

УДК 621.822.7

**Кириченко И.А.**, д-р техн. наук,  
**Кашура А.Л.**, канд. техн. наук,  
**Кашура М.А.**

### ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ БЕЗРАЗБОРНЫМ МЕТОДОМ

*Рассматривается акустический метод диагностики подшипниковых узлов путем спектрального анализа звука их работы. На основе полученных данных определен спектр, отвечающий за состояние подшипников.*

**Ключевые слова:** диагностика, подшипник, подшипниковый узел, безразборный метод, спектральный анализ.

**Kirichenko I.A.**, ScD.,  
**Kashura A.L.**, PhD.,  
**Kashura M.A.**

### DIAGNOSTICS OF THE BEARING KNOTS STATE WITH NONDEMOUNTABLE METHOD

*In the article is examined acoustic method of diagnostics of bearing knots by the spectrology of sound of his work. On the basis of the obtained data a spectrum responsible for the state of bearing is certain.*

**Keywords:** diagnostics, bearing, bearing knot, nondemountable method, spectral analysis.

**Кириченко И.О.**, д-р техн. наук,  
**Кашура О.Л.**, канд. техн. наук,  
**Кашура М.О.**

### ДІАГНОСТИКА СТАНУ ВАЛЬНИЧНИХ ВУЗЛІВ БЕЗРОЗБІРНИМ МЕТОДОМ

*Розглядається акустичний метод діагностики вальничних вузлів шляхом спектрального аналізу звуку їх роботи. На основі отриманих даних визначено спектр, що відповідає за стан вальниць.*

**Ключові слова:** діагностика, вальниця, вальничний вузол, безрозбірний метод, спектральний аналіз.

**Введение.** Подшипник качения служит опорой вращающихся частей механизмов и машин. Он имеет ограниченный срок службы, что, в свою очередь, влияет на работоспособность и долговечность механизма. Поломка подшипников качения влечет за собой аварийные остановки оборудования, сбои в работе, высокую стоимость ремонта.

Решение проблемы диагностики состояния подшипников безразборным методом поможет решить задачу прогнозирования выхода из строя подшипникового узла и своевременное проведение ремонта.

В настоящее время предлагается рассматривать весь период службы подшипников в качестве пяти этапов [1]. Считаем, что на первом этапе общее техническое состояние нового подшипника – идеальное.

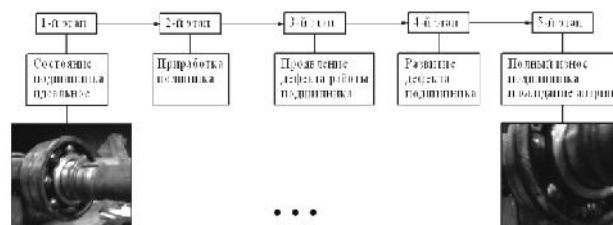


Рис. 1. Блок-схема этапов работы подшипника.

Установленный подшипник работает без проявления каких-либо дефектов. На втором этапе происходит приработка подшипника. На третьем появляется и начинает развиваться какой-либо дефект, возникают ударные виброимпульсы, растущие по величине. На четвертом ударные импульсы в подшипнике достигают по своей энергии практически максимального значения. На пятом зона развития дефекта столь велика, что подшипник начинает “терять” свое основное назначение – обеспечивать вращение валов с минимальным трением, это этап ожидания аварии [1].

© Кириченко И.А., Кашура А.Л.,  
Кашура М.А., 2012

Анализ виброакустических данных позволяет оперативно обнаружить развивающуюся неисправность, оценить степень ее значимости и предпринять меры к предотвращению незапланированной остановки производственного процесса. Практически все известные виброакустические методы контроля основаны на анализе либо самого сигнала, либо его частотных характеристик. В большинстве случаев вибрация подшипника регистрируется вибрационным датчиком, установленным на корпусе подшипника, который к тому же дополнительно собирает сигналы с других механических источников вибрации. Во время работы подшипника в составе механизма возникает сигнал с большим уровнем шума, поэтому его звуковая характеристика распределена в относительно широкой полосе частот, на которую накладываются шум и низкочастотные эффекты.

В последнее время активно развиваются методы контроля подшипников качения, основанные на анализе и сравнении узкополосных составляющих спектров. В то же время в работах Явленского К.Н., Явленского А.К. [3] показана возможность применения непрерывного вейвлет преобразования для анализа вибрационных сигналов подшипников качения.

Анализ литературных данных [2, 3] показал, что вибродиагносты ожидают наибольшей достоверности и наибольшего эффекта от внедрения диагностики подшипников качения по спектрам виброакустических сигналов. Спектр – это распределение мощности исходного временного сигнала в частотной области. Ранее считалось, что появление явно выраженных узких пиков на спектре в зоне характерных частот того или иного элемента подшипника качения, имеющего не только большую амплитуду, но и существенную мощность, следует ожидать только в том случае, когда дефект разовьется до такой степени, что его мощность будет соизмерима с мощностью четко диагностируемых пиков на спектре. Другими словами, дефект будет видно на спектре только тогда, когда он будет достаточно развитым [1].

**Описание эксперимента.** Авторами проведено экспериментальное исследование работы подшипника качения № 310 (основные параметры подшипника ГОСТ 8338-75 приведены в табл. 1).

Основные параметры подшипника № 310:  
 $d$  – 50 мм;  $D$  – 110 мм;  $B$  – 27 мм;  $r$  – 3,0 мм;  
масса – 1,8 кг;  $N$  – 6,3

Для записи звука работы интересующих рабочих элементов применялся микрофон направленного действия (за основу которого был взят микрофон Philips SBC MD110), который передавал его на персональный компьютер. Затем полученные данные обрабатывались при помощи программы MATLAB и написанного для нее приложения “Spectrogram”, которые позволяют произвести спектральный анализ записи звука работы узла.

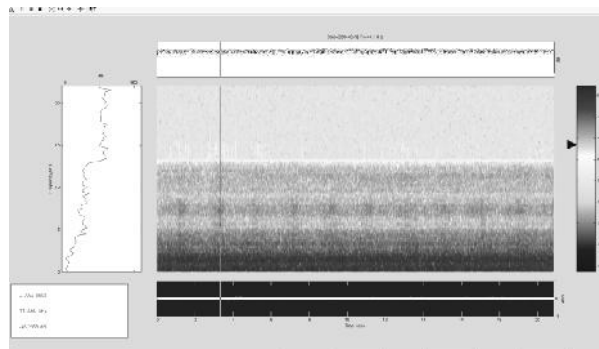
В исследуемый узел были установлены новые подшипники, находящиеся в идеальном состоянии. В течение всего срока работы данного подшипникового узла систематически производилась запись его работы и обработка результатов.

Результаты обработки сигналов на разных этапах работы подшипника показаны в виде графиков (рис. 2–5). По оси  $X$  отображается время записи, по оси  $Y$  частота.

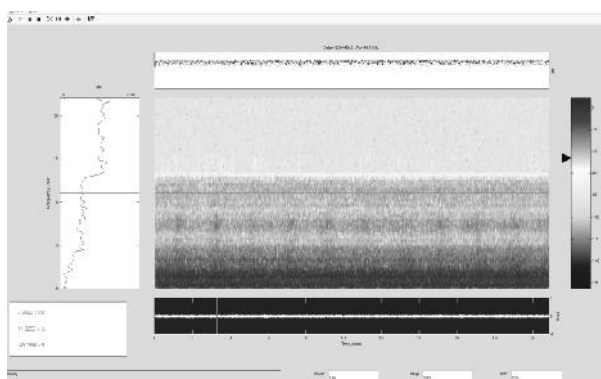
На 1-м этапе разницы между спектральными анализами не наблюдалась.

На 2-м этапе в разнице между спектральными анализами звука работы подшипника и вала появляется в виде спектр желтый цвет.

На 3-м этапе спектр становится желто-красного цвета, на 4-м этапе – красным.

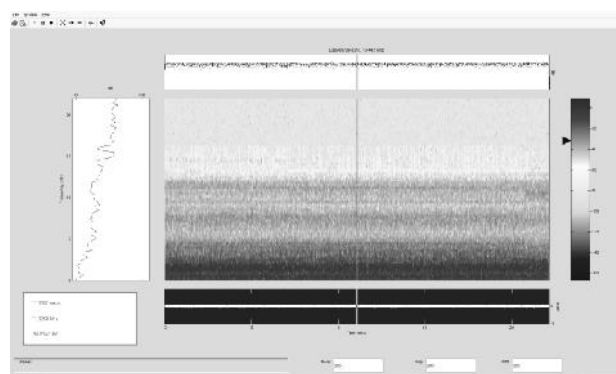


а



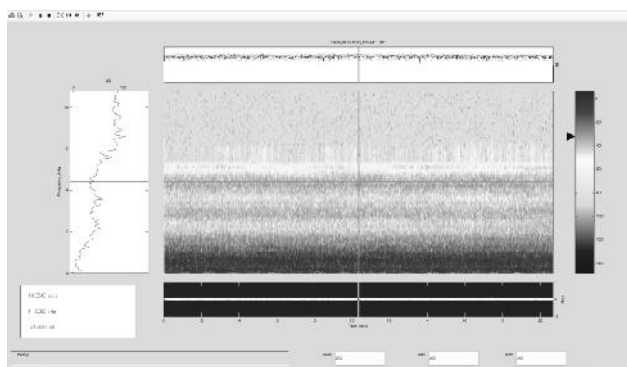
б

Рис. 2. Спектральный анализ звука работы подшипника (а) и вала (б) на первом этапе



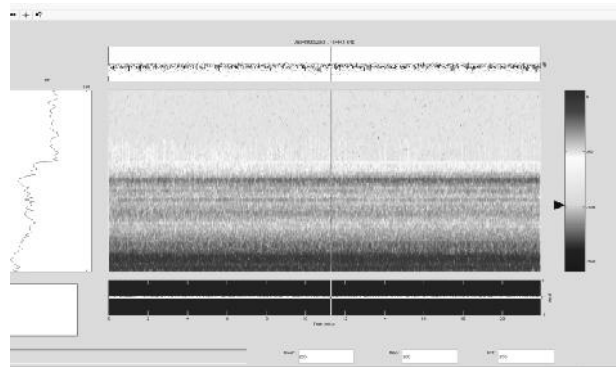
б

Рис. 4. Спектральный анализ звука работы подшипника (а) и вала на третьем этапе



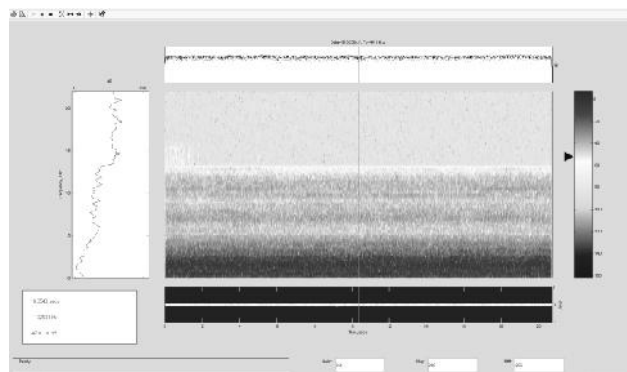
а

Рис. 3. Спектральный анализ звука работы подшипника (а) и вала на втором этапе

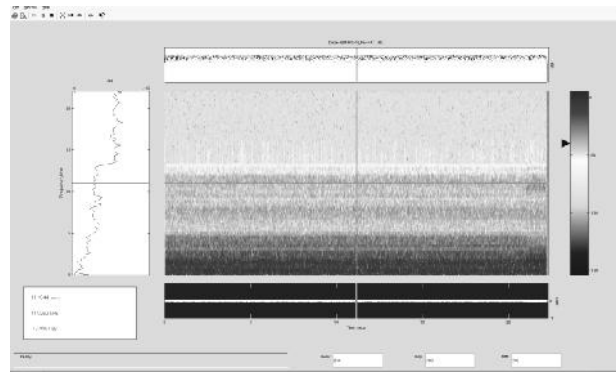


а

Рис. 5. Спектральный анализ звука работы подшипника (а) и вала на четвертом этапе



б



б

### Выводы

В результате анализа полученных данных установлено, что спектр, характеризующий состояние подшипника № 310, находится в частотном диапазоне от 10 до 11,5 кГц. Сравнивая результаты сигналов на различных этапах работы подшипника, можно утверждать, что с ухудшением состояния подшипника (развития износных процессов,

а

дефектов) сила звука увеличивается в указанном спектре.

Для исследуемого подшипника № 310 при достижении силы звука 120 дБ в частотном диапазоне от 10 до 11,5 кГц необходимо производить его замену.

Таким образом, использование микрофона направленного действия и рассмотренный метод обработки сигнала дает возможность проводить мониторинг подшипниковых узлов безразборным методом. Такая же схема мониторинга может позволить контролировать любые другие узлы различных машин и механизмов.

#### Список использованной литературы

1. Акутин М. В. Метод контроля состояния подшипников качения на основе сравнения вейвлет скейлограмм: автореф. дис. ... канд. техн. наук:05.11.13. / М. В. Акутин. – Казань: 2009. – 16 с.

2. Генкин М. Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов / М. Д. Генкин, А. Г. Соколова. – М.: Машиностроение. – 1987. – 288 с.

3. Явленский К. Н. Вибродиагностика и прогнозирование качества систем / К. Н. Явленский, А. К. Явленский. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1983. – 239 с.

Получено 20.05.2012

#### References

1. Akutin M. V. Method of control of standing of bearings of wobbling on the basis of comparison veyvlet skeylo-gramme: avtoref. dis. . kand. tekhn. nauk: 05.11.13 / M. V. Akutin – Kazan': 2009. – 16 p. [in Russian].

2. Genkin M. D. Vibroacoustic diagnostika of machines and mekhanizmov. / M. D. Genkin, A. G. Sokolova. – Moscow: Mashinostroenie, 1987. – 288 p. [in Russian].

3. Yavlenskiy K. N. Vibrodiagnostics and prognostication of quality of the systems/ K. N. Yavlenskiy, A. K. Yavlenskiy. – Leningrad: Engineer. Leningr. Otd-nie, 1983 – 239 p. [in Russian].



Кириченко  
Ирина Алексеевна,  
зав. каф. Метрологии Восто-  
чноукраинского нац.  
ун-та им. В. Даля.  
Тел.:+38 095-4619767



Кашура  
Александр Леонидович,  
доц. каф. Метрологии Восто-  
чноукраинского нац.  
ун-та им. В. Даля.  
Тел.:+38 097-366-17-73



Кашура  
Михаил Александрович,  
асп. каф. Технологии маши-  
ностроения и инженерного  
консалтинга Восточноукра-  
инского нац.  
ун-та им. В. Даля.  
Тел.:+38 099-942-35-99