализ огибающей виброакустического сигнала.

Подшипники стремятся конструировать таким образом, чтобы при их работе реализовалось «чистое» качение, т.е. отсутствовало проскальзывание шариков или роликов относительно колец. Проскальзывание приводит к повышению сопротивления вращению подшипника и снижению его долговечности. У ненагруженных подшипников чистое качение будет в том случае, если касательные, проведенные к точкам контакта по обе стороны шарика или продолжения линий контакта ролика, пересекаются на оси подшипника. Причины появления при работе подшипника проскальзывания между кольцами и телами качения связаны с особенностями конструкции, а также с рейнольдсовским микропроскальзыванием, вызванным различием упругих деформаций контактирующих тел. Анализ кинематики подшипников качения показывает, что значения частот дефектов изменяются, выражения для их расчета имеют вид:

1. Частота вращения сепаратора (FTF)

$$f_{FTF} = \frac{f_1}{2} \cdot (1 \pm \delta \cdot \cos \gamma) \quad (1)$$

2. Частота прохождения тел качения по наружному кольцу (BPFO)

$$f_{BPFO} = f_1 \cdot \frac{z}{2} \cdot (1 - \delta \cdot \cos \gamma) \quad (2)$$

3. Частота прохождения тел качения по внутреннему кольцу (BPFI)

$$f_{BPFI} = f_1 \cdot \frac{z}{2} \cdot (1 + \delta \cdot \cos \gamma) \quad (3)$$

4. Частота вращения тел качения (BSF)

$$f_{BSF} = f_1 \cdot \frac{1}{\delta} \cdot [1 \pm (\delta \cdot \cos \gamma)^2] \quad (4)$$

где δ - коэффициент проскальзывания

$$\delta = \frac{1,3 \cdot R}{1,3 \cdot R \cdot \frac{d_0}{d_{т.к.}} + 0,5 \cdot z \cdot F \cdot (1 + f) \cdot \left(\frac{d_0}{d_{т.к.}} - 1\right)} \quad (5)$$

где f_1 - частота вращения ротора;

$d_{т.к.}$ - диаметр тел качения;

d_0 - диаметр делительной окружности, проходящей через центры тел качения;

γ - угол контакта;

“+” - используется, если вращается наружная обойма (для “±”);

“-” - используется, если вращается внутренняя обойма (для “±”);

z - число тел качения.

R - радиальная нагрузка на подшипник, г.

F - центробежная сила, развиваемая одним роликом при вращении его относительно оси подшипника, г.

$$F = 8.56 \cdot 10^{-6} \cdot n^2 \cdot d_{Т.К.}^2 \cdot l_p \cdot \frac{(d_0 \pm d_p)^2}{d_0}, \quad (6)$$

где $d_{Т.К.}$ и l_p - соответственно диаметр и длина ролика, см.

n - частота вращения, об/мин.

При вращении наружного кольца принимают знак “+”, при вращении внутреннего кольца принимают знак “-”.

Приняв $\delta = \frac{d_{Т.К.}}{d_0}$, получим классические формулы, используемые всеми для расчета частот дефектов.

Расчет изменений частот дефектов для подшипников разных типов показывает, что с ростом частоты вращения

- частота дефекта сепаратора f_{FTF} увеличивается;
- частота дефекта внутреннего кольца f_{BPFI} уменьшается;
- частота дефекта наружного кольца f_{BPFO} увеличивается;
- частота дефекта тел качения может f_{BSF} увеличиться.

На рисунке 1 приведен график отклонений частот дефектов подшипника качения, с ростом частоты вращения.

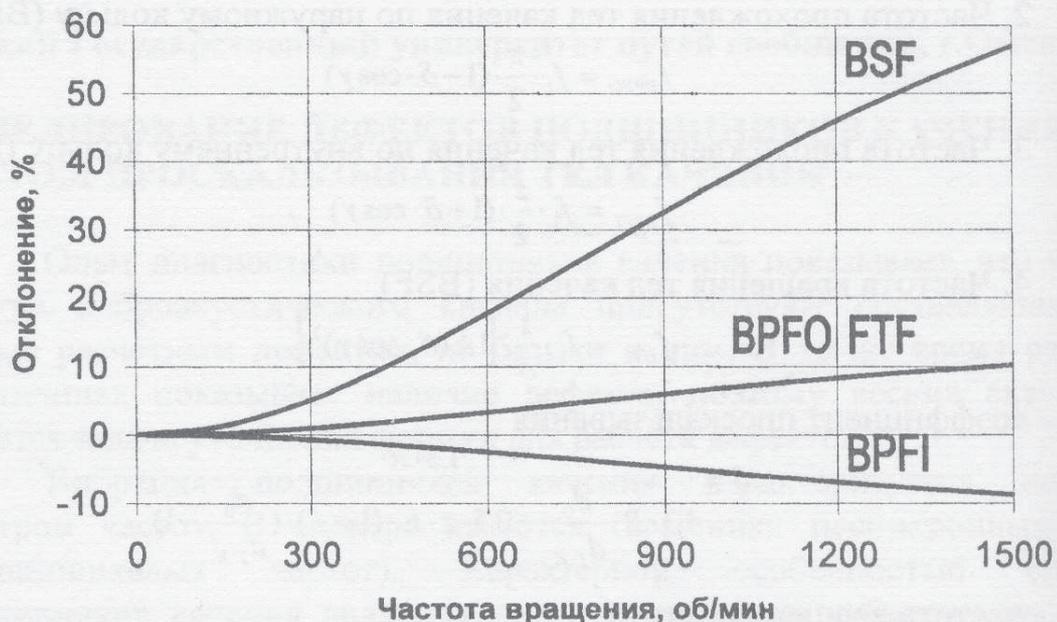


Рисунок 1 – Отклонение частот дефектов подшипника качения созданной модели от классической

Для проверки адекватности расчетной модели с реальным проявлением дефектов в реальных условиях, проведены испытания подшипников на стенде системы КОМПАКС-РПП. При испытаниях подшипника с явным дефектом внешней обоймы получен сигнал, спектр огибающей которого приведен на рисунке 2.

При расчете частоты дефекта внешней обоймы по классическим формулам, не учитывающим проскальзывание тел качения относительно колец подшипника, получаем величину 214 Гц. Если учитывать проскальзывание, то частота сместится до 220 Гц. Как видно из огибающей сигнала, частота дефекта находится на частоте 220 Гц.

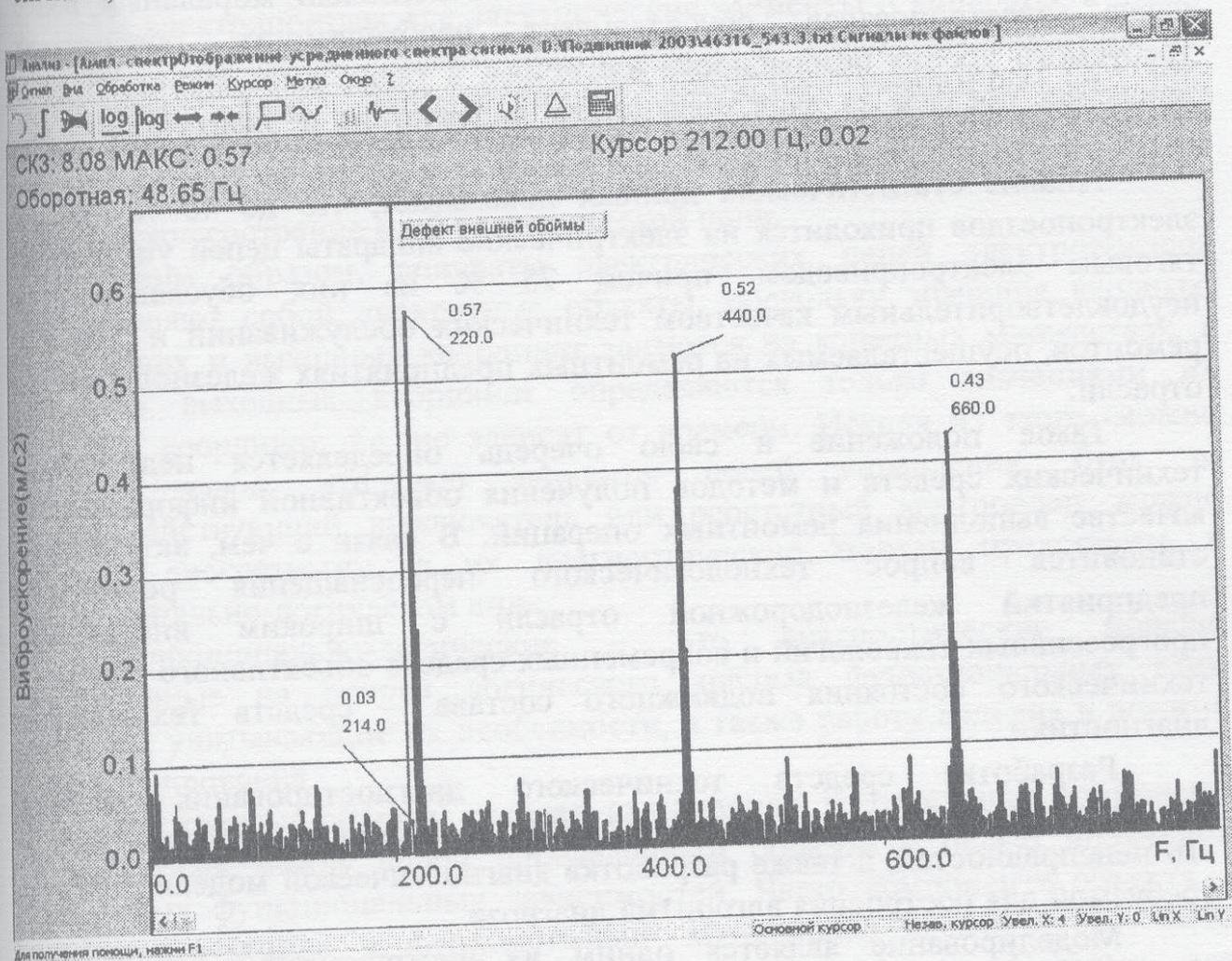


Рисунок 2 – Частота дефекта подшипника качения с учетом скольжения

Проведен теоретический анализ расчета частот проявления дефектов подшипников качения, на основе которого получена расчетная модель частот дефектов подшипников качения с учетом проскальзывания тел качения относительно колец подшипника.

Адекватность полученных зависимостей диагностических признаков проверена на основе сравнения их с экспериментальными данными.

НОУ ВПО Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики
ООО «Научно-производственный центр «Динамика»
ОАО «Омское производственное объединение
«Радиозавод им. А.С. Попова» (РЕЛЕРО)
НОУ ВПО Сибирский институт бизнеса и информационных технологий

Наука, образование, бизнес

**Доклады и тезисы докладов
региональной научно-практической конференции
ученых, преподавателей, аспирантов, студентов,
специалистов промышленности и связи,
посвященной 10-летию Института
радиоэлектроники, сервиса и диагностики и
Дню радио**

Омск - 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Секция «Учебно-методические проблемы повышения Качества подготовки специалистов»

Л.А. Шатохина, доцент, проректор Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО СПЕЦИАЛИСТА.....	3
А.И. Одинец, к. т. н., доцент Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики (ИРСИД), г. Омск ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ В ИРСИДЕ	4
В.А. Филатов, к. ф. н., доц., зав. кафедрой ССР и П Омский государственный технический университет, г. Омск К ВОПРОСУ О ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ В ОмГТУ.....	6
П.С. Кауров, к. э. н., доцент кафедры «Экономика» Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕТОДИКИ ЧТЕНИЯ ЛЕКЦИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ.....	8
В.П. Мейер, зам. главного инженера, главный технолог ОАО ОмПО «Радиозавод им. А.С. Попова» (РЕЛЕРО), г. Омск Л.А. Шатохина, доцент, проректор Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СОВРЕМЕННЫХ РАДИОИНЖЕНЕРОВ.....	10
В.В. Пшеничникова, ст. преподаватель, зам. начальника учебного отдела Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск ОСОБЕННОСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ ЗАОЧНОЙ ФОРМЕ ОБУЧЕНИЯ.....	11
В.Е. Осипов, ассистент ОмГТУ Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск ФИЛОСОФСКО-ЭТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КУРСА ИНФОРМАТИКИ.....	13
Т.Н. Журавлева, преподаватель, помощник ректора Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ РАДИОИНЖЕНЕРОВ В КОРПОРАТИВНОМ ВУЗЕ	16
С.В. Иванова, ст. преподаватель Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск МОТИВАЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ.....	17

В.А. Беличенко, студент гр. ЗЭУ – 415 Л.А. Шатохина, научный руководитель, доцент Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск ОАО ОМПО « РАДИОЗАВОДА ИМ. А.С.ПОПОВА» (РЕЛЕРО) ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ	55
В.А. Кромской, студент группы ЗЭУ – 415 Л.А. Шатохина, научный руководитель доцент Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКТИВНОЙ ЧАСТИ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ ЦЕХА ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ ОАО ОМПО «РАДИОЗАВОД ИМ. А. С. ПОПОВА» (РЕЛЕРО).....	57
Е.В. Помогайбо, студент гр. ЗЭ-613 Л.А. Шатохина, научный руководитель, доцент Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ОБОРОТНЫМИ СРЕДСТВАМИ ОМСКОГО ФИЛИАЛА ОАО «СИБИРЬТЕЛЕКОМ».....	58
Т.Ю. Киреева, студентка гр. ЗЭ 613 Л.А. Шатохина, научный руководитель, доцент Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГРТУ ОМСКОГО ФИЛИАЛА ОАО «СИБИРЬТЕЛЕКОМ».....	60
В.Е. Осипов, ассистент ОмГТУ Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕЛОСИПЕДНОГО ТРАНСПОРТА.....	62

**Секция «Новые результаты фундаментальной и
прикладной науки»**

Подсекция 1 «Результаты научных исследований»

А.В. Старченков, зам.генерального директора по науке ОмПО «Радиозавод им. А.С.Попова» (РЕЛЕРО), г. Омск В.А. Старченков, аспирант ИРСИД Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ РРС СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА.....	64
В.А. Стариков, начальник отдела НПЦ “Динамика”, г. Омск ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕМОНТНОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ГОТОВНОСТИ ТОКОПРИЕМНИКОВ ЭПС.....	68

В.Н. Костюков, д. т. н., зав. кафедрой «Диагностика и промышленная безопасность» А.А. Лагаев, аспирант ОмГУПС Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА КОЛЕСНО-МОТОРНЫХ БЛОКОВ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ.....	73
А.В. Зайцев, аспирант ОмГУПС В.Н. Костюков, научный руководитель, д. т. н., профессор Омский Государственный университет путей сообщения, г. Омск МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ С УЧЕТОМ ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ ТЕЛ КАЧЕНИЯ.....	76
Д.В. Казарин, аспирант ОмГУПС П.Б. Кашкаров, студент ОмГУПС В.Н. Костюков, научный руководитель, д.т.н., профессор Омский Государственный университет путей сообщения, г. Омск ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА.....	80
А.П. Науменко, к. т. н., доцент Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПОРШНЕВЫХ МАШИН.....	84
В.Н. Костюков, д. т. н., зав. кафедрой «Диагностика и промышленная безопасность» ИРСИД В.В. Петров, инженер НПЦ «Динамика» Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск ВИБРОДИАГНОСТИКА МАШИН ПО ПАРАМЕТРАМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ.....	92
А.Н. Ляшук, инженер научно-исследовательской части ОмГТУ Омский государственный технический университет, г. Омск СТРУКТУРЫ ТЕРМОКОМПЕНСИРОВАННЫХ КВАРЦЕВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ.....	97
А.К. Ельцов, к. т. н., доцент кафедры электросвязи Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики, г. Омск СИНТЕЗ ПОЛИНОМИАЛЬНЫХ УЗКОПОЛОСНЫХ АКТИВНЫХ РС- ФИЛЬТРОВ.....	99
А.Б. Ионов, аспирант ОмГТУ Омский государственный технический университет, г. Омск ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ХАРАКТЕРИОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ОЦЕНИВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ.....	100
Г.Е. Булатов, аспирант Институт радиоэлектроники сервиса и диагностики, г. Омск КРИТЕРИИ ВЫБОРА БАЗИСА ОРТОГОНАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ХАРАКТЕРИОМЕТРА.....	106