

Драган А.В., Парфиевич А.Н.

К ВОПРОСУ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПО ВИБРОПАРАМЕТРАМ НА ПРИМЕРЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТОКАРНОГО СТАНКА МОД. СН-501

Введение. В настоящее время на производстве применяется оборудование разнообразной сложности, конструкция которого не может обойтись без применения подшипниковых узлов. Оценка их технического состояния может эффективно производиться на основе периодического безразборного контроля по вибрационным параметрам. Особую сложность вызывает идентификация дефектов подшипников качения на разных стадиях и в процессе развития в составе исследуемого объекта. Как правило, разрушение подшипников приводит к износу деталей и механизмов агрегата в целом. Поэтому своевременному выявлению возникновения и развития дефектов подшипников и, как следствие, предупреждению поломок механического оборудования на предприятии в процессе производства придается особое значение.

В процессе эксплуатации подшипник может выйти из строя по различным причинам [1, 2 и др.]:

- повреждения колец и тел качения;
- повреждение дорожки качения;
- малый зазор в подшипнике;
- повреждение защитных уплотнений и, как следствие, загрязнение;
- неисправная смазка (уменьшение ее количества и разрывы защитной пленки на дорожках качения);
- различного рода температурные воздействия;
- не соблюдение правил монтажа изделия согласно требованиям поставщика и т.д.

Практически все вышеотмеченные виды дефектов могут приводиться к одному из четырех видов в зависимости от повреждаемой части подшипника:

- дефект сепаратора;
- дефект тела качения;
- дефект внутреннего кольца;
- дефект внешнего кольца.

Методика исследований. Для оценки технического состояния и диагностики дефектов подшипников качения разработано достаточно много различных методов. Естественно, что все они были предложены на основе различных теоретических предпосылок, методы имеют разную трудоемкость, достоверность, требуют различного приборного обеспечения.

В самом общем случае оценка технического состояния и поиск дефектов подшипников качения может производиться [3]:

- по СКЗ виброскорости;
- по спектру вибросигнала. Этот метод позволяет начинать диагностику дефектов подшипников примерно с середины второго этапа развития дефектов, когда энергия резонансных колебаний вырастет настолько, что будет заметна в общей картине частотного распределения всей мощности вибросигнала;
- по соотношению пик / фон вибросигнала;
- по спектру огибающей сигнала. Он позволяет выявлять дефекты подшипников на самых ранних стадиях.

Описанные выше методы различаются не только теоретически-предпосылками, положенными в их основу, но и типом используемого оборудования, его стоимостью, необходимой подготовкой персонала и своей эффективностью.

Учитывая высокие характеристики получения и обработки вибрационного сигнала, а также спектрального анализа с использованием имеющегося в распоряжении аппаратно-программного комплекса

в ходе исследований использован метод идентификации дефектов подшипников по узкополосному спектру вибросигнала.

Для выбранного метода предлагается использовать методики, изложенные в работах [4, 5]. В соответствии с ними, дефекты следующих элементов приведут к возникновению динамических возмущений, а как следствие вибраций на следующих частотах:

$$\bullet \text{ дефект сепаратора или шарика: } f_c = \left[\frac{D_i}{D_i + D_o} \right] \cdot f_o, \quad (1)$$

$$\bullet \text{ дефект шарика: } f_w = \left[\left(\frac{D_o}{D_w} \right) \frac{D_i}{(D_i + D_o)} \right] \cdot f_o, \quad (2)$$

$$\bullet \text{ дефект внутреннего кольца: } f_{вн} = \left[\frac{D_o}{(D_i + D_o)} \right] \cdot m \cdot f_o, \quad (3)$$

$$\bullet \text{ дефект наружного кольца: } f_{н} = \left[\frac{D_i}{D_o + D_i} \right] \cdot m \cdot f_o, \quad (4)$$

где D_i – диаметр внутреннего кольца;

D_o – диаметр внешнего кольца;

D_w – диаметр шарика;

m – число тел качения;

f_o – частота вращения вала.

В качестве средства для проведения экспериментальных исследований подшипниковых узлов оборудования в БрГТУ применен разработанный совместно со специалистами аппаратно-программный комплекс (рисунок 1), обладающий широкими возможностями для виброакустического анализа механических систем и приводов, а также оснастка и первичный преобразователь AP98 [6].

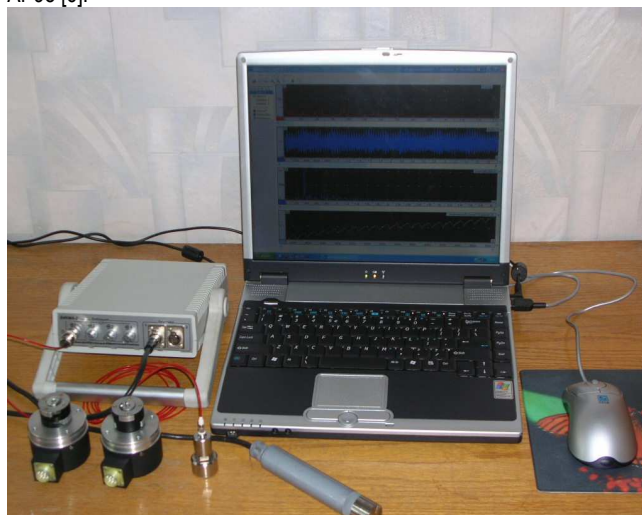


Рис. 1. Аппаратно-программный комплекс для исследования и диагностики механических приводов

Для проведения работ по проведению экспериментальных работ была использована коробка передач универсального токарного станка СН-401/501 (рисунок 2), кинематическая схема которой с указанием находящихся в работе подшипников приведена на рисунке 3.

Парфиевич Андрей Николаевич, аспирант кафедры технологии машиностроения, магистр технических наук Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

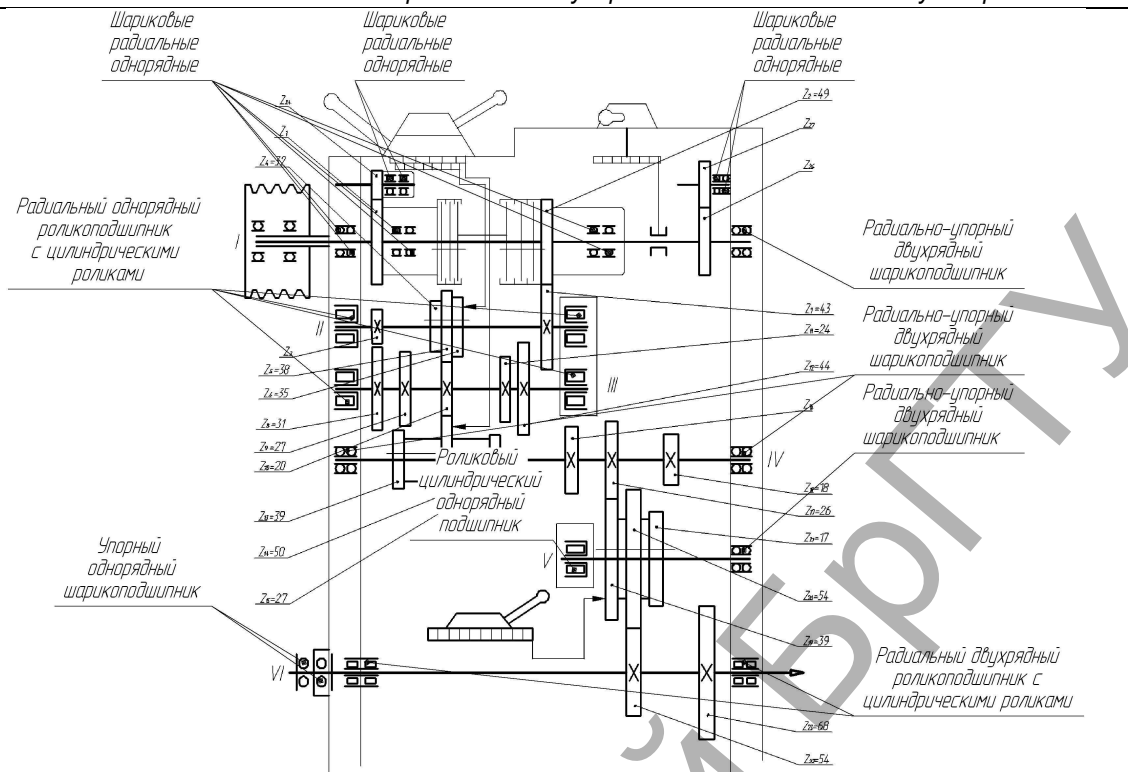


Рис. 3. Кинематическая схема коробки скоростей универсального токарного станка СН-401/501 с обозначением типов подшипников качения

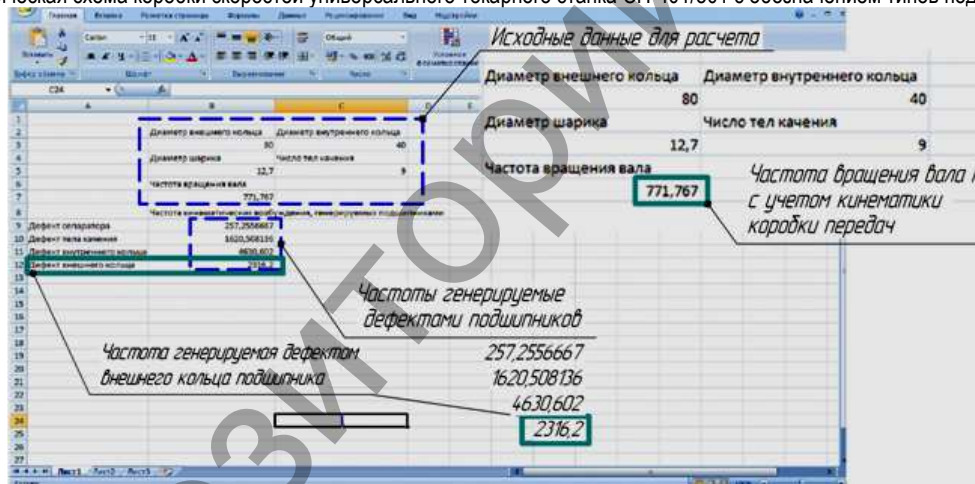


Рис. 4. Окно интерфейса приложения Microsoft Excel с реализованной в нем методикой расчета частот проявления характерных подшипниковых дефектов



Рис. 2. Универсальный токарный станок СН-401/501

Анализ результатов. Для оценки возможности практической реализации отмеченной методики идентификации подшипников многовального привода станка в виброакустическом сигнале произведена серия экспериментов на всех передачах коробки скоростей, в ходе которых фиксировались вибрации на верхней крышке коробки скоростей в вертикальном направлении. Исходные сигналы вибрации подвигнуты обработке для получения спектров со сверхузкой полосой. Это дает возможность осуществлять поиск на спектрах составляющих с характерными подшипниковыми частотами и оценивать их вклад в вибрации в контрольной точке.

Методика определения характерных частот подшипников реализована в среде Microsoft Excel, пример окна интерфейса приведен на рисунке 4.

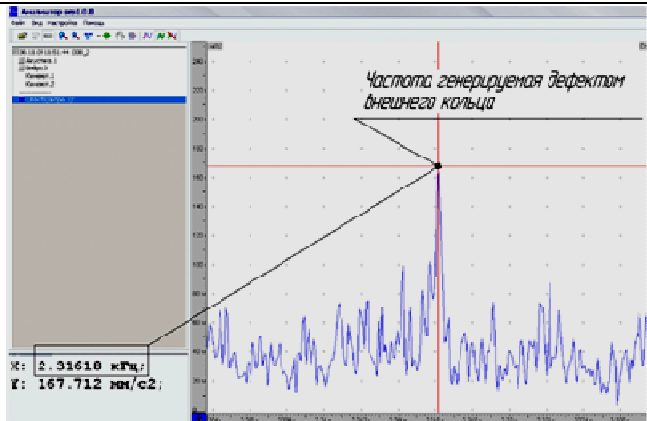


Рис. 5. Спектр виброускорений на корпусе коробки передач с дефектом внешнего кольца подшипников качения 4-5 при частоте вращения шпинделя 1000 мин⁻¹

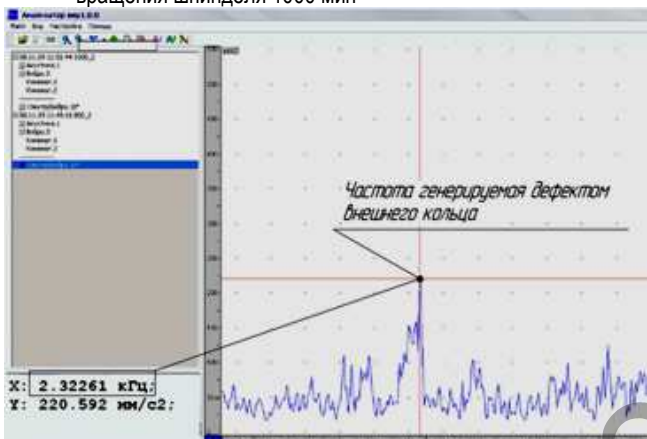


Рис. 6. Спектры виброускорений на корпусе коробки передач с дефектом внешнего кольца подшипников качения 4-5 при частоте вращения шпинделя 800 мин⁻¹

Наличие дефекта наружного кольца подшипника качения привело к возникновению на спектрах составляющих с новыми частотами, рассчитанными согласно по формулам 1.1–1.4. Так, на спектре виброускорений появились явно выраженные пики, соответствующие частотам, возбуждаемым при перекачивании тел качения по поврежденному участку – 2,31618 кГц и 2,32261 кГц. Данные частоты не являются вынужденными частотами возбуждения от зубозацепления, что выявлено с помощью приложения программных средств «Анализ гармоник» [7]. Анализируя спектр, можно судить и о стадии развития найденного дефекта. На спектре появляется ряд боковых гармоник, равноудаленно стоящих друг от друга в результате модуляции подшипниковой частоты частотой вращения вала I. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что начался этап (второй из

трех) пространственного расширения зоны дефекта в подшипнике вдоль поверхностей качения [8], что демонстрирует рисунок 7.

Согласно [8], в этой зоне дефект имеет уже такие размеры (глубину), что при «проваливании» тела качения в зону дефекта он смещается настолько, что основную нагрузку по поддержке вала механизма уже берут на себя рядом расположенные тела качения. В результате увеличения амплитуды динамических импульсов больше не происходит. Вся энергия этих импульсов теперь уходит не на углубление, а уже на расширение зоны дефекта, возникающее за счет постепенного «раскрашивания» границ зоны дефекта.

Заключение. Таким образом, применение компьютерной системы и методики при выявлении ряда дефектов подшипниковых узлов в составе многовального привода показало возможность и пригодность их использования при проведении безразборной диагностики их технического состояния. В процессе работ удалось идентифицировать те подшипники, которые расположены наиболее близко к точке съема информации о вибрациях. Очевидно, что высокочастотные вибрации от других подшипников, обладающие малой энергией, распространяющиеся в точку измерения, демпфируются и не могут быть достоверно зафиксированы, что необходимо учитывать при выборе места установки первичных преобразователей.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Диагностика неисправностей ступичных подшипников // Журнал «Автомастер» [Электронный ресурс]. – 2002. – Режим доступа: <http://a-master.com.ua>. – Дата доступа: 19.09.2012
2. Нафиков, А.Ф. Выявление дефектов подшипников качения с использованием метода фазовых портретов при вибродиагностике насосных агрегатов – Научная библиотека диссертаций и авторефератов [Электронный ресурс]. – 2004. – Режим доступа: <http://www.disserscat.com>. – Дата доступа: 03.10.2012.
3. Методы диагностики дефектов подшипников [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://vdiagnostike.ru>. – Дата доступа: 25.11.2012
4. Обнаружение дефектов подшипников качения (перевод материалов фирмы IRD) [Электронный ресурс]. – 2001. – Режим доступа: <http://vibration.ru>. – Дата доступа: 08.10.2012
5. Дефекты подшипников качения – Практическая вибродиагностика и мониторинг [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://tehnoinfa.ru>. – Дата доступа: 07.09.2012.
6. Драган, А.В. Новые аппаратно-программные средства для исследования и диагностики механических систем / А.В. Драган, И.П. Стецко, Д.А. Ромашко, Н.В. Левкович // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2006. – № 4. – С. 13–18.
7. Разработка и реализация методов повышения информативности измерительной информации при оценке зубчатых механизмов трансмиссий машин в эксплуатационных условиях: Отчет о НИР №ГБ11/101 (промежуточный) / Брестский государственный технический университет; руководитель работы А.В. Драган; № госрегистрации 201115889. – Брест, 2012. – 49 с.
8. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по спектрам вибросигналов. [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://vibrocenter.ru>. – Дата доступа: 25.01.2013.

Материал поступил в редакцию 30.12.13

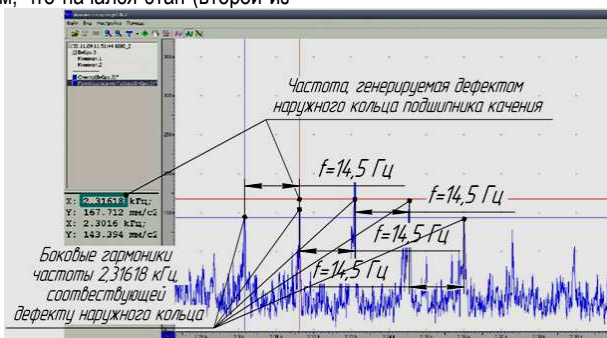


Рис. 7. Спектр виброускорений на корпусе коробки передач с дефектом внешнего кольца подшипников качения 4-5 при частоте вращения шпинделя 1000 мин⁻¹

DRAGAN A.V., PARFIEVICH A.N. The problem of diagnosing of rolling bearings based on vibration on the example of transmission lathe CN-501

The article describes the experience of using the developed methods and tools for monitoring the technical condition of the bearing assemblies on vibration for example gearbox lathe CN-501. The possibility of identifying a number of local defects in rolling bearings multishaft drive during CIP diagnosis.