

Туркенич А. В.  
A. V. Turkenitch

05.08.05

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВИБРОДИАГНОСТИКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ AUTOMATED VIBRATION-BASED DIAGNOSTIC SYSTEM FOR BALL BEARINGS



Туркенич Александр Викторович — аспирант Дальневосточного государственного университета путей сообщения, начальник отделения центра автоматизированных средств управления ДВО (г. Хабаровск). E-mail: avtcheg@mail.ru

**Alexander v. Turkenitch** — PhD candidate, the Far East State Communications University, Head of the Department of Automated Control Systems of the Far East Military District (city of Khabarovsk). E-mail: avtcheg@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассмотрена проблема ранней диагностики и прогнозирования дальнейшей работоспособности подшипниковых узлов с наименьшими временными и экономическими затратами. Описано решение данной проблемы путём создания собственной автоматизированной системы вибродиагностики.

**Summary:** The paper deals with the problem of early diagnostics of bearings and forecasting their capacity in the most time/resource-efficient way. We propose a solution to this problem in the form of an automated vibration-based troubleshooting system.

**Ключевые слова:** Автоматизированная система, вибродиагностика, пикфактор, микроконтроллер, АЦП, УСБ.

**Keywords:** automated system, vibration-based diagnostic system, peak factor, microcontroller, ADC, USB.

### Проблемы современной диагностики машин и механизмов

Одной из важнейших проблем создания нового, а также модернизации и эксплуатации существующего оборудования промышленности является обеспечение его средствами технической диагностики. В современных системах диагностики механического и электромеханического оборудования абсолютное большинство диагностических задач решается методами вибрационного мониторинга и диагностики, и именно они составляют основу любой системы технической диагностики. Но на эксплуатируемом оборудовании в России до сих пор работа по внедрению систем диагностики ведется недостаточно [1].

В настоящее время методы обслуживания машин и механизмов принято подразделять в общем случае на три вида: [1]

1. Первый вид - обслуживание оборудования после выхода его из строя.

В этом случае машины и оборудование эксплуатируются до выхода их из строя. В основном это касается дешевого вспомогательного оборудования при наличии его резервирования, когда замена оборудования дешевле, чем затраты на его ремонт и обслуживание. В отсутствие резервирования на время ремонта производственный процесс приходится останавливать.

2. Второй вид обслуживания - обслуживание оборудования по регламенту.

В этом случае обслуживание производится в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя через определенные промежутки времени, независимо от технического состояния оборудования. Такой вид обслуживания обычно называется планово-профилактическим.

Проведённые исследования показали, что не менее 50 % из числа всех технических обслуживаний по регламенту выполняются без фактической их необходимости [1].

3. Третий вид обслуживания - обслуживание по фактическому техническому состоянию.

При этом виде обслуживания состояние машин и механизмов контролируется или периодически (при отсутствии дефектов), или в зависимости от результатов диагностики и прогноза технического состояния.

Проведение технического обслуживания в этом случае производится только тогда, когда это необходимо в связи с наступлением высокой вероятности отказа оборудования, определяемой методами технической диагностики. Тем самым не нарушается работа исправного механизма из-за вмешательства человека [1].

В большинстве оборудования одним из наиболее уязвимых и трудно поддающихся прогнозированию узлов является подшипник качения. Сложность прогнозирования заключается в том, что его долговечность зависит от множества факторов, которые могут влиять при изготовлении и сборке. Следовательно, при эксплуатации возникают проблемы, вызванные необходи-

Туркенич А.В.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВИБРОДИАГНОСТИКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

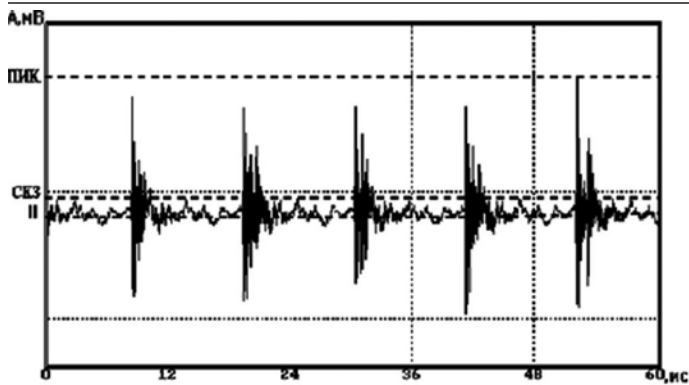


Рис. 1. Вибрация, возбуждаемая ударными импульсами

мостью текущего контроля состояния деталей подшипника качения, с целью определения сроков ремонта.

Для оперативной диагностики подшипника качения наиболее целесообразно применять приборы и устройства, использующие в качестве источника информации процесс излучения вибрационных волн работающим подшипниковым узлом [2]. Подобные средства позволяют без разборки механизма определять текущее состояние деталей узла и оценивать продолжительность его работы без поломок.

Для решения проблемы текущего контроля состояния деталей подшипника существует большое количество сложных и дорогостоящих приборов и устройств [3]. Большинство из них ориентировано для решения определённых задач (например измерение среднеквадратичного значения (СКЗ) виброскорости) и использования на конкретных механизмах (например электродвигателях).

Существует необходимость создать прибор вибродиагностики, на основе несложного метода диагностики, отличающийся простотой в использовании, малогабаритностью и универсальностью, позволяющий принимать решение о необходимости применения более сложного и дорогостоящего диагностического оборудования для детального анализа оборудования либо о его ремонте.

### Решение вопроса диагностики в современных условиях

Проведённый анализ методов вибрационного мониторинга и диагностики выявил, что большинство из них являются весьма затратными, поэтому в условиях современной экономической ситуации средства вибродиагностики оборудования не находят широкого применения. Для практического использования одним из самых простых и в то же время информативных методов вибродиагностики является метод ударных импульсов, в отличие от других он позволяет использовать для решения диагностических задач простейшие средства измерения.

Принцип действия метода иллюстрируется примером сигнала, приведенным на рисунке 1.

Как видно из рисунка, вибрация, возбуждаемая

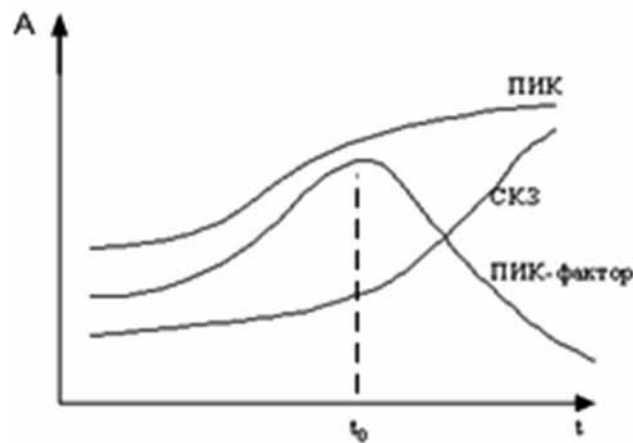


Рис. 2. Метод ударных импульсов [5]

короткими импульсами, значительно изменяет мгновенную (пиковую) амплитуду сигнала, практически не изменяя ее среднеквадратичное значение (СКЗ), называемое мощностью сигнала [4].

Рассмотрим рисунок 2. Максимальное значение сигнала (ПИК) и СКЗ представляют собой монотонные, неубывающие функции одинакового характера, но смещённые друг относительно друга во времени. Сначала, по мере появления и развития дефекта, нарастает функция ПИК, а СКЗ сигнала меняется очень мало, поскольку отдельные, очень короткие амплитудные пики практически не меняют энергетические характеристики сигнала.

В дальнейшем, по мере увеличения и количества пиков, начинает уже соответственно увеличиваться мощность сигнала, возрастает СКЗ вибрации. Сами по себе функции ПИК и СКЗ малоинформативны для диагностики вследствие своей монотонности. Но отношение ПИК/СКЗ, называемое ПИК-фактором, уже представляет значительный интерес, поскольку эта функция из-за временного сдвига между ПИК и СКЗ имеет явно выраженный максимум на временной оси. Так, у случайного сигнала без ударных импульсов типовое значение ПИК-фактора лежит в пределах от 3 до 4, а при появлении редких, но сильных импульсов может превышать значения порядка 20 [4].

Экспериментально было установлено, что момент прохода функции ПИК-фактор через максимум соответствует остаточному ресурсу подшипника порядка 2-3 недель [5].

Структура прибора для измерения ПИК-фактора сигнала вибрации в общем случае показана на рисунке 3.

Для простоты реализации обычно используется механический резонатор в виде металлического стержня с резонансом на частотах выше 25 кГц.

### Исследование метода ударных импульсов

Для исследования метода было создано устройство вибродиагностики подшипников качения и смоделирована установка для его тестирования.



Рис. 3. Структура прибора для измерения ПИК-фактора

Функциональная схема устройства приведена на рисунке 4.

Основные элементы устройства, показанные на рисунке:

1. датчик вибросигнала;
2. детектор сигнала;
3. усилитель сигнала;
4. микроконтроллер с АЦП;
5. преобразователь USB-интерфейса;
6. жидкокристаллический индикатор (ЖКИ);
7. клавиатура управления;
8. внешняя память данных.

На рисунке 5 показан общий вид установки для тестирования.

Установка состоит из асинхронного двигателя серии 4А, генератора импульсов Г5-15 и пьезоэлемента марки ЗП-2.

Тестирование производилось следующим образом.

Для эмуляции дефектов подшипника качения на электродвигатель подавались импульсы с генератора Г5-15 через пьезоэлемент, жестко закреплённый на корпусе двигателя.

После включения электродвигателя производилось снятие виросигнала датчиком вибрации АР-40, который также закреплялся на корпусе двигателя.

Далее сигнал подавался на вход детектора сигнала рисунок 6.

После детектирования сигнал подается на вход АЦП микроконтроллера АТ90S8535. Сигнал, получаемый с выхода детектора сигнала, представлен на рисунке 7.

Далее происходит процесс обработки сигнала разработанным устройством — накопление информации (измерений), вычисление СКЗ сигнала и ПИК-фактора.

Данные, сохранённые в устройстве, передавались по интерфейсу USB в ЭВМ, где производилась их обработка в средах Matlab и Excel, соответствующая обработке в реализованном устройстве. Полученные значения СКЗ сигнала и его ПИК-фактора совпали со значениями, показанными системой на ЖКИ, что го-

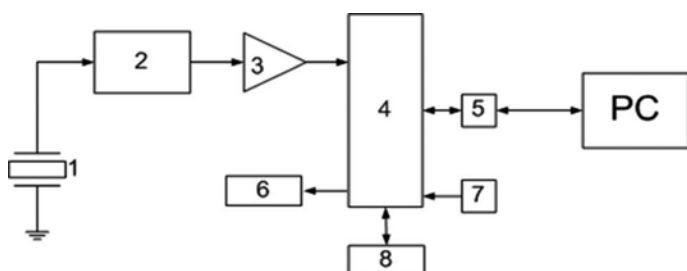


Рис. 4. Функциональная схема устройства

ворит о корректности её работы и возможности для дальнейшего исследования. График, построенный в среде Matlab, на основе принятых от устройства данных, представлен на рисунке 8.

## Результаты работы

В результате проделанной работы была разработана и реализована автоматизированная система вибродиагностики подшипников качения, позволяющая в кратчайшие сроки с наименьшими затратами проводить перманентную диагностику подшипниковых узлов. Работа системы основана на простейшем методе ударных импульсов, что не влияет на достоверность получаемых данных. Система позволяет производить измерение амплитуды ударных импульсов, генери-

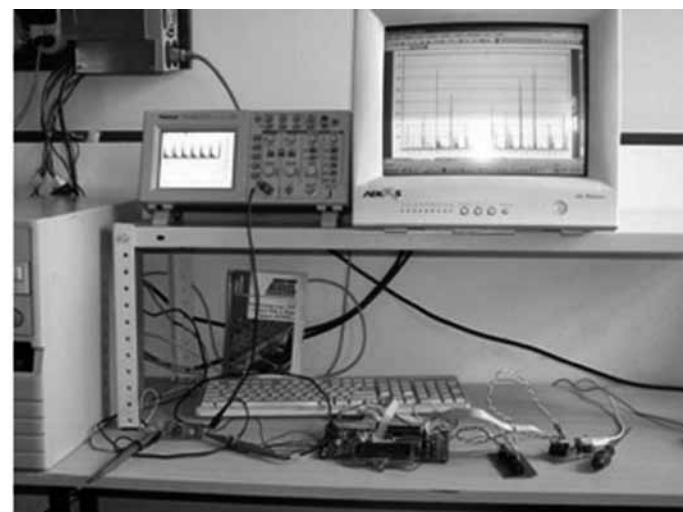
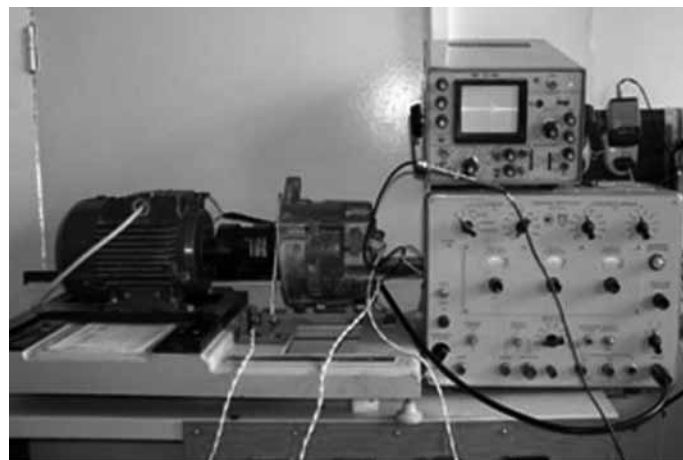


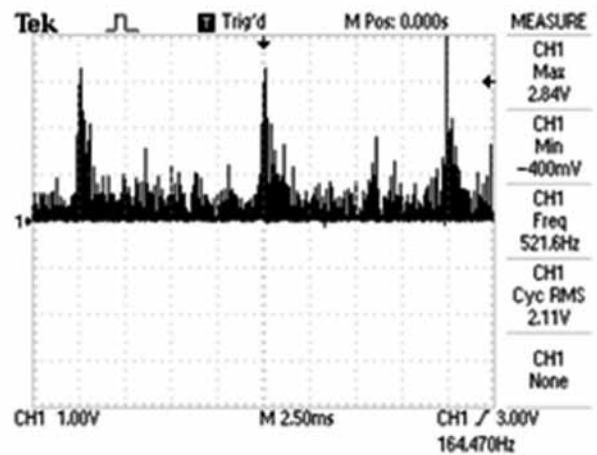
Рис. 5. Установка для тестирования разработанного устройства

Туркенич А.В.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВИБРОДИАГНОСТИКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ



Рис. 6. Сигнал на входе детектора



TDS 1002 - 16:18:44 06.06.2005

Рис. 7. Сигнал на выходе детектора

руемых подшипником качения в диапазоне от 10 Гц до 25 КГц. В ходе одного измерения производится 528 отсчётов, по значениям которых производится вычисление СКЗ и ПИК-фактора с выводом их значений на ЖКИ. Система позволяет запоминать от 10 до 2000 измерений (в зависимости от проведённых настроек).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.А. Азовцев и др. «Диагностика и прогноз технического состояния оборудования целлюлозно-бумажной про-

мышленности в рыночных условиях». – Ж. «Бумага, картон, целлюлоза», №5, 1999 г.

2. Отчёт о НИР: «Разработка технических средств диагностики подшипниковых узлов электрических машин». Хаб. ин-т инженеров ж/д транспорта, 1990. – 22 с.

3. <http://www.vibrocenter.ru> <30.10.09>

4. Барков А.В., Баркова Н.А. Статья: «Интеллектуальные системы мониторинга и диагностики машин по вибрации» – СПб.:ГМТУ, 2000. ([www.vibration.com](http://www.vibration.com)).

5. <http://www.resurs.spb.ru/text/text5.doc> <10.05.2005>

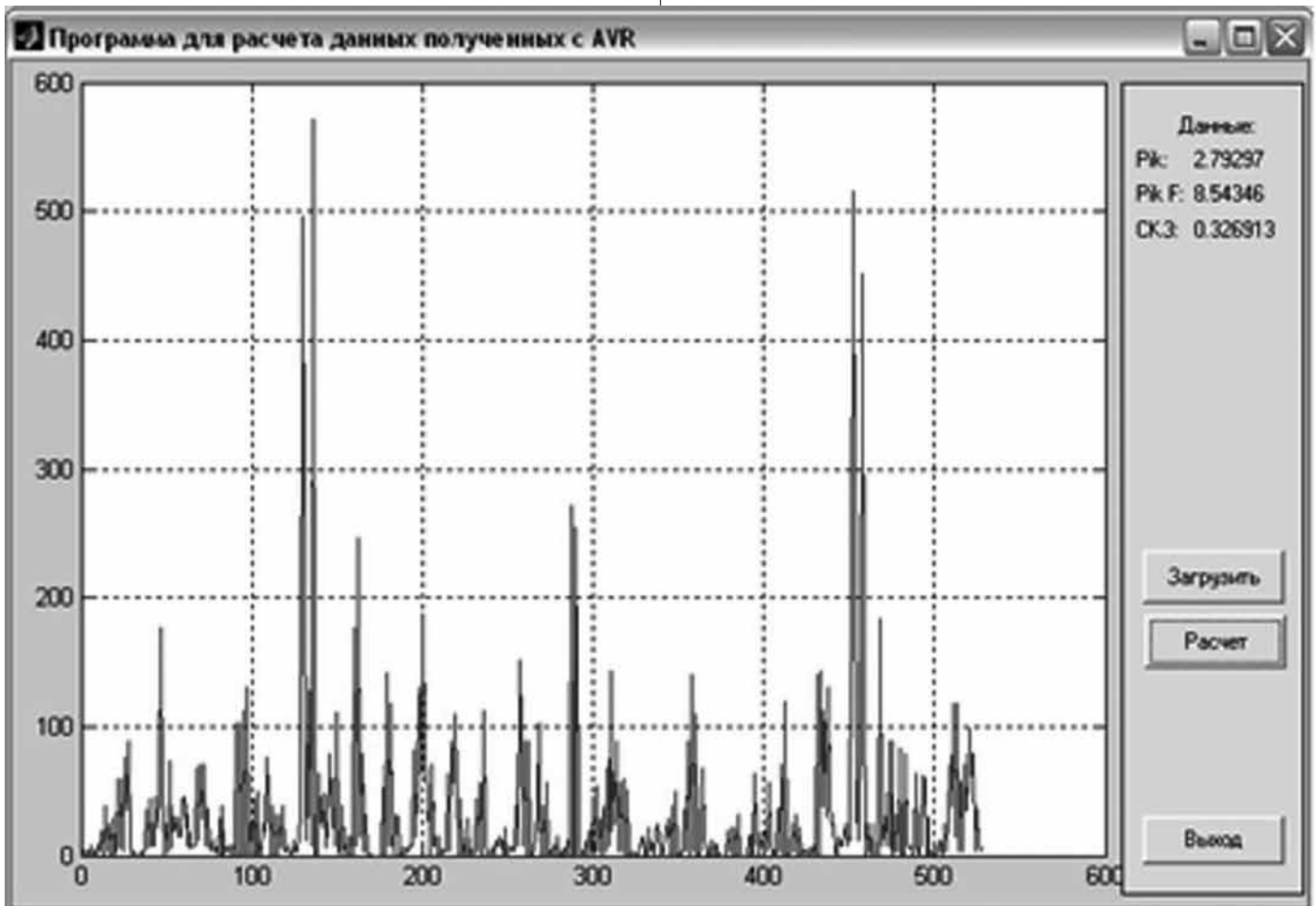


Рис. 8. График в среде Matlab