

**Ключевые слова:**

диагностика, подшипники качения, метод огибающих

Keywords:

diagnostics, rolling bearings, envelope method

ДИАГНОСТИКА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Владимир ЮРКЕВИЧ, Павел ЛУШНИКОВ

В статье описан способ диагностики состояния подшипников качения методом анализа спектра огибающей вибрационного сигнала. На основе анализа сделан вывод о возможности применения данного метода при диагностировании как единичных, так и множественных дефектов.

The article describes how to diagnose the state of analysis method of rolling bearing vibration signal envelope spectrum. On the basis of the analysis concluded that the use of this method in the diagnosis of both single and multiple defects.

Подшипники качения — наиболее распространенные элементы конструкции разнообразных станков, машин и приборов. Безотказность и работоспособность подшипников качения напрямую зависит от их состояния. Одной из характерных особенностей в работе подшипников качения, например при резании, является то, что в ходе процесса они испытывают колебания [1–2], как вынужденные, так и независимые, снижающие производительность и точность.

Метод спектров огибающей применяется для диагностирования подшипников качения узлов роторных машин, в которых отсутствуют ударные нагрузки, а случайная вибрация обусловлена преимущественно силами трения качения. К таким узлам относятся шпиндели металлорежущих станков.

Испытания проводились на стенде [3–8]. Стенд имеет имитатор шпинделя на двух опорах. На шпинделе установлены два диска, которые создают необходимую нагрузку на подшипники. Шпиндель приводится во вращение с помощью электродвигателя через клиноременную передачу. Скорость вращения шпинделя фиксировалась с помощью лазерного датчика, луч которого отражался от метки, наклеенной на втулке шпинделя. В данном эксперименте скорость вращения шпинделя составляла 4200 об/мин. В опорах шпинделя устанавливались два радиально-упорных роликоподшипника 30205 марки «KG», которые имеют следующие технические данные:

- диаметр отверстия внутреннего кольца 25 мм;
- наружный диаметр внешнего кольца 52 мм;
- ширина внешнего кольца 15 мм;
- число роликов — 17 шт.

Подшипники устанавливались в опорах с преднатягом величиной 400 Н.

Для измерения вибрационных характеристик использовался прибор «Агат-М» (Россия), предназначенный для измерения параметров вибрации и числа оборотов, а также для спектрального анализа вибрационных сигналов с целью диагностики технического состояния технологических машин. Подключенные к прибору «Агат-М» два акселерометра были установлены на опорах шпинделя в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Показания прибора «Агат-М» напрямую передавались на компьютер, где оперативно обрабатывались с использованием программного обеспечения системы прогнозируемого обслуживания механического оборудования «Диамант 2», разработанного фирмой «Диамех 2000» (Россия). Программное обеспечение «Диамант 2» обеспечивает максимальную автоматизацию процессов проведения периодических обследований, ввода данных в базу данных ПК, их анализ, формирование различных протоколов и отчетных материалов и все основные функции управления базами данных.

Перед построением спектра огибающей в каждом испытании производилось построение прямого спектра виброускорения, и на основе его анализа выбирался частотный диапазон контролируемых составляющих вибрации. Чтобы обеспечить максимальную достоверность результатов диагностики, с помощью третьоктавного фильтра из прямого спектра выбиралась полоса частот, в которой отсутствовали гармонические составляющие, а спектральная плотность сигнала была однородной.

В процессе испытаний производилась запись спектра огибающих для подшипников качения, имеющих дефекты. Дефекты создавались искусственно путем формирования на поверхностях качения небольших углублений.

На рис. 1 представлен спектр огибающей для подшипника качения с дефектом на ролике. Основная характерная частота равна 193 Гц, за которой следуют еще четыре гармоники на частотах 385, 579, 771 и 964 Гц. Амплитуды этих гармоник последовательно уменьшаются по своей величине.

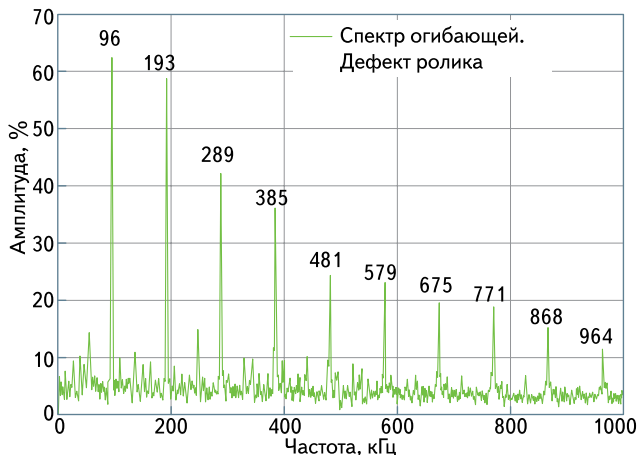


Рис. 1. Спектр огибающей подшипника с дефектом на ролике

На рис. 2 представлен спектр огибающей для подшипника качения с дефектом на наружном кольце. За первой гармоникой на частоте 475 Гц следует вторая гармоника на частоте 951 Гц.

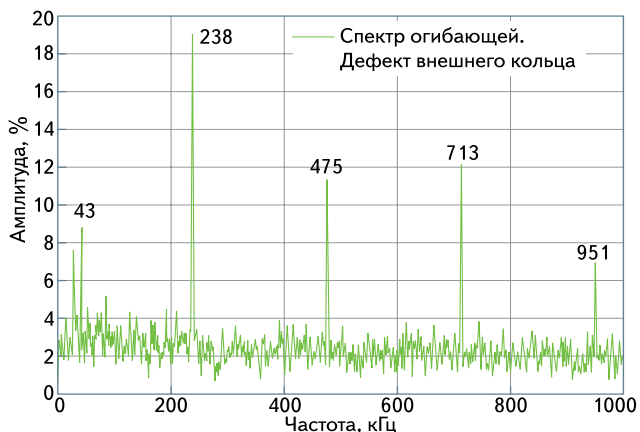


Рис. 2. Спектр огибающей подшипника с дефектом на наружном кольце

На рис. 3 представлен спектр огибающей для подшипника качения с дефектом на внутреннем кольце. Виден пик на частоте 656 Гц.

Таким образом, метод огибающих позволяет с высокой точностью диагностировать дефекты, возникающие в подшипниках качения при их износе.

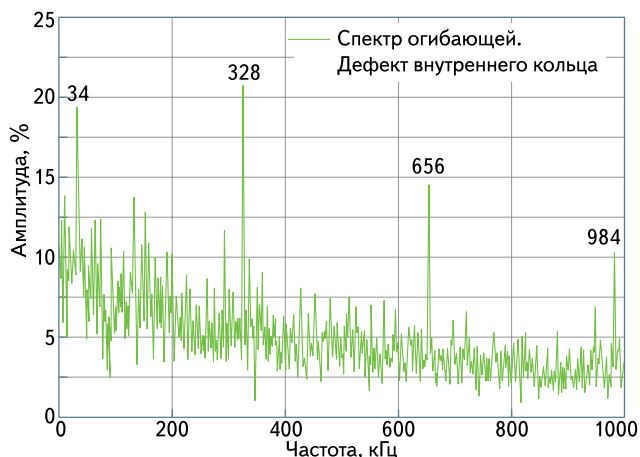


Рис. 3. Спектр огибающей подшипника с дефектом на внутреннем кольце

В эксплуатационной практике нередко встречается, что в деталях подшипника качения возникает несколько дефектов одновременно – например, на наружном кольце и ролике или на внутреннем кольце и ролике. Для выявления таких случаев были произведены испытания на подшипниках, имеющих различные сочетания дефектов (рис. 4–7).

На рис. 4 представлен спектр огибающей для подшипника качения с дефектом на наружном кольце и на ролике. Хорошо различимы характерные частоты для ролика – 194 Гц и для наружного кольца – 475 Гц и их гармоники.

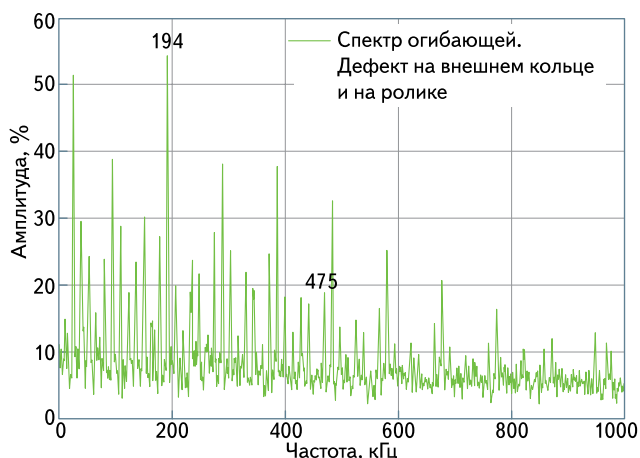


Рис. 4. Спектр огибающей подшипника с дефектами на наружном кольце и на ролике

На рис. 5 представлен спектр огибающей для подшипника качения с дефектом на внутреннем кольце и на ролике. В данном случае характерные частоты для ролика – 188 Гц и для внутреннего кольца – 658 Гц.

На рис. 6 представлен спектр огибающей для подшипника качения с дефектом на внутреннем и наружном кольцах. Характерная частота для

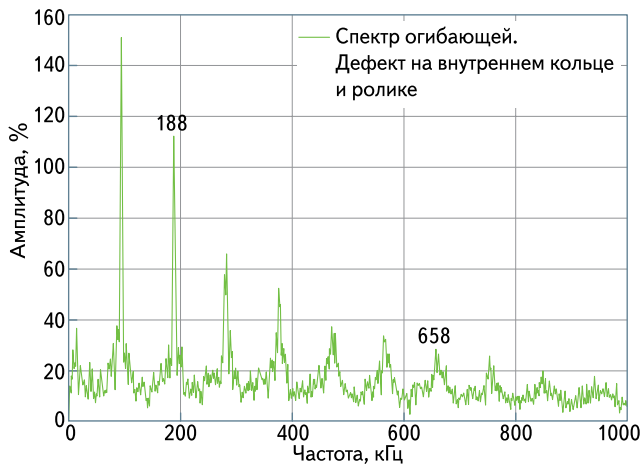


Рис. 5. Спектр огибающей подшипника с дефектами на внутреннем кольце и на ролике

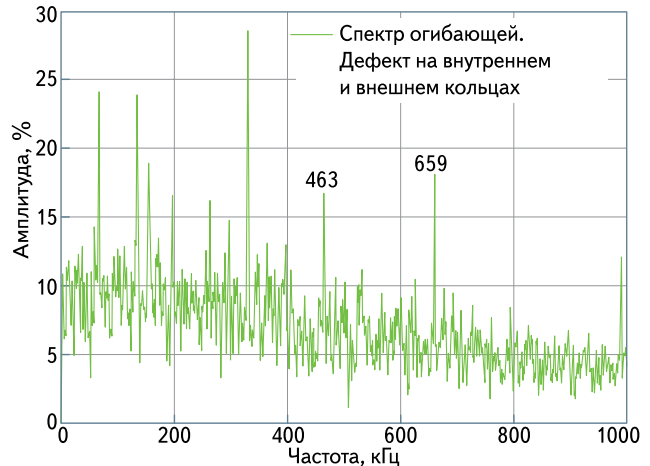


Рис. 6. Спектр огибающей подшипника с дефектами на наружном и внутреннем кольцах

наружного кольца — 463 Гц и для внутреннего кольца — 659 Гц.

На рис. 7 представлен спектр огибающей для подшипника качения с дефектами на всех трех деталях, а именно: на внутреннем, наружном кольцах и на ролике. Хорошо различимы характерная частота для наружного кольца — 475 Гц, для внутреннего кольца — 660 Гц и для ролика — 194 Гц.

ВЫВОДЫ

Таким образом, метод огибающих позволяет достаточно точно диагностировать наличие как единичных, так и множественных дефектов в подшипниках качения, что важно для их практического применения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев С.Н., Гурин В.Д., Козочкин М.П. и др. Диагностика автоматизированного производства / Под. ред. С.Н. Григорьева. — М.: Машиностроение. 2011. С. 600.
2. Завгородний В.И., Козочкин М.П., Маслов АР., Сабиров Ф.С. Влияние динамических характеристик инструмента и заготовки на результаты виброакустического контроля процесса резания // СТИН. 2010. № 6. С. 13–17.
3. Юркевич В.В. Определение точности обработки на токарном станке // СТИН. 1999. № 4. С. 15–17.
4. Юркевич В.В. Система прогнозирования точности токарных станков // Вестник машиностроения. — 2001. № 8. С. 44–48.
5. Юркевич В.В. Податливость токарного станка мод.16К20П // Вестник машиностроения. 2002. № 8. С. 47–51.
6. Юркевич В.В. Контроль и диагностика процесса формообразования при обработке на токарных

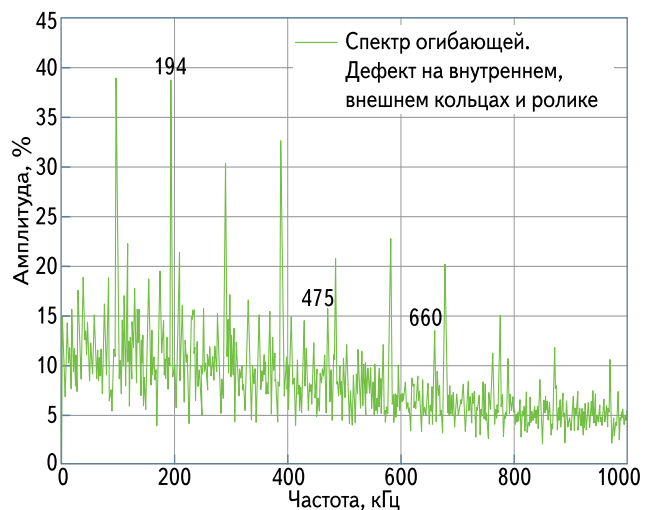


Рис. 7. Спектр огибающей подшипника с дефектами на наружном кольце, на внутреннем кольце и на ролике

станках // Контроль. Диагностика. 2005. № 1. С. 45–50.

7. Юркевич В.В., Лушников П.В. Стендовые испытания динамических параметров шпинделя // Техника машиностроения. 2012. № 2. С. 2–9.
8. Юркевич В.В., Машков А.Ю., Дядищев М.А. Вибрационные испытания токарного станка ТВ-7 // Техника машиностроения. 2010. № 3. С. 8–20.

Владимир Васильевич ЮРКЕВИЧ —
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Станки» МГТУ «СТАНКИН»

Павел Владимирович ЛУШНИКОВ —
инженер ОАО «Корпорация «Московский институт теплотехники»