

УДК 681.518.4

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ГОРНОЙ МАШИНЫ

Мокрушев А.А., соискатель

Научный руководитель: Герике Б.Л., д.т.н., профессор
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
г. Кемерово

Во время эксплуатации горных машин и оборудования неизбежно возникают механические неисправности различного рода, которые влекут к остановке производственного процесса и, как следствие, к уменьшению объёма добычи сырья. К таким неисправностям относятся проблемы функционирования опорных элементов во всевозможных приводных, преобразующих и исполнительных механизмах – подшипников качения [1].

Подшипник качения (ПК) – это узел машины с ограниченным сроком службы, к которому предъявляются высокие требования. Функциональный срок их службы определен множеством внешних факторов, приводящих к повреждениям, наиболее важные из которых приведены в таблице 1 [1, 2].

Таблица 1. Факторы приводящие к повреждению ПК [3-5]

Процесс	Результирующий эффект
Производство	Неоднородность материала Производственные допуски
Хранение/ транспортировка	Удары при погрузке Тряска
Монтаж	Деформация Неправильная установка Пространственные допуски Ошибки регулировки
Эксплуатация	Перегрузка Неправильная смазка Инородные частицы (пыль) Инородная среда (газ) Влажность Перегрев

Даже в случае применения дорогих подшипников высокого качества эти факторы по истечении некоторого времени приведут к повреждению и в

конце концов к поломке подшипника. Диаграмма распределения отказов подшипников качения представлена на рисунке 1 [5, 2].



Рис. 1. Диаграмма распределения отказов подшипников качения

Наиболее эффективный, достоверный и экономичный метод оценки состояния подшипников – анализ механических колебаний. Анализ механических колебаний основывается на обработке виброакустического сигнала спектральными методами и выделении диагностической информации. На практике для обработки вибросигнала применяют следующие методы: кепстральный анализ, метод эксцесса, спектр огибающей сигнала, крест-фактор, диагностика по спектру вибросигнала, диагностика по энергетическому спектру, Фурье преобразование. Главным недостатком спектральных методов является низкая чувствительность к зарождающимся дефектам. В случае с Фурье преобразованием отсутствует возможность, определить в какой момент времени присутствовали те или иные частоты [1-3].

Новым методом в цифровой обработке сигналов является применение математического аппарата вейвлет-анализа. В конце 20-го века появились, так называемые, вейвлет-методы (методы всплесков) [6-9].

На вейвлет-функцию накладываются два ограничения:

- она должна быть достаточно локализована (обращаться в ноль при удалении от начала координат);
- интеграл от функции на $(-\infty; +\infty)$ должен быть равен нулю [8, 9].

Само вейвлет-преобразование (1) выглядит следующим образом

$$W_{\Psi} f(a, b) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{|a|}} \Psi \left(\frac{x-b}{a} \right) f(x) dx, \quad (1)$$

где Ψ – вейвлет функция, a – масштаб, b – сдвиг.

Нормирующий коэффициент (2) равен

$$C_{\Psi} = 2\pi \int_{-\infty}^{+\infty} |\Psi(\omega)|^2 d\omega < \infty, \quad (2)$$

где $\Psi(\omega)$ – Фурье образ вейвлета Ψ .

На рисунке 2 представлен вибросигнал дефектного подшипника качения.

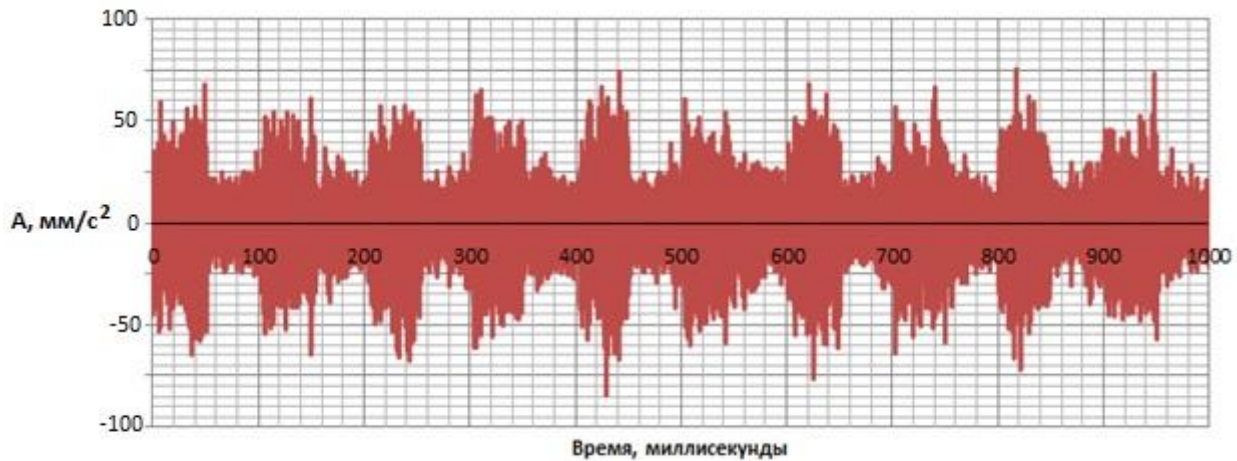


Рис. 2. Вибросигнал подшипника качения с дефектом

На рисунке 3 представлен вибросигнал дефектного подшипника качения после вейвлет-преобразования Добеши.

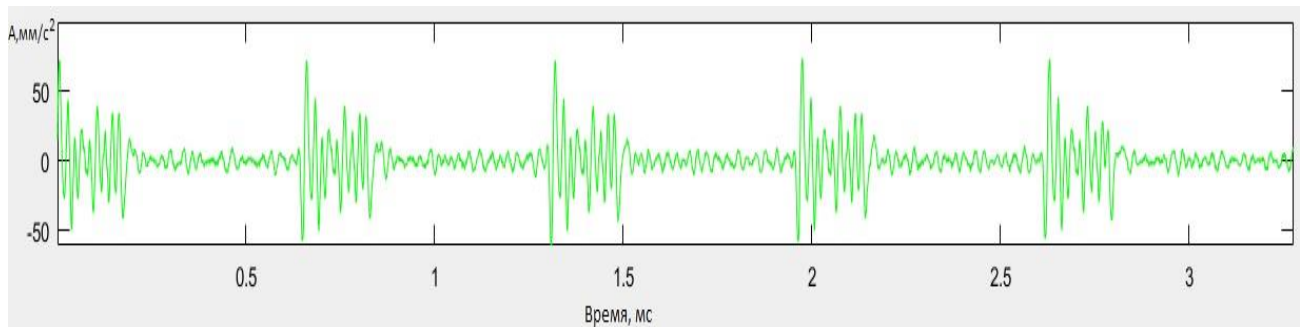


Рис. 3. Вейвлет-разложение Добеши вибросигнала дефектного подшипника с выделением импульсных компонентов

По своей сути вейвлет-преобразование является представлением сигнала в виде одинаковых по форме коротких «всплесков», которые можно сдвигать и растягивать по временной оси. В этом и заключается принципиальное отличие от бесконечных волн преобразования Фурье.

Применение вейвлет-анализа позволяет в достаточной мере точно оценить исследуемую неисправность подшипника качения, прогнозировать остаточный ресурс узла, предупреждать возникновения аварийных отказов.

Список литературы:

1. Интеллектуальное обслуживание редукторов горных машин/ Герике Б.Л., Клишин В.И., Герике П.Б., Мокрушев А.А.// Статья Journal Of Maning and Geotechnical Engineering. 2018. NO.1.
2. Герике Б.Л., Хорешок А.А., Дрозденко Ю.В. Обеспечение качества выпускаемой продукции заводов горного машиностроения.// Вестник КузГТУ. № 5, 2016. – С. 33 – 40.
3. Распознавание дефектов подшипников качения в редукторах горных машин по параметрам вибрационного сигнала./Б.Л. Герике, Ю.В. Дрозденко,

П.Б. Герике, Е.Г. Кузин, А.А. Мокрушев//Горное оборудование и электромеханика. № 5, 2017. – С. 43 – 48.

4. Кравченко В. М. Повреждения подшипников качения при действии радиальных и осевых сил / В. М. Кравченко, В. В. Буцукин, В. А. Сидоров//Уголь Украины. **2011.** №6. С. **24-27.**

5. Диагностика неполадок подшипников./ NSK Motion & Control, 2009. – 42 p.

6. Kelly, S. Graham. Advanced vibration analysis. 2013. – 637 p. — (Dekker mechanical engineering).

7. C. Wen, L. Dong, X. Jin, "Feature Extraction of Bearing Vibration Signals Using Second Generation Wavelet and Spline-Based Local Mean Decomposition", Journal of Shanghai Jiaotong University (Science), vol. 20, no. 1, pp. 56-60, (2015).

8. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения. // Успехи физических наук, 1996, т.166, № 11. – С. 1145-1170.

9. Витязев В.В. Вейвлет-анализ временных рядов: Учеб. пособие. - СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. – 58 с.