



# ООО «Техническая Диагностика и Мониторинг»

Россия, 198206, Санкт-Петербург, ул. Чекистов, дом 13, лит. «Б», офис 314

Тел: (812) 950-15-57, тел./факс (812) 744-25-36, e-mail: info@tdm-spb.ru

Почтовый адрес: 198334 Санкт-Петербург, а/я 100



## Надежная работа подшипниковых узлов оборудования

Применение метода ударных импульсов SPM



Автор: Г.А. Барков. © SPM © TDM 2010-08. Ревизия 8 TDM.

При подготовке данного документа использованы следующие материалы:

1. К.А. Аксенов, В.Ф. Кашин (КИНЕФ, Россия): Применение метода ударных импульсов SPM для диагностики подшипников качения на ООО «КИНЕФ».
2. Результаты измерений из базы данных CondmasterPro (КИНЕФ, Россия).
3. Результаты измерений из базы данных CondmasterPro (Hallsta Paper Mill, Швеция).
4. А. Сундберг (SPM Instrument, Швеция): Метод ударных импульсов.
5. Рекламные материалы (SPM Instrument, Швеция).

Разрешается использование материалов данного документа со ссылкой на источник.

Российский партнер фирмы SPM Instrument

***ООО «Техническая Диагностика и Мониторинг»***



Алексей Сергеевич Ковалев  
Генеральный директор  
тел. (812) 950-15-57  
A.Kovalev@tdm-spb.ru

Герман Александрович Барков  
Технический директор  
тел. (812) 934-90-40  
Herman.Barkov@tdm-spb.ru



## Надежная работа подшипниковых узлов оборудования.

Надежность работы роторного оборудования в значительной степени определяется состоянием его подшипниковых узлов. Как показывает опыт работы, мониторинг состояния подшипников является основным и наиболее важным аспектом работ по мониторингу и диагностике состояния роторного оборудования.

В данном документе приводится ознакомительная информация по методу ударных импульсов SPM, широко используемому для мониторинга состояния подшипников качения, - простому и высокоэффективному методу измерений, предлагаемому фирмой SPM Instrument. Другие методы, предлагаемые фирмой SPM Instrument: например, измерения интенсивности вибрации, спектральный анализ вибрации EVAM®, спектральный анализ ударных импульсов SPM Спектр, а также мониторинг состояния подшипников скольжения - в данном документе не рассматриваются с целью сокращения объема материала. Просим обращаться к нам за дополнительной информацией.



Рис. 1. Насосный агрегат.

Метод ударных импульсов SPM (Shock Pulse Method) был впервые разработан в 1969 году, после чего фирма SPM Instrument AB стала выпускать приборы, реализующие этот метод. Исключительным назначением метода SPM был – и по-прежнему остается, - мониторинг состояния подшипников качения. Главными задачами такого мониторинга являются:

- получение заблаговременного предупреждения **об ухудшении условий смазки подшипников** для осуществления своевременной замены смазки по ее фактическому состоянию,
- получение заблаговременного предупреждения **об ухудшении внешних условий работы** подшипников (например, перегрузка по самым различным причинам, включая неправильный монтаж подшипника, несоосность валов, существенный дисбаланс ротора, а также многие другие случаи) для своевременного устранения неисправностей по фактическому состоянию,
- получение заблаговременного предупреждения **о появлении дефектов подшипников** для планирования своевременных замен подшипников,
- сведение к минимуму простоев оборудования,
- сведение к минимуму рисков отказов оборудования и обеспечение надежности его работы.

С течением времени метод SPM был дополнен и усовершенствован, поэтому в настоящее время метод SPM позволяет оценивать условия смазки и условия работы даже неповрежденных подшипников. Поэтому технический персонал может не только вовремя обнаруживать возникающие повреждения тел качения, дорожек и сепараторов подшипников, но и предотвращать само их появление путем поддержания и улучшения условий смазки – самой главной причины выхода из строя подшипников, а также путем устранения повышенных нагрузок на подшипники.

В практике работы весьма трудоемкой является предварительная стадия работ по мониторингу – сбор исходной информации до начала мониторинга. Метод ударных импульсов SPM исключительно прост и экономичен в данном вопросе: Вам необходимо собрать только следующие исходные данные по каждому из Ваших подшипников:

- диаметр подшипника,
- частота вращения подшипника,
- для измерений SPM LR/HR – также и тип подшипника по SPM (например, шариковый или роликовый, радиальный или упорный, сферический и т.п. – всего 8 типов).

Метод ударных импульсов SPM неприхотлив и в отношении точности исходных данных, - ошибка в 5-10% по исходным данным не приведет к существенной погрешности в результатах измерений.

- Прямая оценка
- Состояние **смазки**
- Состояние **подшипника**
- Качество **монтажа**
  
- Исходные данные:
  - диаметр вала (**примерно**)
  - частота оборотов вала (**примерно**)



Рис. 2. Метод ударных импульсов SPM.

## Измерительное оборудование.

Измерения по методу ударных импульсов SPM можно производить как с помощью переносных приборов, так и с помощью стационарных систем фирмы SPM Instrument:

### 1) Прибор Bearing Checker

Прибор Bearing Checker является точным измерительным прибором, использующим метод ударных импульсов SPM для измерений условий работы, условий смазки и состояния подшипников, а также измеряющим температуру поверхностей с помощью инфракрасного датчика. Прибор Bearing Checker может также использоваться совместно с шумоизолирующими наушниками в качестве электронного стетоскопа для прослушивания собственных шумов работающего оборудования и в качестве течеискателя для поиска внутренних утечек газов и жидкостей.



### 2) Переносные приборы серий T30 и A30.

Приборы серий T30 и A30 - это портативные приборы для регулярного мониторинга и диагностики состояния производственного оборудования. В приборах серий T30 и A30 используются три основных метода мониторинга и диагностики состояния: метод ударных импульсов SPM, измерения интенсивности вибрации, а также спектральный анализ вибрации с оценкой состояния EVAM® (только в версиях Expert). Кроме того, приборы выполняют измерения скорости вращения и температуры. Для каждой единицы Вашего оборудования Вы можете выбрать такую комбинацию измерений, которая в наибольшей степени отвечает стоящим перед Вами задачам.





### 3) Переносные приборы серии LEONOVA™ Infinity.

Многофункциональные приборы серии LEONOVA™ Infinity включают в себя оригинальный и отлично зарекомендовавший себя метод измерений SPM Спектр, – спектральный анализ сигналов от датчиков ударных импульсов SPM. В зависимости от заказанной комплектации приборы серии LEONOVA™ Infinity могут выполнять следующие виды измерений:

- Температура
- Скорость вращения
- Альтернативные измерения
- Интенсивность вибрации по стандарту ISO 2372
- Ударные импульсы SPM (dBm/dBc и LR/HR)
- Спектральный анализ ударных импульсов SPM Спектр
- Интенсивность вибрации по стандарту ISO 10816
- Спектральный анализ вибрации EVAM®
- 2-х канальные измерения вибрации
- Спектральный виброанализ: разбег / выбег и тест на удар
- Анализ орбит
- Одно- и двухплоскостная балансировка
- Лазерная центровка горизонтальных и вертикальных валов

Для каждой единицы Вашего оборудования Вы можете выбрать такую комбинацию измерений, которая в наибольшей степени отвечает стоящим перед Вами задачам.



### 4) Стационарные системы CMS-Intellinova, CMS, CMM, Machine Guard MG-4.

Наибольшее распространение на предприятиях нефтехимической промышленности, и, в частности, на ООО «КИНЕФ», в настоящее время получили стационарные системы CMS с блоками измерений типа BMS, использующими метод ударных импульсов SPM. Применение стационарных систем, в отличие от использования переносных приборов, позволяет достичь более высокой организационной надежности мониторинга за счет автоматизации замеров, значительного повышения частоты выполнения замеров и снижения негативного воздействия «человеческого фактора» на процесс мониторинга.

Система CMS с блоками измерений типа BMS, выполняющая измерения по методу ударных импульсов SPM, строится по схеме «1 подшипник качения = 1 датчик ударных импульсов SPM и 1 измерительный канал», см. рис. 3:

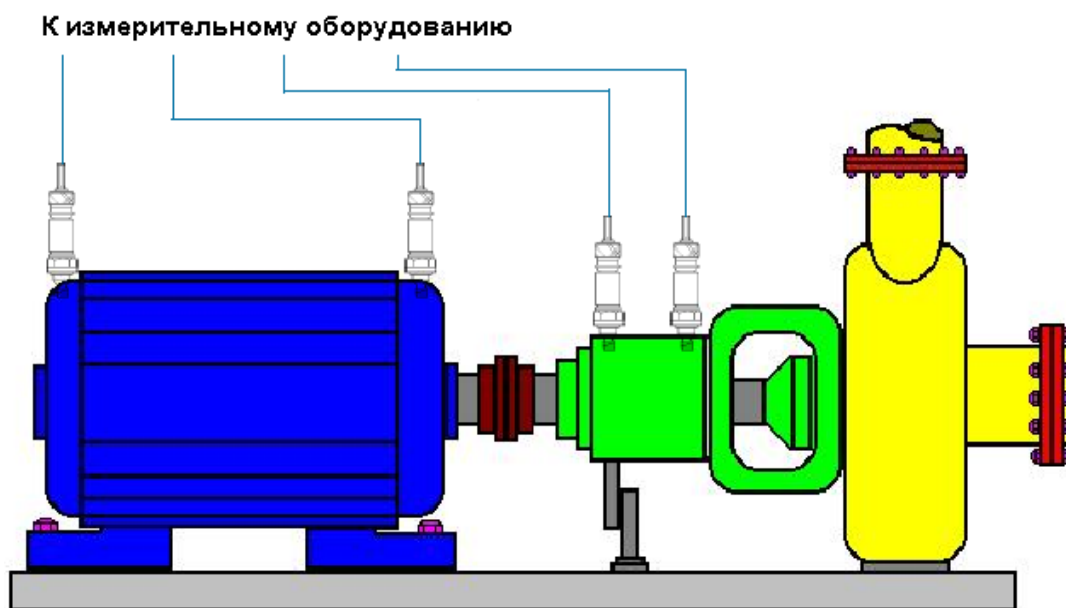


Рис. 3. «1 подшипник качения = 1 датчик ударных импульсов SPM...»

## Датчики ударных импульсов SPM.

Основным требованием при проведении мониторинга и диагностики состояния является обеспечение доступа к требуемым точкам измерений. За последние 30 лет фирма SPM Instrument разработала широкий диапазон измерительных приспособлений и устройств, обеспечивающих доступ к подшипникам практически почти во всех случаях.

**Переносные приборы** работают совместно с тремя видами датчиков ударных импульсов SPM:

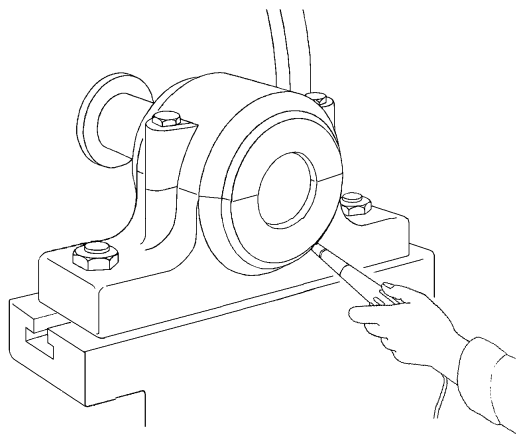
- датчик-щуп SPM, прижимаемый непосредственно к металлу корпуса подшипника;
- быстросъемный датчик SPM, подсоединяемый к адаптерам SPM. Адаптеры SPM установлены постоянно на корпусах подшипников. Замеры производятся при подсоединении датчика к адаптеру;
- стационарный датчик ударных импульсов SPM, постоянно закрепленный на корпусе подшипника и постоянно подключенный при помощи коаксиального кабеля к измерительному терминалу.

### Датчик – щуп SPM

Ручной датчик-щуп, как правило, используется только для выборочных измерений на отдельных точках, поиска наилучших мест для точек измерений, поиска помех и других источников ударных импульсов на механизмах (например, кавитация, а также трение или задевание деталей механизма).

Для систематического мониторинга состояния использование датчика-щупа не рекомендуется.

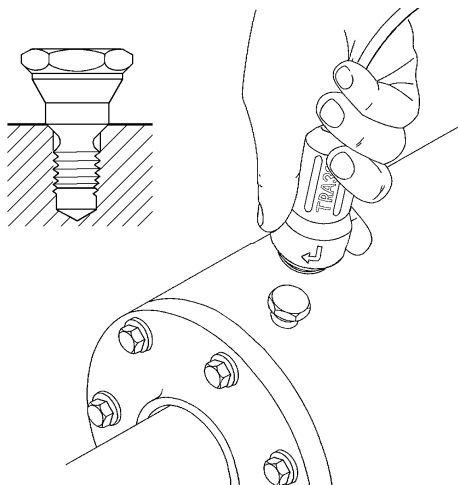
Прибор Bearing Checker имеет встроенный датчик-щуп, по желанию также можно подключать к нему и отдельный ручной датчик-щуп с кабелем.



### Быстросъемный датчик SPM и адаптеры SPM

Для систематического мониторинга (особенно при большом количестве точек измерений) фирма SPM Instrument рекомендует использовать быстросъемный датчик ударных импульсов SPM совместно с адаптерами SPM. Адаптеры SPM – это цельные металлические болты специальной формы, устанавливаемые в резьбовых монтажных отверстиях. Быстросъемный датчик SPM присоединяется к адаптеру SPM путем байонетного соединения, оставляя руки оператора свободными для работы с измерительным прибором.

Адаптеры SPM однозначно определяют места замеров, а быстросъемный датчик SPM обеспечивает стабильность и постоянную силу прижима к адаптеру во время измерений, что дает более точные результаты мониторинга при меньшем отклонении измеряемых величин. Это особенно важно при большом числе точек измерений, когда использование датчика-щупа ведет к быстрому утомлению оператора и его неточной работе.



### Стационарные датчики SPM

Стационарные датчики ударных импульсов SPM различных типов, в основном, предназначены для стационарных систем непрерывного мониторинга. При работе с переносными приборами стационарные датчики с выводом кабелей к измерительным терминалам используются для обеспечения измерений на подшипниках, доступ к которым при нормальной работе механизма затруднен или вообще не может обеспечиваться иным способом.

Установка стационарных датчиков ударных импульсов SPM (см. ниже, рис. 4) не представляет трудностей: датчик монтируется в специальном образом раззенкованном отверстии глубиной 15 мм с резьбой M8 в соответствии с правилами выбора точек измерений SPM. Если конструкция агрегата не

допускает сверления, то сначала производится наваривание или наклеивание стальной «бобышки», при этом отверстие сверлится уже в самой «бобышке».

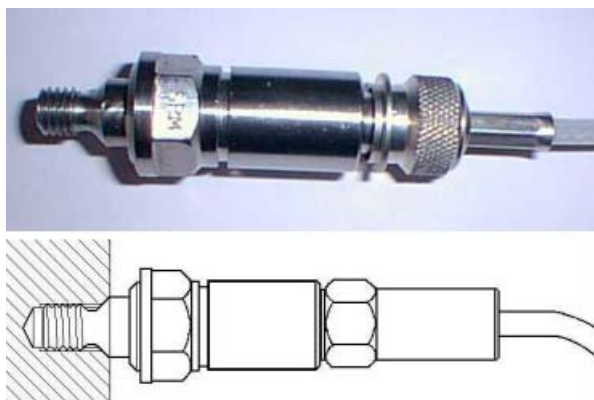


Рис. 4. Стационарный датчик ударных импульсов SPM. Общий вид и установка.

**Стационарные системы**, разумеется, работают только со стационарными датчиками ударных импульсов SPM.

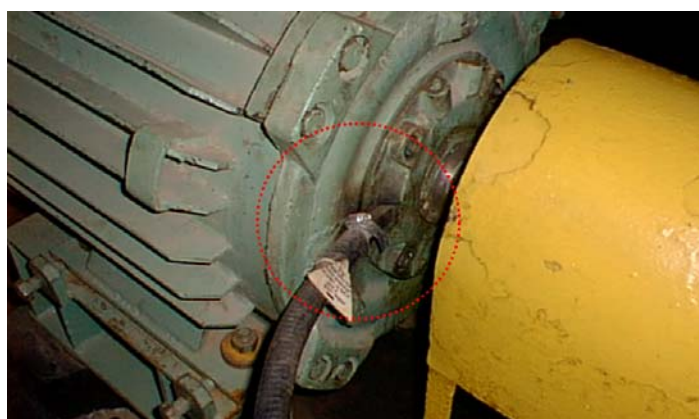


Рис. 5-7. Установка стационарных датчиков ударных импульсов SPM (примеры).

Разрешается использование материалов данного документа со ссылкой на источник.



В системе CMS измерительные каналы ударных импульсов SPM подключаются к измерительным блокам типа BMS, входящим в систему: 16 каналов к одному блоку. Во взрывозащищенной версии дополнительно применяются разделительные барьеры. Сами блоки последовательно объединяются в цепочки, составляющие т.н. локальные сети (теоретически до 250 блоков в одной сети), которые в свою очередь подключаются к компьютерному оборудованию.

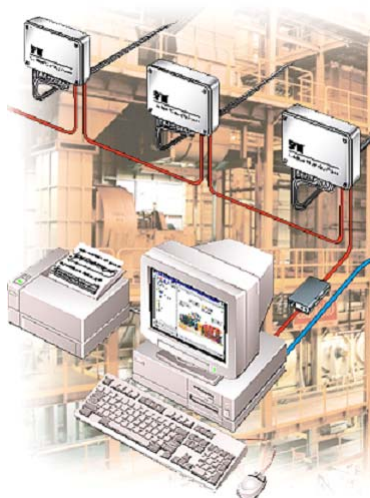


Рис. 8. Структура блоков системы CMS.

При необходимости размещения измерительных блоков на открытой площадке применяются обогреваемые шкафы. При необходимости размещения измерительных блоков во взрывоопасной зоне применяются обогреваемые взрывозащищенные шкафы.



Рис. 9. Взрывозащищенные шкафы.



Рис. 10. Пример монтажа барьеров и измерительных блоков внутри обогреваемых шкафов.



Управление системой CMS и мониторинг состояния оборудования с ее помощью производится посредством компьютера и программного обеспечения фирмы SPM Instrument. На ООО «КИНЕФ» дополнительно применяется программное обеспечение фирмы АЛТ, обеспечивающее интеграцию системы мониторинга фирмы SPM Instrument в общезаводскую информационную систему. Кроме того, программное обеспечение фирмы АЛТ осуществляет вывод краткой оперативной информации о состоянии подшипников на экран оператора технологической установки, не требуя от последнего излишних знаний и излишних трудозатрат на работу с системой мониторинга.

При нормальных эксплуатационных условиях подшипников и при использовании подшипников, обладающих нормальной «живучестью», время с момента появления первых признаков неисправности до серьезного развития дефекта составляет обычно, как минимум, несколько дней. Этого времени вполне достаточно для того, чтобы технический персонал принял решение по каждому отдельному случаю. Поэтому автоматизация функций защиты и резервирования на основании изменений сигналов ударных импульсов в практике, как правило, оказывается излишней и потому не применяется. В связи с этим система CMS для мониторинга подшипников качения по ударным импульсам SPM не осуществляет управляющих функций по автоматической защите оборудования или переключения его на резерв.

При небольших скоростях вращения, при умеренной и равномерной нагрузке на подшипники, при использовании высококачественных подшипников время с момента появления первых признаков неисправности до серьезного развития дефекта может составлять несколько месяцев.

Примечание: системы CMS-Intellinova, системы CMS с блоками типа VMS для мониторинга вибрации, с блоками типа VCM для спектрального анализа вибрации, а также системы типа CMM, включая Machine Guard MG-4, фирмы SPM Instrument для измерений вибрации и ударных импульсов SPM имеют возможности выдачи управляющих сигналов для осуществления защитных функций и резервирования оборудования. В данном документе указанные системы не рассматриваются с целью сокращения объема материала. Просим обращаться к нам за дополнительной информацией.



















































































15 уч. Подшип. насосов					Состояние диагностической системы - 				
Насос	Подшипник	Состоя- ние	Смазка	Связь	Насос	Подшипник	Состоя- ние	Смазка	Связь
ЦН-1	двигат.полевой				ЦН-5	двигат.полевой			
	двигат.у муфты					насоса полевой			
	насоса у муфты				ЦН-101	двигат.полевой			
ЦН-2	двигат.полевой					двигат.у муфты			
	двигат.у муфты					насоса полевой			
	насоса у муфты				ЦН-102	двигат.полевой			
ЦН-3	двигат.полевой					двигат.у муфты			
	двигат.у муфты					насоса полевой			
	насоса у муфты				ЦН-105	двигат.полевой			
	насоса полевой					двигат.у муфты			
ЦН-4	двигат.полевой				насоса полевой				
	двигат.у муфты								
	насоса у муфты								
	насоса полевой								
<div> - норма    - начало дефекта    - повреждение подшипника    - нет измерений    - авария    - норма</div>									
Помощь	F1	Мнемо- схема	Caps Lock	Общ. таб.10	Tab	Инст- рукция	В И	Протокол сообщений	~

Рис. 11-а. ПО фирмы АЛТ: дисплей оператора технологической установки.

Полное программное обеспечение фирмы SPM Instrument устанавливается на компьютере ответственного лица, например, у механика технологической установки, откуда и производится программирование и управление системой мониторинга, например:

- конфигурация точек измерений и ввод исходных данных,
- калибровка точек измерений, т.е. подстройка чувствительности измерительных каналов в соответствии с реальным местом установки каждого датчика,
- конфигурация измерительных каналов, задание режимов измерений и режимов опроса и сохранения данных,
- запуск измерений,
- контроль исправности измерительных каналов,
- считывание и сохранение результатов измерений,
- представление и анализ результатов измерений как в табличной, так и в графической форме,
- цветовая индикация состояния оборудования с использованием реальных фотографий Вашего оборудования,
- ведение истории каждой точки измерения, т.е. ввод и сохранение текстовых комментариев, описывающих происходящие события (например, информация о произведенных ремонтах, обнаруженных дефектах и замененных деталях, сведения об изменении режимов работы оборудования, сведения о принятых мерах и т.п., включая элементы экономического анализа эффективности мониторинга).

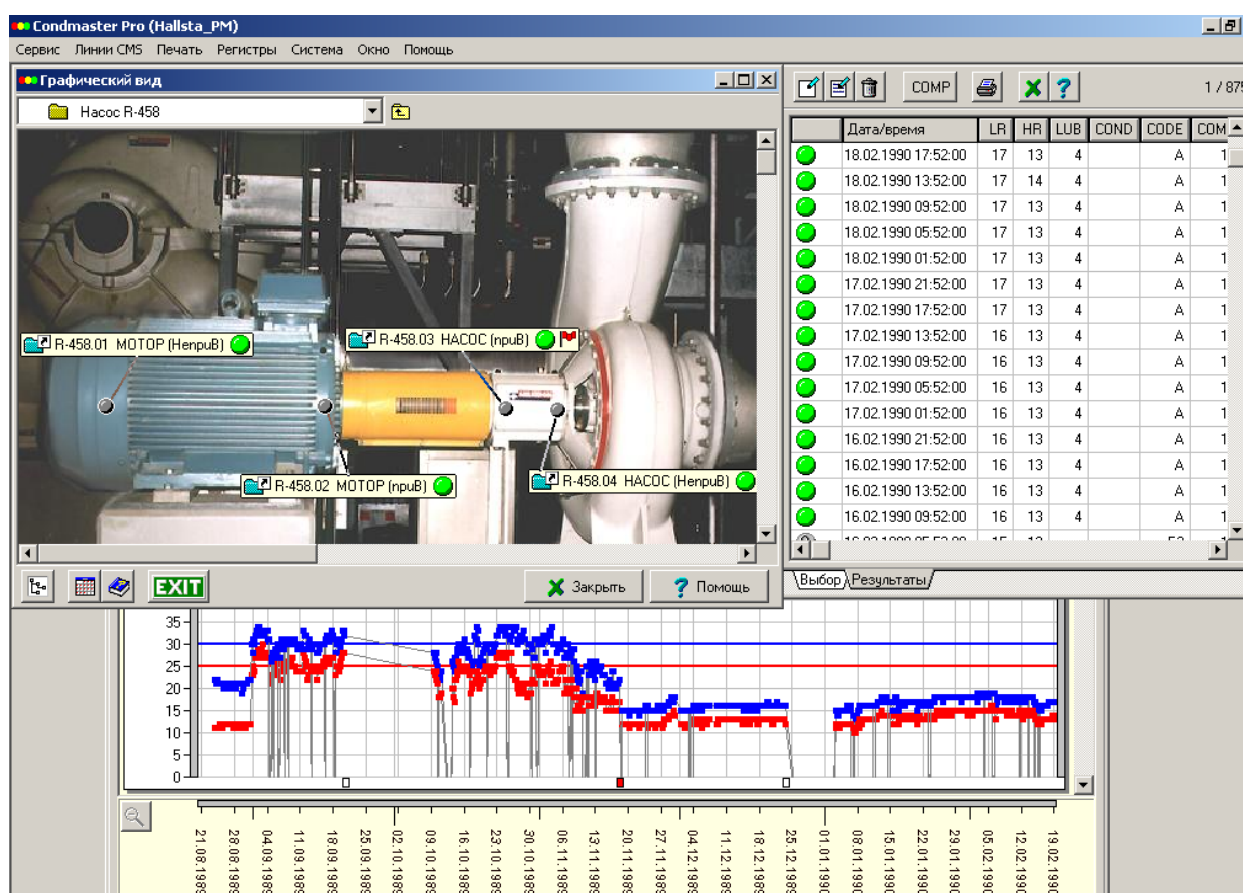


Рис. 11-6. ПО фирмы SPM Instrument: программа Condmaster Pro.

## Измерения по методу ударных импульсов SPM.

Ударные импульсы представляют собой нерегулярные локальные изменения давлений (ударные волны), вырабатываемые в каждом вращающемся подшипнике качения в течение всего срока его службы и распространяющиеся как в самом подшипнике, так и в материалах прилегающих к нему деталей, например, в корпусе подшипника. Интенсивность и характер импульсов напрямую зависят от состояния смазочной пленки, разделяющей тела качения и дорожки, от внешних условий работы подшипника, а также от механического состояния рабочих поверхностей подшипника.

Метод ударных импульсов SPM всегда рассматривает работающий подшипник качения как «генератор ударных импульсов», а не как «генератор вибрации» (в принципе, вибрация, создаваемая подшипником, вообще может быть неизмеримо малой, например, в случае исключительно мощного бетонного фундамента, в то время как ударные волны при этом все равно будут распространяться внутри материалов деталей подшипникового узла). Поэтому для мониторинга состояния подшипников применяются специальные датчики ударных импульсов SPM, использующие резонансное усиление ударных волн, идущих от подшипников, за счет резонанса измерительных элементов внутри самого датчика, а также специальные измерительные схемы, производящие измерения непосредственно ударных импульсов SPM. Таким образом, метод ударных импульсов SPM специализируется не на измерениях вибрации, а на измерениях именно ударных волн, распространяющихся от подшипника качения в материале его корпуса даже в случае полного отсутствия вибрации этого корпуса, и поэтому метод ударных импульсов SPM является наиболее чувствительным методом для мониторинга состояния подшипников качения по сравнению с другими известными методами. Более того, общая вибрация механизма не измеряется датчиками ударных импульсов SPM, не «накладывается» на сигнал ударных импульсов SPM и потому не является помехой при анализе состояния подшипников.

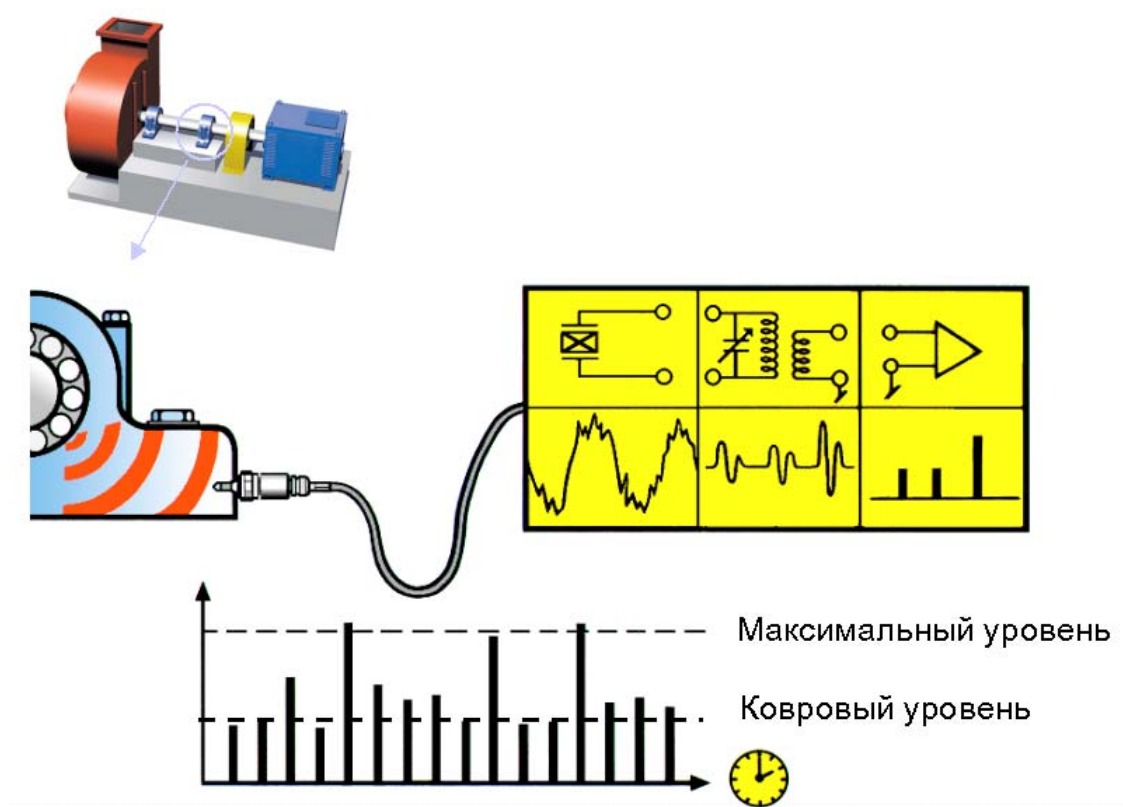


Рис. 12. Измерение ударных импульсов SPM.

В общем случае недостаточная смазка приводит к увеличению «коврового» уровня сигнала ударных импульсов SPM, в то время как развитие повреждения подшипника сопровождается четким ростом максимальных (пиковых) значений ударных импульсов SPM. Обычно такой рост сигнала регистрируется уже тогда, когда на деталях подшипника еще нет видимых механических повреждений, т.е. задолго до выхода его из строя. Загрязнение смазки сопровождается различными изменениями характера ударных импульсов (см. примеры ниже).

Графики результатов измерений ударных импульсов SPM всегда представляют собой одновременно графики двух величин: «коврового» уровня и максимального уровня (результатом ОДНОГО измерения ударных импульсов SPM являются ДВЕ величины).

Типовой график сигнала от исправного и нормально смазанного подшипника представляет собой две ломаные линии, идущие «примерно параллельно» друг другу и находящиеся в зеленой зоне:

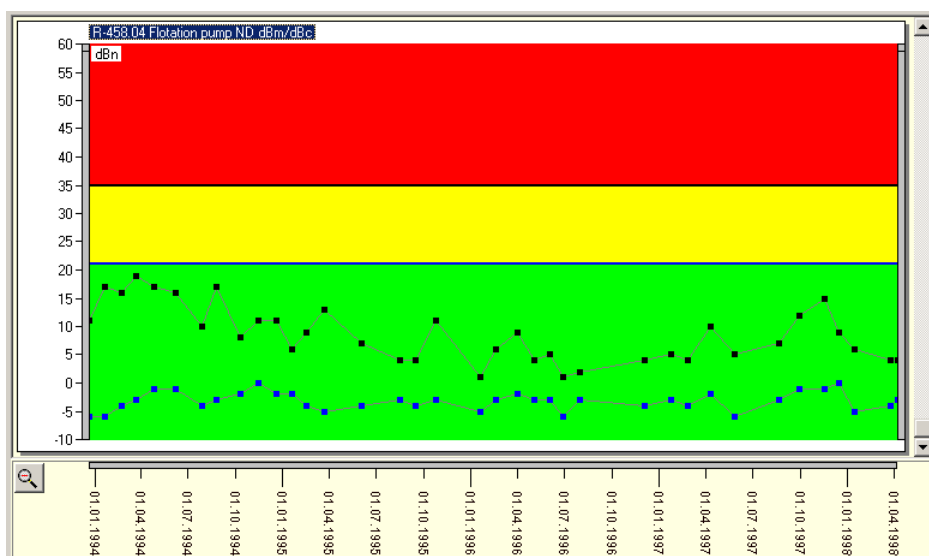


Рис. 13. Подшипник насоса. «Хорошее» состояние подшипника.

Отклонения характера ударных импульсов SPM от образца, указанного выше на рис. 13, свидетельствуют или о нарушении условий работы подшипника, или о нарушении условий его смазки, или о появлении дефектов деталей этого подшипника, см. примеры ниже.

Рамкой выделяются соответствующие участки графиков; две прямые горизонтальные линии отражают уставки тревог по ударным импульсам, самостоятельно заданные пользователем для более раннего оповещения об отклонении условий работы конкретного подшипника от нормальных:

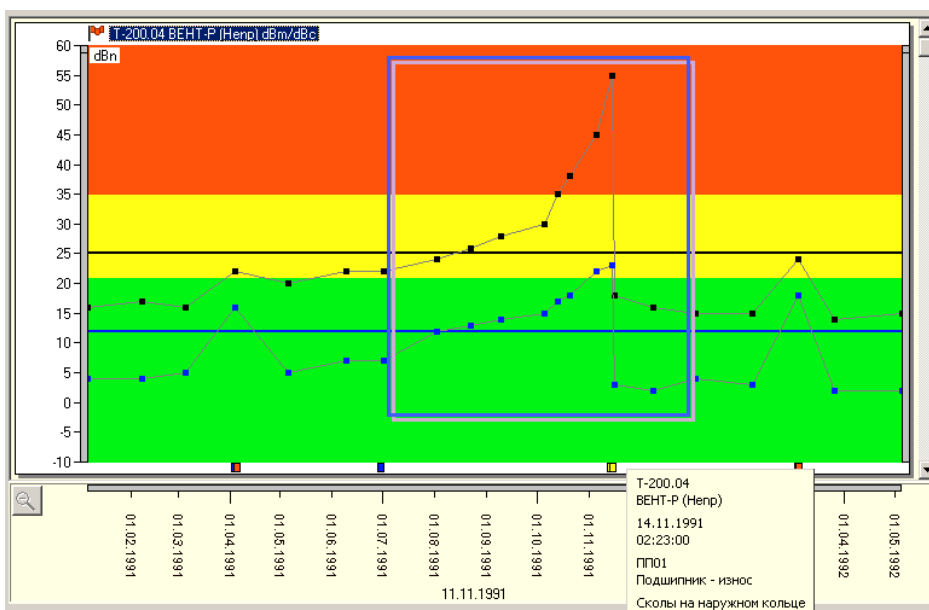


Рис. 14. Дефект подшипника вентилятора со стороны рабочего колеса (сколы на наружном кольце). Замена подшипника.



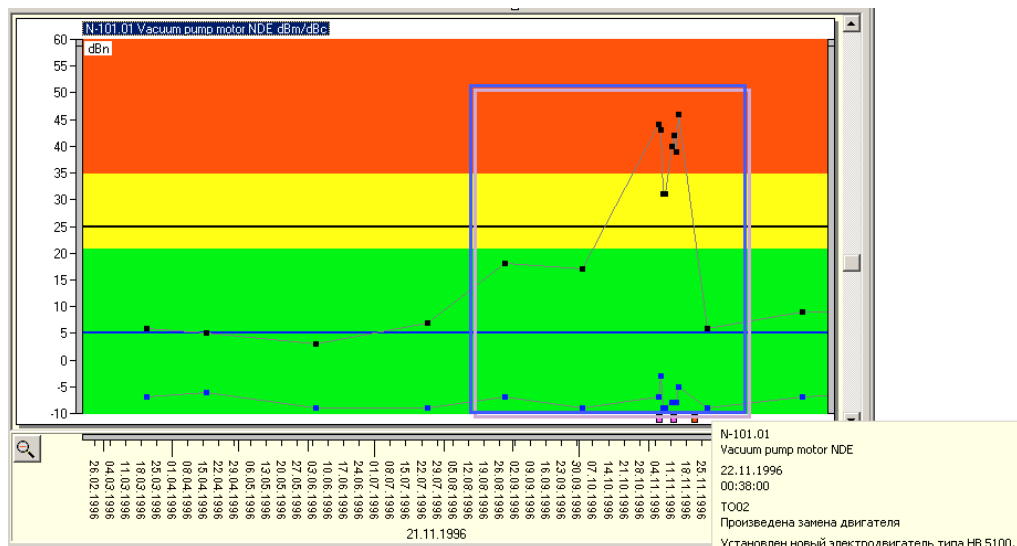


Рис. 15. Дефект подшипника электродвигателя вакуумного насоса (износ). Замена электродвигателя.

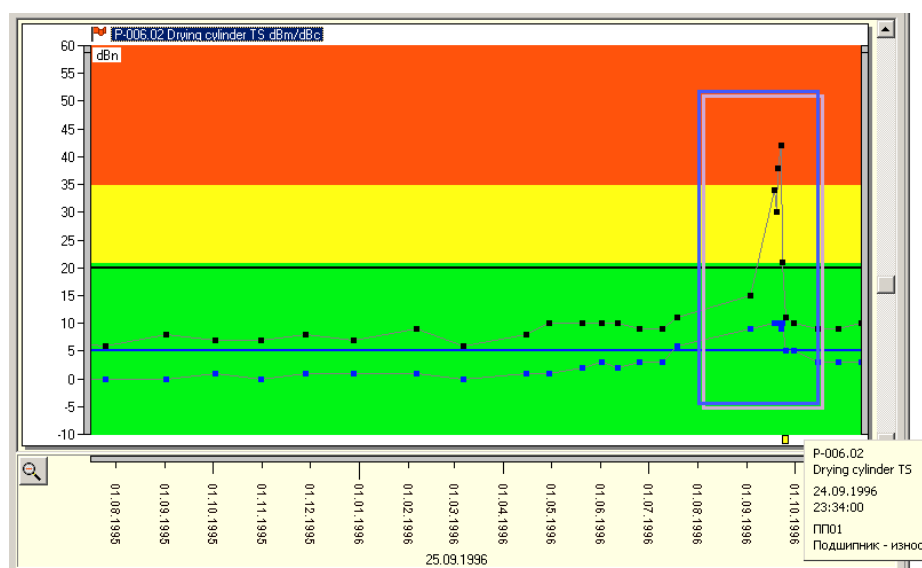


Рис. 16. Дефект подшипника сушильного цилиндра БДМ (износ). Замена подшипника.

Указанные выше примеры наглядно иллюстрируют основной смысл и подчеркивают простоту применения метода ударных импульсов SPM.

В других примерах, приведенных ниже, применяется несколько иной способ оценки состояния подшипника по ударным импульсам SPM. Зоны состояния на данных графиках отсутствуют, а оценка сигнала в данных примерах может производиться относительно уставок тревог (две прямые горизонтальные линии), а также по другим параметрам, не рассматриваемым здесь с целью упрощения изложения материала. Первоначальный рост сигнала (левые рамки) может быть вызван как нарушением условий смазки или внешних условий работы подшипников, так и началом повреждения поверхностей деталей подшипников. Последующий рост сигнала (правые рамки) однозначно свидетельствует о развитии механических дефектов.

Измерения по одинаковой технике измерений SPM с помощью стационарных систем и с помощью переносных приборов дают одинаковые результаты измерений и одинаковые графики. Разница заключается только в количестве результатов на единицу времени. Поэтому приведенные здесь примеры одинаково полезны для понимания эффективности работы как стационарных систем, так и переносных приборов.

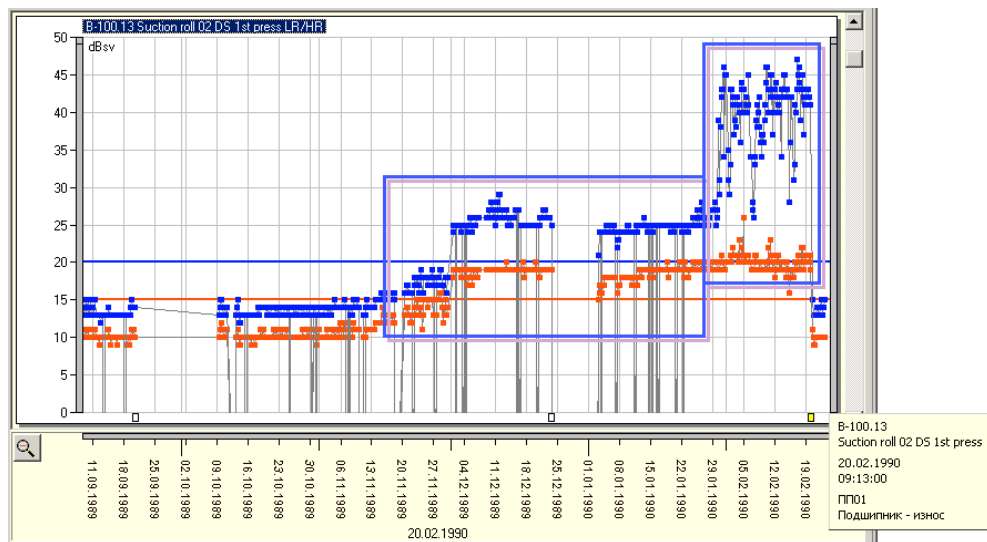


Рис. 17. Дефект подшипника отсасывающего вала БДМ (износ). Замена подшипника.

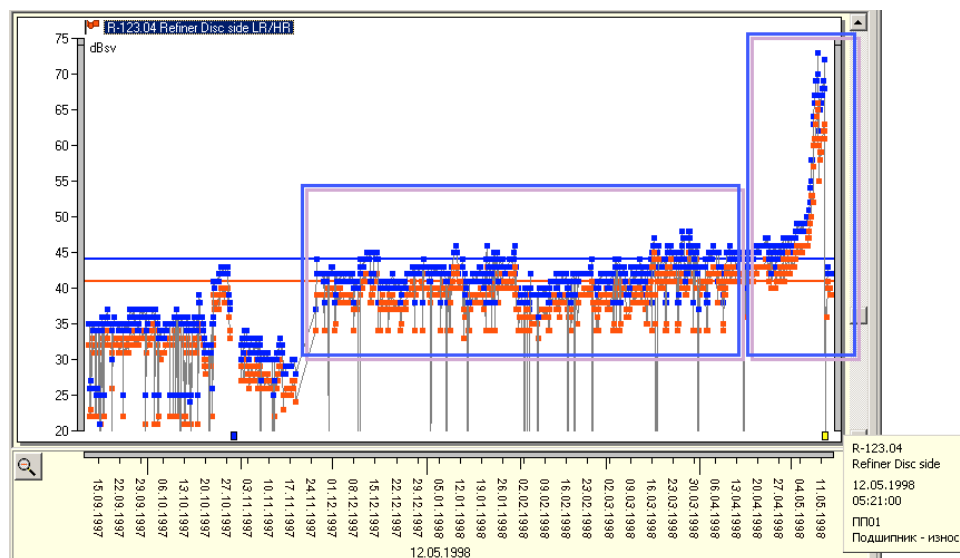


Рис. 18. Дефект подшипника мельницы (рафинера) со стороны рабочего диска (износ). Замена подшипника.

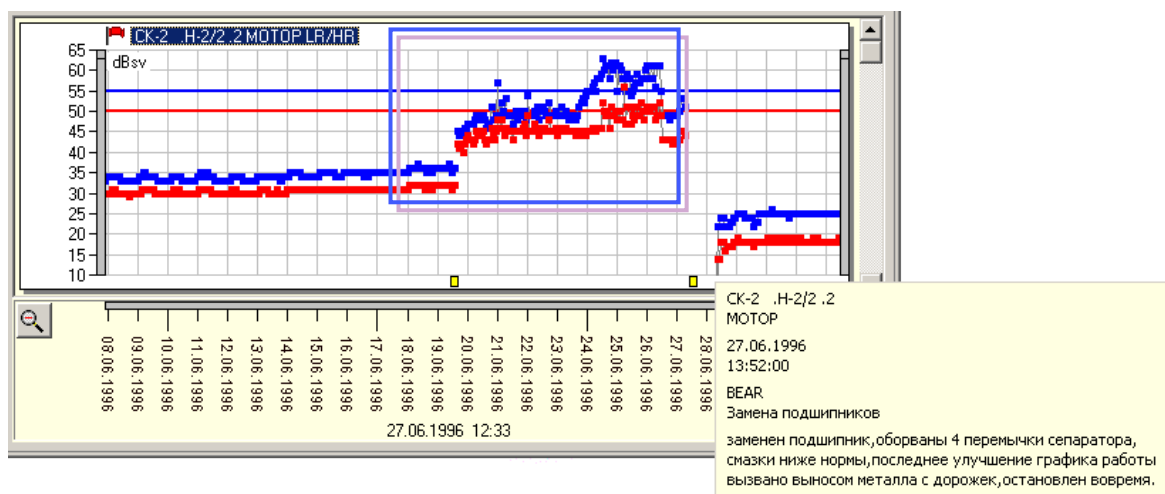


Рис. 19. Дефект подшипника насоса (обрыв 4-х перемычек сепаратора). Замена подшипника.

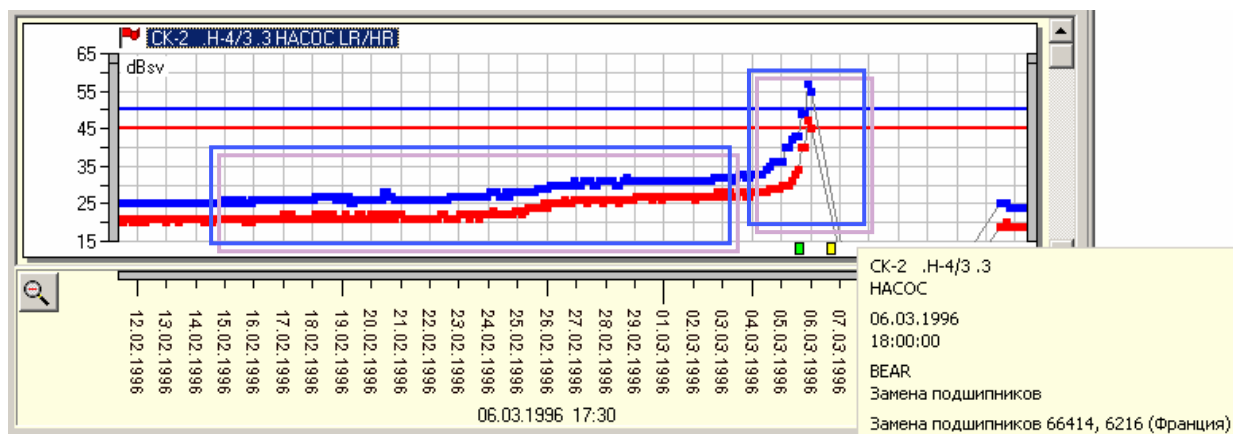


Рис. 20. Дефект подшипника насоса (выбоина примерно 4 мм<sup>2</sup> на наружной обойме).  
Замена подшипника.

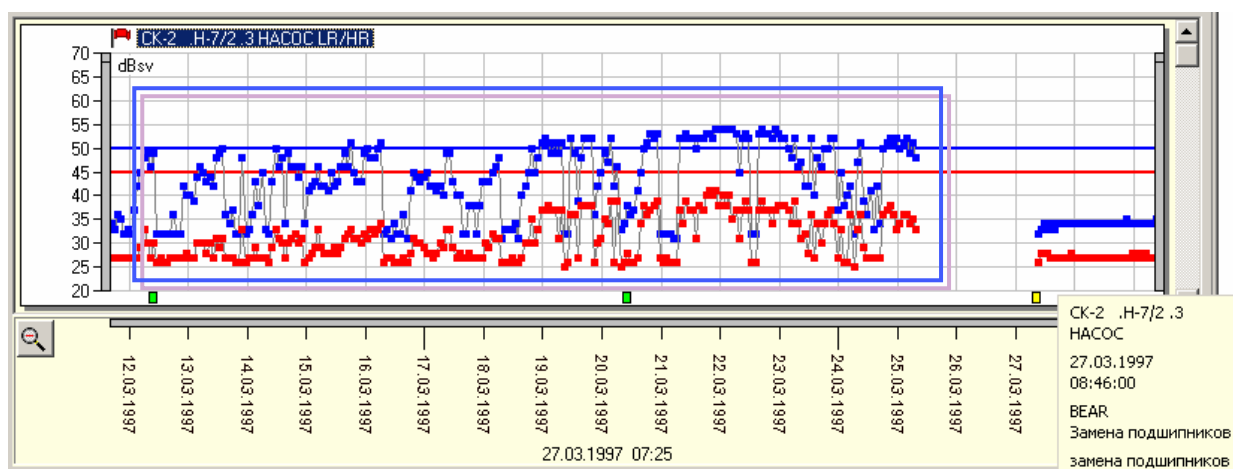


Рис. 21. Дефект подшипника насоса (люфт в корпусе, слабые риски на наружной обойме).  
Замена подшипника.



Рис. 22. Дефект подшипника электродвигателя насоса (коррозионные риски на наружной обойме после длительного простоя). Замена подшипника.

## Измерения состояния смазки методом ударных импульсов SPM.

Согласно различным источникам, включая данные изготовителей подшипников, основной причиной выхода подшипников из строя являются неудовлетворительные условия их смазки (к которым также относятся и загрязнения смазки), что на практике нередко имеет место, несмотря на широко применяемые системы и планы замен смазок. Поэтому мониторинг состояния смазки подшипников (т.е. мониторинг фактического физического разделения тел и дорожек подшипника в зоне качения полноценной пленкой незагрязненной смазки) является очень важным аспектом работ по мониторингу.



Рис. 23. Распределение причин выхода из строя подшипников качения.

Характер графика ударных импульсов SPM при ухудшении условий смазки или при ее загрязнении во многих случаях напоминает собой характер ударных импульсов, соответствующий появлению механического дефекта подшипника. Поэтому согласно стандартной процедуре действий при повышении уровня ударных импульсов SPM следует:

- убедиться в том, что рост сигнала не вызывается помехами (например, стуком неплотно привинченной крышки или кавитацией перекачиваемой насосом жидкости),
- при картерной или консистентной смазке - заменить смазку подшипника (как правило, в 50 - 60% случаев достаточно лишь своевременной замены смазки для полного восстановления нормальной работы подшипника),
- при централизованной смазке - проанализировать рабочие физико-химические свойства смазки на предмет соответствия их техническим требованиям и при возможности временно увеличить (в допустимых пределах) подачу смазки на данный подшипник для активного «вымывания» возможных продуктов износа из подшипника,
- установить и устранить другие возможные причины ухудшения условий работы подшипника (например, проверить центровку валов),
- измерять уровень сигнала ударных импульсов после замены смазки (увеличения подачи смазки).

Если уровень сигнала после замены смазки (увеличения подачи смазки) упал до нормального, затем стабилизировался и остается постоянным, то работоспособность подшипника восстановлена (т.е. удалены загрязнения из зоны нагрузки подшипника, восстановлены нормальные условия смазки, механическое повреждение деталей подшипника отсутствует).

Если уровень сигнала после замены смазки упал, затем стабилизировался, но потом начал расти вновь, то следует опять заменить смазку (возможно, что загрязнения смазки из зоны нагрузки подшипника не удалены полностью). Целесообразно повторить замену смазки от 2-х до 5-ти раз.

Если уровень сигнала после увеличения подачи смазки или после повторных замен смазки продолжает расти, то следует запланировать и подготовить замену подшипника (имеется прогрессирующее механическое повреждение деталей подшипника).

При этом предполагается, что при нормальной работе подшипника подача, количество, физико-химические свойства и качество используемой смазки полностью обеспечивают создание и поддержание смазочной пленки в зоне качения, достаточной для полноценного разделения тел качения и дорожек подшипника во всех режимах работы. На практике так бывает не всегда, несмотря на формальное соответствие смазки существующим техническим нормам, общепринятым на данном предприятии. В некоторых случаях при регулярных тревогах по ударным импульсам переход на более качественную или более оптимальную смазку может оказаться необходимым.



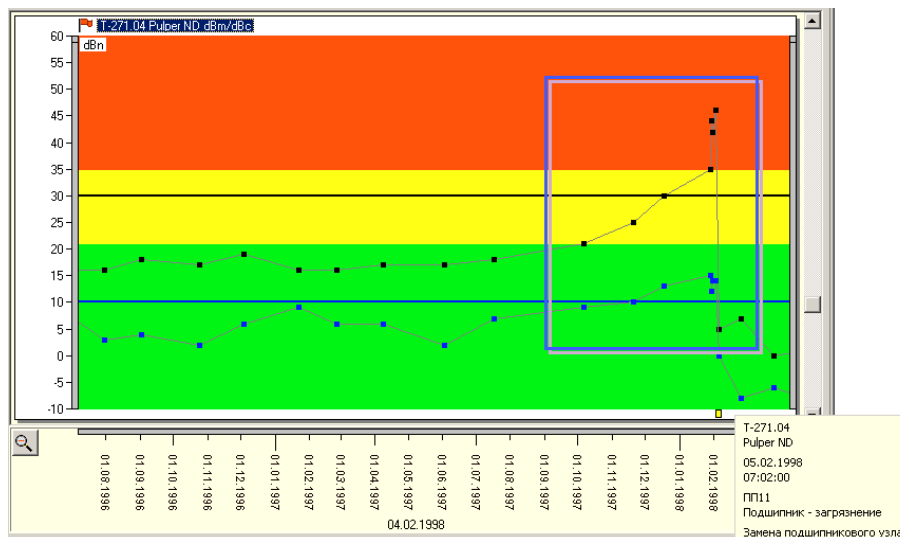


Рис. 24. Загрязнение подшипника. Замена всего подшипникового узла.

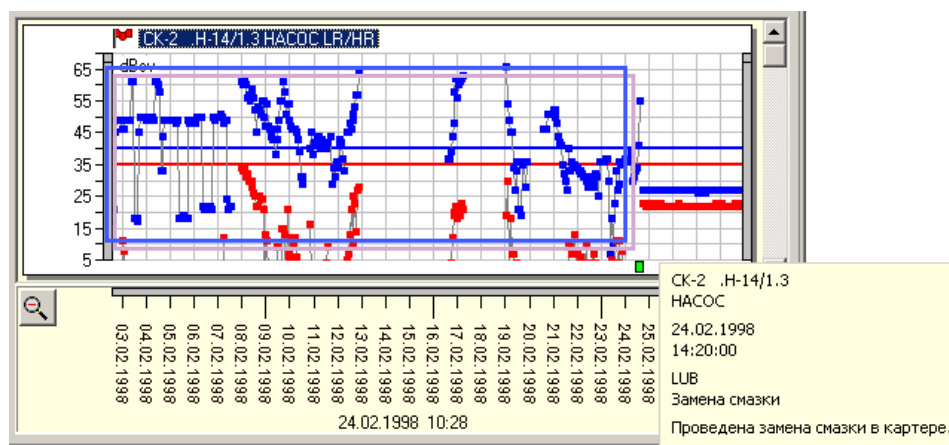


Рис. 25. Ухудшение состояния смазки в картере подшипника насоса. Замена смазки.

В некоторых случаях (см. пример ниже, рис. 26) сигнал ударных импульсов SPM используется как основание для очередного проведения или замены смазки подшипника: при росте уровня ударных импульсов добавляют (или заменяют) смазку, одновременно при этом определяя эффективность проведенного мероприятия по последующему снижению уровня ударных импульсов SPM:

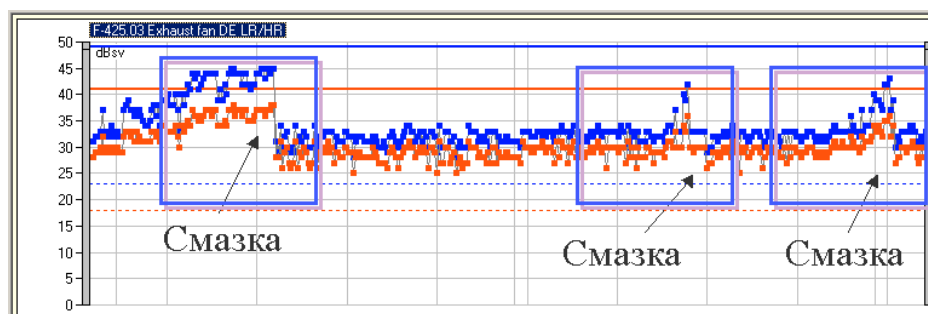


Рис. 26. Подшипник вытяжного вентилятора со стороны муфты: проведение смазки подшипника на основе получаемого сигнала ударных импульсов SPM.

На некоторых агрегатах вибрация по техническим причинам измеряется параллельно ударным импульсам SPM, например, для мониторинга появления дисбаланса. Следует особенно подчеркнуть тот факт, что ухудшение условий смазки, четко регистрируемое с помощью измерений ударных импульсов SPM, никак не проявляется по результатам измерений интенсивности вибрации на том же подшипнике, по крайней мере, до того, как ухудшение работы подшипника станет значительным.

На рис. 27, см. ниже, приводятся графики ударных импульсов SPM (верхний график) и интенсивности вибрации (нижний график) подшипника аппарата воздушного охлаждения. На этих графиках видно, что выраженный рост ударных импульсов SPM отражает существенное ухудшение условий смазки подшипника, в то время как уровень вибрации при этом остается практически неизменным. После проведения смазки подшипника и восстановления нормальных условий его работы ударные импульсы SPM возвращаются к своему первоначальному уровню, в то время как уровень вибрации опять никак не отражает изменений в рабочем состоянии подшипника.

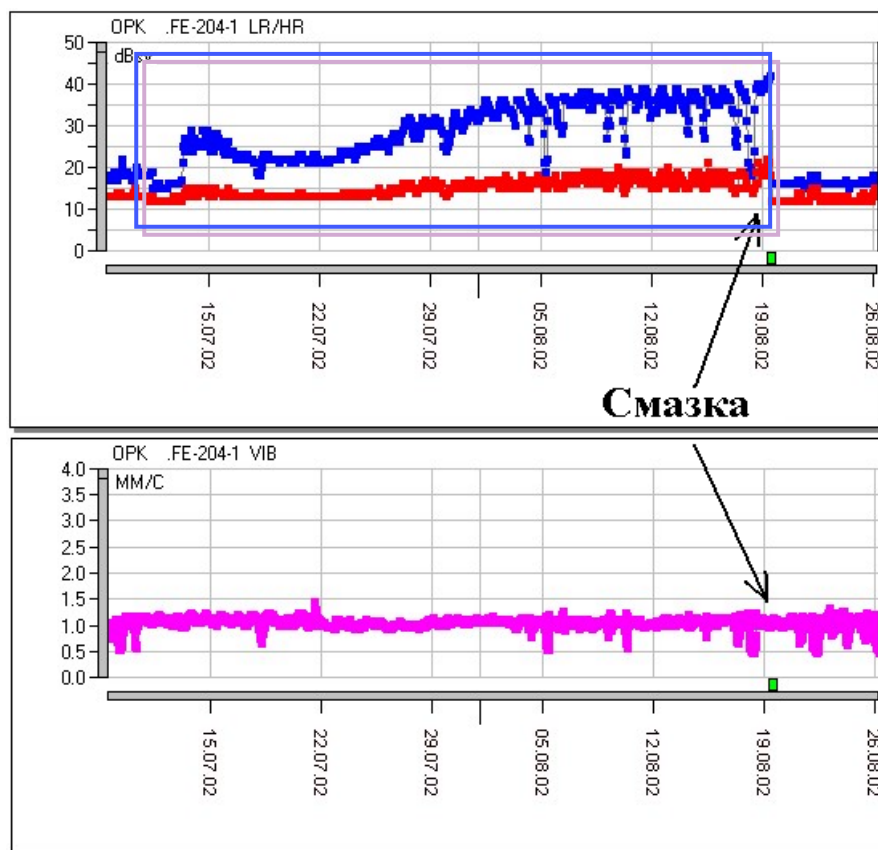


Рис. 27. Ухудшение условий смазки подшипника. Проведена смазка.  
График ударных импульсов SPM (наверху) и график интенсивности вибрации (внизу).

Таким образом, метод ударных импульсов SPM рекомендуется к применению с целью надежного и эффективного заблаговременного обнаружения нарушений условий работы, условий смазки и появления дефектов подшипников качения.

С наилучшими пожеланиями,  
Герман Барков  
[Технический директор]

Техническая Диагностика и Мониторинг  
Российский партнер фирмы SPM Instrument  
Санкт-Петербург, Россия

Тел: (812) 352-75-92, 744-25-36  
Мобильный тел: +7 921 934-90-40  
[Herman.Barkov@tdm-spb.ru](mailto:Herman.Barkov@tdm-spb.ru)