

УДК 681.518.5

## ДИАГНОСТИКА ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ЧАСТОТОЙ ВАЛА

ЖУКОВСКИЙ К. Д., КЕЧИК Д. А., ДАВЫДОВ И. Г.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
(г. Минск, Республика Беларусь)*

*E-mail: zhukovskykd@gmail.com*

**Аннотация.** В работе рассмотрено применение алгоритмов диагностики оборудования к вибрационным сигналам, полученным с исправного подшипника и подшипника с дефектом наружного кольца при различных скоростях вращения вала. Показана возможность диагностики оборудования при изменяющейся оборотной частоте.

**Abstract.** In this paper usage of algorithms of equipment diagnosing to vibrational signals observed at health and having outer ring defect bearings was considered. Possibility of diagnosing of equipment under variated speed conditions has been shown.

### Введение

Одна из значимых проблем вибрационной диагностики – изменение частоты вращения вала как в ходе регистрации сигнала вибрации, так и между записями [1–3]. Для правильного заключения по наличию и степени выраженности дефекта важно оценить частоты, соответствующие дефектам, с высокой точностью [4, 5]. При работе подшипника с дефектами на поверхностях качения в спектре вибрационного сигнала появляются характерные составляющие, гармоники, с собственными частотами, по которым можно достаточно корректно выявить место нахождения дефекта. Источниками колебательных сил могут стать силы трения, кинематические и ударные (импульсные) силы при неровностях на поверхностях качения, силы параметрического происхождения вследствие изменения жесткости подшипника из-за периодического изменения количества нагружаемых тел качения. Численные значения частот этих гармоник зависят от соотношения геометрических размеров элементов подшипника, и конечно однозначно связаны с оборотной частоты вращения ротора контролируемого механизма. В нагруженном подшипнике можно дифференцировать четыре основные, характерные, применяемые для диагностики частоты - гармоник. Это гармоники (от оборотной частоты) вызываемые специфическими процессами на внешней обойме подшипника, на внутренней обойме подшипника, связаны с работой сепаратора подшипника, и с частотой вращения тел качения – шаров или роликов.

В качестве модулирующего и модулируемого процессов могут выступать гармонические процессы. Кроме гармонических составляющих вибрации в подшипнике присутствуют и случайные составляющие, возбуждаемые силами трения. Например, гармоническая модуляция случайной вибрации – признак появления дефекта как узла трения, периодически попадающего под нагрузку. Вид дефекта определяется по частотам модуляции, а его величина - по глубине модуляции. Но каждый из 4-х видов модуляции требует своих методов. Если оба закона периодические – применяется классический спектральный анализ. Если модулирующий закон случаен, рассматривают случаи, когда его частота на порядок ниже, и спектральные линии утолщаются (без расщепления, боковых составляющих, холмов). Тогда смотрят на несущие частоты и отношение ширины модулированных составляющих к ширине не модулированных. При случайной несущей и гармоническом модулирующем процессе анализируется спектра огибающей.

### Постановка эксперимента

Применимость рассмотренных алгоритмов для вибрационной диагностики проверялась на наборе сигналов вибрации [6]. Набор данных снят с подшипника тестового стенда. 55 сигналов сняты при установленном исправном подшипнике, остальные – при установленном с дефектом наружного кольца. На предварительном этапе осуществлялась передискретизация с учётом изменения скорости вала по анализу спектрограммы [7, 3]. Изменение скорости вала можно оценивать и другими методами

– по сигналу тахометра [8, 9] или короткооконными авторегрессионными методами [10]. Затем осуществлялось уточнение оборотной частоты [1, 2]. Затем осуществлялся поиск информативных частот в автоспектре и спектре огибающей сигнала вибрации, уточнение параметров подшипников. Заключение о наличии дефекта выносилось по количеству обнаруженных информативных признаков в частотной области и построению трендов статистических показателей вибрации [9, 11].

### Заключение

В ходе эксперимента на ансамбле сигналов наблюдался рост информативных составляющих в автоспектре и спектре огибающей. Заключение о наличии дефекта выносилось по схожести с шаблоном дефекта [4]. Нормированные значения схожести представлены на рис. 1. Видно, что выявлен рост выраженности дефекта наружного кольца.

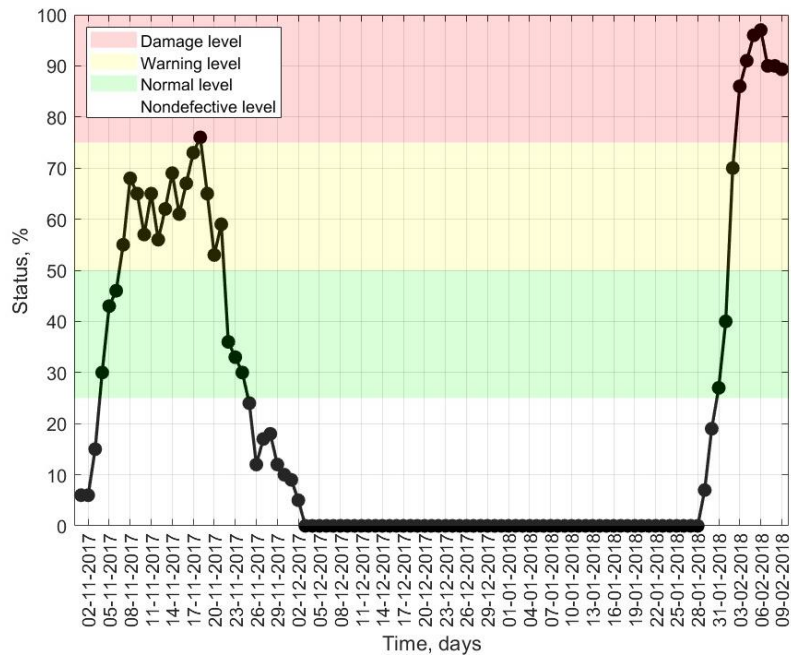


Рис. 1. Нормированные значения выраженности дефекта

### Список использованных источников

1. Алгоритмы уточнения частоты вращения вала в задачах вибродиагностики роторного оборудования / Ю. П. Асламов [и др.] // Вестник Полоцкого Государственного Университета Серия В Промышленность Прикладные Науки. – 2017. – № 11. – С. 51-58.
2. Algorithms for refinement of the shaft rotational speed for solving the problems of vibration diagnostics of rotary equipment / Y. Aslamov [et al.] // First World Congress on Condition Monitoring. – London, the British Institute of Non-Destructive Testing, 2017. – P. 11.
3. Влияние изменения скорости вращения вала роторного оборудования на обработку в частотной области / Ю.П. Асламов [и др.] // Доклады Белорусского Государственного Университета Информатики И Радиоэлектроники. – 2018. – Т. 113, № 13. – С. 13-18.
4. Космач, Н. В. Способ вибрационной диагностики подшипников качения / Н. В. Космач, Ю. П. Асламов. – 2020.
5. Барков, А. В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации / А. В. Барков, Н. А. Баркова, А. Ю. Азовцев. – СПб : Изд. центр СПбГМТУ, 2000. – 159 с.
6. Kechik, D. Bearing 6213 OR Dataset / D. Kechik, Y. Aslamov, I. Davydov. – 2020. – Vol. 1.
7. Zhang, X. A new time synchronous average method for variable speed operating condition gearbox / X. Zhang, G. Wen, T. Wu // J. Vibroengineering. – 2012. – Vol. 14, № 4. – P. 1766-1774.
8. 变速机械故障诊断的转速跟踪采样方法 / 唐德尧 [и др.] Rotating speed tracking and sampling method of variable speed mechanical fault diagnosis. – 2013.
9. Кечик, Д. А. Компенсация изменения мощности виброакустического сигнала при изменении скоростного режима оборудования / Д.А. Кечик // Доклады БГУИР. – 2020. – Т. 18, № 5. – С. 27-34.
10. Кечик, Д. А. Оценка мгновенной частоты спектральных составляющих нестационарного виброакустического сигнала оконным методом прони / Д. А. Кечик // III Всероссийская акустическая конференция / Политех-пресс. – СПб, 2020. – С. 7.
11. Рябцев, П. Г. Анализ трендов метрик вибросигнала для оценки технического состояния промышленного оборудования / П. Г. Рябцев // Радиотехнические системы: материалы 53-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, май 2017 года). – Минск : БГУИР, 2017. – С. 82-83.