

- tory/docker/alexibidenko1998/admire-server-manager (data obrashcheniya: 12.06.2022). – Tekst: elektronnyj.
4. Obshchie arhitektury veb-prilozhenij: sayt. – 2021 – URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/architecture/modern-web-apps-azure/common-web-application-architectures> (data obrashcheniya: 05.08.2021). – Tekst: elektronnyj.
  5. Bidenko, A. A. Oficial'nyj sayt prilozheniya Asmy / A. A. Bidenko: sayt. – 2022 – URL: <https://asmy.pro/> (data obrashcheniya: 12.06.2022). – Tekst: elektronnyj.
  6. Bidenko, A. A. DevOps ili Kak osvobodit' mnogih razrabotchikov v odin klik / A. A. Bidenko: sayt. – 2018 – URL: <https://tproger.ru/articles/devops-ili-kak-osvobodit-mnogih-razrabotchikov-v-odin-klik/> (data obrashcheniya: 18.02.2021). – Tekst: elektronnyj.
  7. Learn GitHub Actions: sayt. – 2020 – URL: <https://docs.github.com/en/actions/learn-github-actions> (data obrashcheniya: 14.07.2021). – Tekst: elektronnyj.
  8. Manage data in Docker: sayt. – 2020 – URL: <https://docs.docker.com/storage/> (data obrashcheniya: 30.01.2022). – Tekst: elektronnyj.
  9. Network containers: sayt. – 2020 – URL: <https://docs.docker.com/engine/tutorials/networkingcontainers/> (data obrashcheniya: 18.12.2021). – Tekst: elektronnyj.
  10. Web Authentication API: sayt. – 2019 – URL: [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Web\\_Authentication\\_API](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Web_Authentication_API) (data obrashcheniya: 13.03.2022). – Tekst: elektronnyj.
  11. What is a web server: sayt. – 2019 – URL: [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Common\\_questions/What\\_is\\_a\\_web\\_server](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Common_questions/What_is_a_web_server) (data obrashcheniya: 11.03.2021). – Tekst: elektronnyj.
  12. What is CI/CD: sayt. – 2021 – URL: <https://www.redhat.com/en/topics/devops/what-is-ci-cd> (data obrashcheniya: 13.07.2021). – Tekst: elektronnyj.
  13. What is Kubernetes: sayt. – 2020 – URL: <https://www.redhat.com/en/topics/containers/what-is-kubernetes> (data obrashcheniya: 15.04.2022). – Tekst: elektronnyj.

УДК-37.035.6

DOI: 10.34046/aumsuomt105/40

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПОДШИПНИКОВ ГРУЗОВЫХ НАСОСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПАКЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*И.К. Барсуков, аспирант*

В статье приведены исследования, теоретические основы, материалы и методы диагностики посредством метода вейвлета. При пиковых нагрузках, переходных режимах или частой работы грузового насоса усиливается деградация компонентов насоса и особенно подшипников. Такие режимы (особенно первые два) работы увеличивает механическую вибрацию подшипников качения, что может привести к их преждевременному разрушению. Показания снимаются во время запуска насоса и фильтруются по среднему значению преобразуя в вейвлет-пакет. Отфильтрованные ряды используются для оценки взаимосвязи между максимальным смещением кривой и накопленными наработками. Оценочное уравнение, связанное со стандартами вибрации, устанавливает время пребывания в состоянии деградации и производит моделирование процесса износа оборудования с учетом последовательности максимальных смещений кривых.

**Ключевые слова:** вейвлет, вейвлет-пакетное преобразование, грузовой насос, подшипник, моделирование, кривая.

## AUTOMATIC DIAGNOSTICS OF CARGO PUMP BEARINGS USING WAVELET PACKET CONVERSION AND COMPUTER SIMULATION

*I.K. Barsukov*

The article presents research, theoretical foundations, materials and diagnostic methods using the wavelet method. At peak loads, transient modes or frequent operation of the cargo pump, the degradation of pump components and especially bearings increases. Such modes (especially the first two) of operation increase the mechanical vibration of rolling bearings, which can lead to their premature destruction. The readings are taken during the pump start and filtered by the average value, converting it into a wavelet packet. Filtered series are used to estimate the relationship between the maximum displacement of the curve and accumulated operating time. The evaluation equation associated with vibration standards sets the time spent in a state of degradation and simulates the process of equipment wear taking into account the sequence of maximum displacements of the curves.

**Keywords:** wavelet, wavelet-batch transformation, cargo pump, bearing, modeling, curve.

**Введение.** В зависимости от режима работы грузового насоса его компоненты могут подвергаться большей деградации. Напряженный цикл старт-стоп заставляет подшипники много раз работать в переходном состоянии, увеличивая деградацию механических элементов. Непроектные условия, такие как пуск-остановка агрегата, переключение между режимами работы, сброс нагрузки, могут влиять на переходные режимы работы и привести к преждевременному износу.

Важно прогнозировать деградацию компонентов грузового насоса до того, как они достигнут пределов отказа. Также полезно знать, как связана работа системы и процесс деградации.

Тем не менее, в большинстве случаев состояние износа подшипников невозможно обнаружить, поскольку невозможно проводить проверки во время эксплуатации грузового насоса. Таким образом, процесс деградации не может быть отслежен напрямую, что означает, что этот процесс скрыт. Чтобы преодолеть это ограничение, измерения вибрации используются в качестве наблюдаемой переменной, указывающей на ухудшение состояния подшипника. Весь процесс может быть статистически лучше представлен в виде скрытой модели для мониторинга состояния агрегата и диагностика неисправностей. В частности, для этого и используется метод Вейвлета и различные нарботки, связанные с ним.

**Теоретические основы.** Использование методов прогнозирования износа подшипников следует разделить на две части: сбор данных и обработка данных. Классифицировали различные методы частотно-временного анализа, применяемые для диагностики неисправностей оборудования, на четыре категории: линейные и билинейные частотно-временные представления (например, вейвлет-преобразование); адаптивный параметрический частотно-временной анализ; адаптивный непараметрический частотно-временной анализ (например, преобразование Гильберта-Хуанга).

С тех пор использовались различные методы, адаптированные к конкретным условиям. Проекция атрибута помех вводится в оценку ухудшения характеристик подшипников для смягчения влияния проблем, не имеющих отношения к состоянию ухудшения, вызванному условиями эксплуатации. Функции, основанные на энтропии Рени, используют идею о том, что прогрессирующий разлом подразумевает растущее различие в распределении энергий по колебательной спектральной полосе, чувствительной к разломам подшипника. Метод спектрального эксцесса использует концепцию эксцесса для улавливания импульсности сигнала.

Однако, несмотря на такие специфические методы, вейвлет-преобразование было наиболее популярным методом шумоподавления для выделения вибрационной сигнатуры дефекта из измеренного сигнала, в который погружен случайный шум и другие параметры подшипника.

**Сбор данных.** Механическая вибрация вала силового агрегата обычно представляет два источника сигнала, установленных ортогонально, как показано на рисунке 1. Конфигурация обоих сигналов позволяет параметризовать их таким образом, чтобы описать внешний профиль вала. График параметризации и состава сигнала, который подавляет зависимость от времени, обычно называется кривой Лиссажу, и конкретно для смещения поверхности вала это называется кривой орбиты. Эта кривая имеет фундаментальное значение для определения того, насколько периметр вала смещен от его центральной линии. Это конкретное измерение, называемое  $S_{max}$  максимальным расстоянием вектора оси, и его измерение также используется в качестве индикатора для технических стандартов. Рассчитывается так:

$$S_{max} = \sqrt{\max([x(t)]^2 + [y(t)]^2)}, \quad 0 \leq t \leq \frac{1}{n_{rpm}} \quad (1)$$

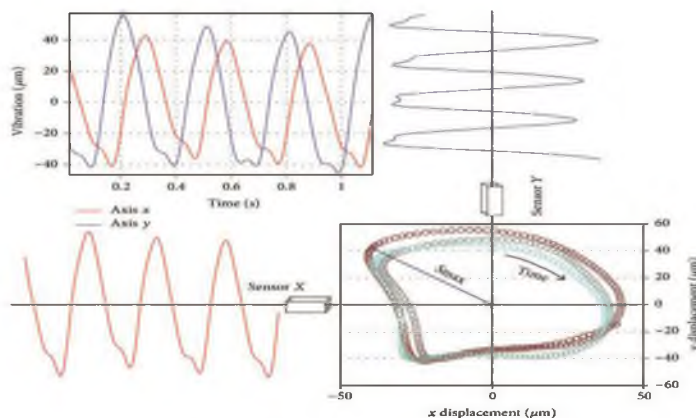


Рисунок 1 – Датчики перемещения и измерения

Технические проблемы, связанные со сбором данных, требуют обработки сигналов с использованием методов фильтрации для лучшего понимания сигналов колебаний в переходных и установившихся режимах.

**Фильтрация данных.** Технические ограничения систем мониторинга вибрации напрямую влияют на точность и точность расчета кривой орбиты. Следовательно, к полученным сигналам должны быть применены надлежащие инструменты фильтрации. Обработка сигнала зависит от правильного математического подхода и моделирования, применяемого к каждой характеристике данных, рабочему состоянию, точности датчика,

связанным ошибкам аналого-цифровых преобразователей, частотной дискретизации, распределению шума и длинам окон.

Рисунок 2 иллюстрирует формирование кривых орбиты относительно трех различных входных данных: исходных сигналов вибрации от системы мониторинга, сигналов после фильтрации по постоянному току и сигналов после фильтрации по постоянному и переменному току. Первое изображение неправильно отображает смещение оси, и его центральная линия смещена от начала координат. Вторая выровнена по центральной линии, но все еще очень шумная. Последняя, после обработки сигналов входных сигналов вибрации, лучше представляет смещение оси.

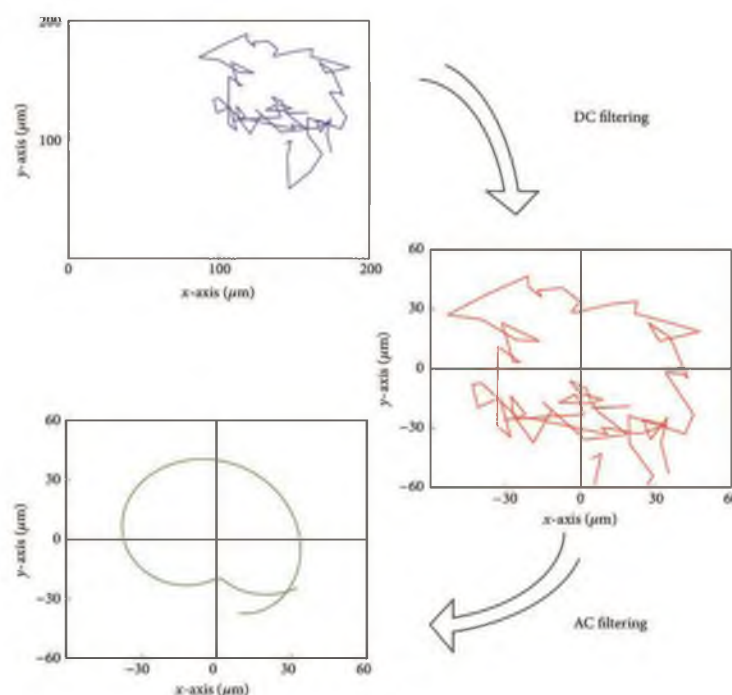


Рисунок 2 – Формирование кривой орбиты для различного качества входных данных

**Моделирование прогнозирования деградации.** Величины вибрации могут быть отнесены к четырем зонам, которые определяются следующим образом. Вибрация вновь введенных в эксплуатацию агрегата обычно попадает в зону А. В зоне В машины обычно считаются приемлемыми для неограниченной длительной эксплуатации. Агрегат с вибрацией в зоне С обычно считается неудовлетворительными для длительной непрерывной работы. Как правило, агрегат может эксплуатироваться в течение ограниченного периода в этом состоянии, пока не появится подходящая возможность для технического обслуживания. В зоне D обычно считается, что значения вибрации достаточно серьезны, чтобы вызвать повреждение внутри агрегата. Эти пределы определяют состояния деградации и наблюдаемые

пределы вибрации в скрытой Марковской модели.

Цепи Маркова — это случайные процессы, в которых переход в следующее состояние зависит исключительно от предыдущего. Скрытая Марковская модель представляет собой марковскую прогрессию, обычно наблюдаемую косвенно, как функцию переходов между состояниями процесса управления цепью Маркова, и в которой последовательные переходы состояний определяются переходом модели правдоподобия. Поскольку проверки не проводятся непрерывно, в отличие от непрерывного и прогрессирующего износа оборудования, состояния не могут наблюдаться, и в результате применяется Скрытая Марковская модель.

**Заключение.** Предлагаемый метод имеет несколько важных аспектов.

- во-первых, показания вибрации получены в реальных условиях эксплуатации, что означает применение стандартных систем мониторинга вибрации. Хотя, с одной стороны, этот метод имеет недостаток в неточности считывания, с другой стороны, он позволяет оператору самостоятельно собирать сигналы без посторонней помощи.

- во-вторых, это связано с основным аспектом метода Маркова, который позволяет оператору выполнять диагностику направляющих подшипников без необходимости приостановки работы направляющего устройства для проведения проверок.

Следовательно, предлагаемый метод имеет существенные преимущества за счет снижения риска отказа и затрат на техническое обслуживание.

#### Литература

1. Рабинер Л. Р. и Хуанг Б.-Х. Введение в скрытые марковские модели // *IEEE ASSP*. – том 3
2. Ван Г. Ф., Фенг Х. Л. и Лю С. Классификация неисправностей подшипников на основе условного случайного поля // *Удар и вибрация*. – том 20
3. Пэн З., Чу Ф. и Хе Ю. Анализ сигналов вибрации и извлечение признаков на основе переназначенной вейвлет-скалограммы // *Журнал звука и вибрации*. – том 253.
4. Патент 2239803 Российская Федерация, МПК G01L 1/22. Измерение механических колебаний или ультразвуковых, звуковых или инфразвуковых колебаний с использованием средств, чувствительных к излучению, например оптических средств / Дедученко Ф.М., Дылюк А.Г.,

Коновалов И.Л., Липко А.Н.; Заявитель и патентообладатель ОАО «НПО Промавтоматика»; Заявл. 05.06.2002; Опубл. 10.11.2004.

5. Мупшинская А. Вибрационная диагностика неисправностей вращающихся машин
6. Чжан З., Ван Ю. и Ван К. Диагностика неисправностей и прогноз с использованием разложения вейвлет-пакетов, преобразования Фурье и искусственной нейронной сети // *Журнал интеллектуального производства*. – том 24

#### References

1. L. R. Rabiner i B.-H. Huang, “Vvedenie v skrytye markovskie modeli”, zhurnal IEEE ASSP, tom 3
2. G. F. Van, H. L. Feng i S. Lyu, “Klassifikaciya neispravnostej podshipnikov na osnove uslovnogo sluchajnogo polya”, “Udar i vibraciya”, tom 20
3. Z. Pen, F. CHu i YU. He, “Analiz signalov vibracii i izvlechenie priznakov na osnove perena-znachennoj vejvlet-skalogrammy”, ZHurnal zvuka i vibracii, tom 253
4. Patent 2239803 Rossijskaya Federaciya, MPK G01L 1/22. Izmerenie mekhanicheskikh kolebanij ili ul'trazvukovyh, zvukovyh ili infrazvukovyh kolebanij s ispol'zovaniem sredstv, chuvstvitel'nyh k izluchenyu, naprimer opticheskikh sredstv / Deduchenko F.M., Dylyuk A.G., Kononov I.L., Lipko A.N.; Zayavitel' i patentoobladatel' ОАО «NPO Promavtomatika»; Zayavl. 05.06.2002; Opubl. 10.11.2004.
5. A. Mushinskaya, “Vibracionnaya diagnostika neispravnostej vrashchayushchihsy mashin”
6. Z. CHzhan, YU. Van i K. Van, “Diagnostika neispravnostej i prognoz s ispol'zovaniem razlozheniya vejvlet-paketov, preobrazovaniya Fur'e i iskusstvennoj nejronnoj seti”, ZHurnal intelektual'nogo proizvodstva, tom 24

УДК 004.451.42

DOI: 10.34046/aumsuomt105/41

## АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ И АДМИНИСТРИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ СЕМЕЙСТВА LINUX И WINDOWS

*М.А. Аль-Ханани, кандидат технических наук*

*И.Д. Соколова, магистрант*

*А.А. Пучков, аспирант*

В данной научной статье выполняется исследование рынка современных инструментов управления и администрирования ОС семейства Linux и Windows, производится сравнительный анализ самых популярных и востребованных из них. Формулируются основные требования к инструментам управления и администрирования, выделяются их основные особенности.

На сегодняшний день существует множество инструментов управления и администрирования ОС. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Поэтому выбрать подходящий инструмент иногда бывает очень затруднительно.

**Ключевые слова:** администрирование, операционная система, сервер.

## ANALYSIS OF MANAGEMENT AND ADMINISTRATION TOOLS LINUX AND WINDOWS OPERATING SYSTEMS

*M.A. Al-Khanani, I.D. Sokolova, A.A. Puchkov*