



Комплексный мониторинг и управление обслуживанием роторного оборудования

ООО Вибро-Центр, г. Пермь



Организация управления эксплуатацией роторного оборудования предприятия по техническому состоянию на основе систем вибрационного мониторинга

Основным назначением систем вибрационного мониторинга является управление эксплуатацией роторного оборудования по техническому состоянию. Для этого необходимо:

1. Обеспечить достоверный контроль технического состояния комплекса вращающегося оборудования предприятия при помощи систем непрерывного и периодического вибрационного мониторинга.
2. Максимально эффективно использовать возможности автоматизированной экспертной системы для диагностики дефектов и оценки технического состояния оборудования.
3. Использовать для прогнозирования изменения состояния оборудования адаптивные математические модели, учитывающие возникновение и развитие дефектных состояний.
4. Информация о состоянии оборудования должна концентрироваться на едином сервере. Это позволит ранжировать все оборудование предприятия и целенаправленно использовать ресурсы ремонтных служб.
5. Выходной информацией работы экспертных и прогнозных алгоритмов системы должны являться автоматически создаваемые отчетные документы и отчеты. На основании этих документов формируются реальные управляющие воздействия, определяются необходимые сервисные и ремонтные работы.

Основополагающим принципом при управлении эксплуатацией оборудования предприятия является поиск и устранение «слабого звена» в каждой технологической цепи.

Это дает возможность повысить эффективность ремонтных и сервисных работ, проводя их, при необходимости, в самом минимальном объеме, достаточном только для повышения уровня технического состояния «слабого звена» до уровня других агрегатов технологической цепи, в которую он входит.



Использование адаптивных цифровых двойников – основа для оперативного управления эксплуатацией роторного оборудования



$$V = F(t) \left\{ \begin{array}{l} \text{Конструкция} \\ \text{Эксплуатация} \\ \text{Наличие дефектов} \end{array} \right\}$$

Диагностика дефектов и оценка технического состояния оборудования производится на основе использования математических моделей - цифровых двойников. Математические процессы в цифровом двойнике должны быть максимально приближены к физическим процессам в оборудовании.

Изменение (ухудшение) состояния вращающегося оборудования в процессе эксплуатации происходит по двум сценариям: нормальному, соответствующему естественному износу, и аномальному, вызванному возникновением, развитием и даже генерированием в контролируемом оборудовании дополнительных вторичных дефектов.

Корректно учесть эти два сложных процесса можно только при применении адаптивности цифровых двойников оборудования за счет автоматической корректировки параметров.

В результате такой адаптации для каждой единицы контролируемого оборудования создается своя уникальная математическая модель, максимально точно учитывающая особенности конструкции и эксплуатации данного оборудования.



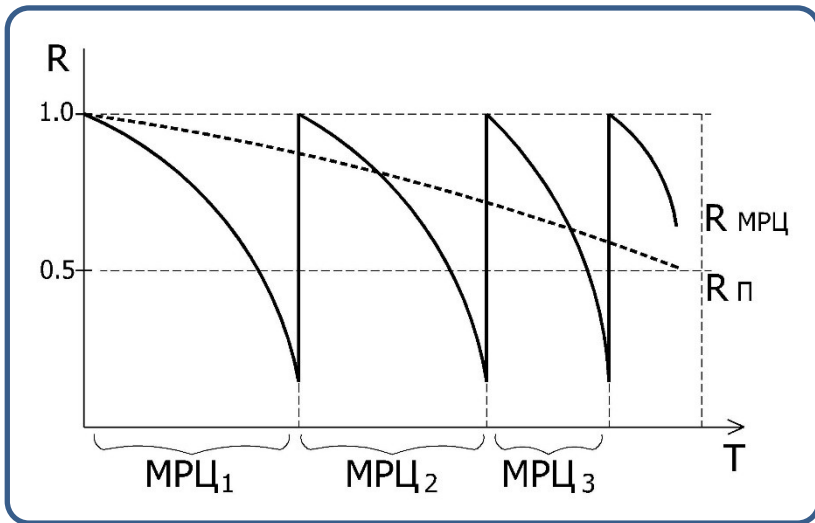
Изменение состояния роторного оборудования в процессе эксплуатации. Полный остаточный ресурс и ресурс в пределах межремонтного цикла

Полный жизненный цикл роторного оборудования обычно включает в себя несколько межремонтных циклов, каждый из которых завершается ремонтным или сервисным обслуживанием. В процессе такого обслуживания производится восстановление эксплуатационных параметров оборудования, обычно за счет замены элементов, срок службы которых меньше полного срока эксплуатации самого оборудования.

В рамках использования терминов полного срока эксплуатации оборудования и длительности межремонтного срока можно определить два варианта понятия остаточного ресурса: полного R_{Π} , связанного с общим жизненным циклом эксплуатации оборудования, и остаточного ресурса в рамках текущего межремонтного цикла $R_{MPЦ}$.

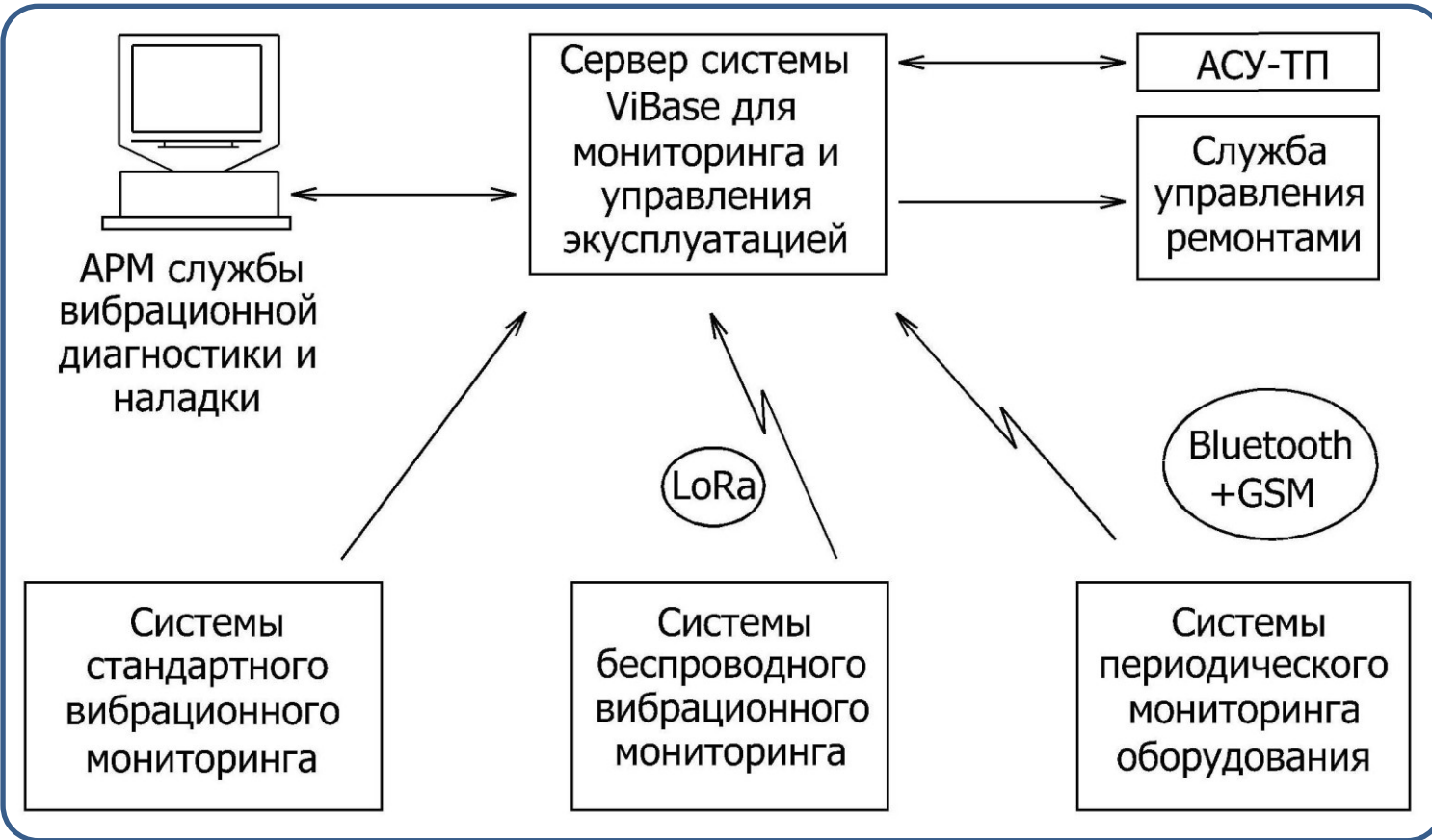
Для системы управления эксплуатацией роторного оборудования наиболее важным параметром является остаточный ресурс до момента проведения сервисных и ремонтных работ $R_{MPЦ}$, в процессе проведения которых эксплуатационные свойства оборудования восстанавливаются.

В процессе эксплуатации оборудования длительность межремонтных циклов может уменьшаться, а стоимость проведения ремонтных работ возрастать. На основании анализа соотношения этих двух параметров, при выявлении снижения эффективности ремонтных воздействий, принимается решение о необходимости замены оборудования.





Комплекс технических и программных средств производства фирмы «Вибро-Центр» для мониторинга и диагностики роторного оборудования



Основу комплексной системы управления эксплуатацией роторного оборудования предприятия составляет центральный АРМ с сервером, на котором установлено программное обеспечение марки ViBase.

На сервере АРМ по проводным и беспроводным каналам связи собирается информация от всех систем стационарного и периодического вибрационного мониторинга роторного оборудования.

Пользователями первичной и обработанной экспертной системой информации являются службы вибрационной диагностики и управления эксплуатацией и ремонтами.

Вся информация по локальной сети предприятия доступна системе мониторинга технологических параметров (АСУ-ТП) и пользователям, которым она необходима.



Беспроводная система вибрационного мониторинга марки ViBlock для мониторинга и диагностики технического состояния роторного оборудования

Система мониторинга марки ViBlock является современным диагностическим устройством, предназначенным для контроля вибрационных параметров, диагностики дефектов, управления эксплуатацией и ремонтами технологического оборудования.

При помощи встроенных датчиков и интеллектуального программного обеспечения ViBlock позволяет в автоматическом режиме решать все наиболее важные вопросы оптимального управления эксплуатацией и обслуживанием оборудования:

- Измерение и анализ вибрационных и температурных параметров оборудования.
- Оценка технического состояния оборудования, учет наработки.
- Определение остаточного технического ресурса оборудования, определение оптимальных сроков проведения ремонтных работ.

Питание приборов ViBlock осуществляется от автономной (заменяемой) батареи, обеспечивающей работу в течение длительного срока, составляющего не менее 5 лет.

В ViBlock встроена универсальная экспертная система, предназначенная для выявления наиболее часто встречающихся дефектов, свойственных разным типам оборудования:

- Для электродвигателей выявляются дефекты подшипников качения и скольжения, контролируется наличие небалансов, электромагнитных проблем.
- Для насосов контролируется состояние подшипников, наличие небалансов, оценивается состояние проточной части (лопаток насоса).
- Для вентиляторов дополнительно контролируется состояние лопаточного аппарата.

Прибор системы ViBlock включен в реестр средств измерения РФ и имеет сертификат искробезопасности для применения в условиях опасных производств.





Организация беспроводной связи между ViBlock и сервером системы АСУ-ТП. Особенности практического монтажа приборов.

Вся информация от ViBlock передается в систему АСУ-ТП (или в смартфон, планшет) при помощи двух встроенных беспроводных интерфейсов, имеющих различные возможности.

Беспроводной интерфейс Bluetooth используется для передачи первичной вибрационной и итоговой диагностической информации, включая форму сигнала и спектры. Недостатком этого интерфейса является сравнительно небольшой радиус действия, до 10–30 м.

При помощи второго интерфейса беспроводной связи марки LoRa информация о результатах работы системы мониторинга может передаваться на большие расстояния, до нескольких километров. Важным достоинством применения беспроводного интерфейса LoRa является высокий уровень информационной безопасности за счет использования шифрования передаваемых данных. Недостатком является меньшая пропускная способность канала связи.

Особенности монтажа приборов ViBlock и системы мониторинга ViBase.

В составе сложных агрегатов приборы системы мониторинга марки ViBlock устанавливаются на каждом технологическом механизме: на электродвигателе, насосе, вентиляторе, редукторе и т. д. Для более эффективного мониторинга мощных и ответственных агрегатов и механизмов приборы ViBlock могут устанавливаться на каждом контролируемом подшипнике.

Информация от всех приборов в системе мониторинга ViBase собирается при помощи стандартных приемников марки LoRa, размещенных на территории предприятия.

При помощи одного приемника LoRa можно собирать информацию от не менее чем 200 приборов ViBlock, расположенных в радиусе нескольких километров. При плотной установке оборудования радиус сбора информации может несколько уменьшиться.





Переносной виброметр (виброручка) для контроля вибрации, температуры и диагностики состояния подшипников качения

Виброметр марки ViPen предназначен для измерения вибрации и температуры. Габариты ViPen позволяют легко помещать его в карман одежды, поэтому он относится к классу компактных приборов, называемых виброручками.

Достоинства виброметра ViPen:

- Прибор оснащен датчиком вибрации и пирометром для измерения температуры.
- Он имеет яркий OLED экран, который работает при низких температурах.
- ViPen имеет оригинальный металлический корпус, одну сенсорную кнопку.
- Время работы от встроенного аккумулятора не менее 8 часов.

В процессе проведения измерений виброметром ViPen одновременно контролируются два важных диагностических параметра, связанных с состоянием роторного оборудования:

- СКЗ виброскорости в диапазоне $10 \div 1000$ Гц
- Температура оборудования.

В прибор встроена функция автоматической диагностики дефектов подшипников качения. На экране прибора состояние подшипника отображается графическим символом вращающегося подшипника:

- Хорошее состояние, символ подшипника на экране вращается быстро.
- Удовлетворительное состояние, есть дефекты, подшипник вращается медленно.
- Предварийное состояние, символ подшипника мигает и не вращается.

Диагноз уточняется оперативными данными о температуре подшипникового узла, полученными от встроенного пирометра.





Передача информации из виброметра ViPen в систему управления обслуживанием оборудования при помощи беспроводного канала связи Bluetooth



Виброметр марки ViPen поставляется в двух функциональных версиях: минимальный комплект виброметра ViPen, предназначенный только для измерения вибрации «на месте», и прибор со встроенной функцией беспроводной передачи информации.

Прибор ViPen расширенной версии оснащается беспроводным интерфейсом Bluetooth (BLE), при помощи которого измеренная информация передается на смартфон, планшет или переносной компьютер на расстояние до 3 метров.

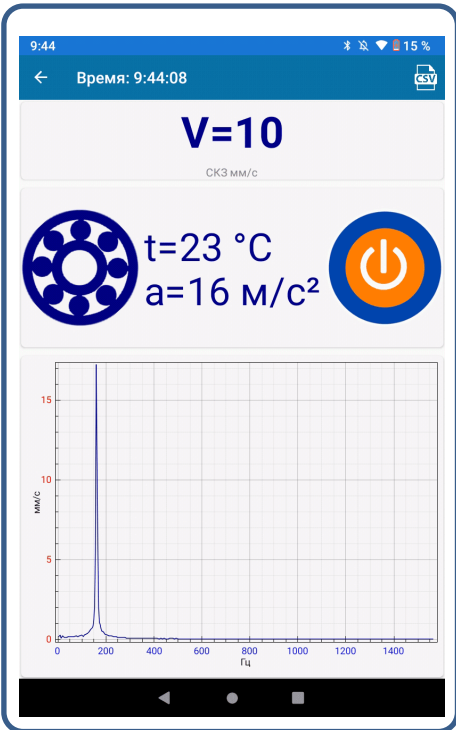
Форма представления информации на экране смартфона соответствует представлению на экране виброметра.

При совместном использовании прибора со смартфоном с него также может осуществляться управление всеми функциями работы ViPen.

Дополнительно к величине СКЗ вибрационного сигнала на экране смартфона можно просмотреть спектр вибрационного сигнала, что значительно расширяет его диагностические возможности, превращая компактный виброметр ViPen в анализатор вибрационных сигналов начального уровня.

Всю полученную из ViPen информацию можно сохранить в памяти смартфона и (или) передать на сервер системы управления эксплуатацией оборудования по имеющемуся в смартфоне телефонному каналу.

Для автоматической идентификации пересылаемой информации, необходимой для корректного занесения ее в базу данных, перед сохранением можно при помощи смартфона считать QR метку агрегата, заранее установленную на нем.





Переносной сборщик-анализатор вибрационных сигналов ViPen-2 с функциями контроля вибрации, температуры и с функцией диагностики подшипников качения

Конструктивной особенностью прибора ViPen-2 является полное отсутствие на корпусе элементов контроля и управления. У него нет ни экрана, ни клавиатуры управления, нет даже кнопки включения, он полностью управляется со смартфона.

Прибор имеет только встроенный датчик для измерения вибрации, у него нет внешних разъемов. Даже зарядка встроенного аккумулятора производится от беспроводного устройства, используемого для зарядки аккумуляторов смартфонов.

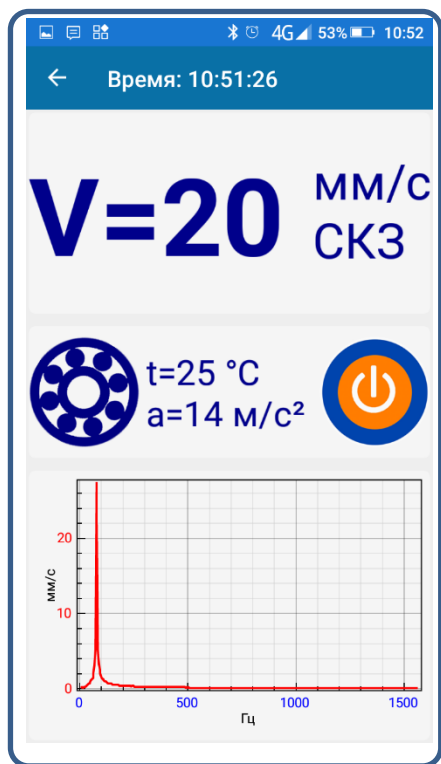
Управление всеми функциями работы сборщика-анализатора ViPen-2 производится дистанционно со смартфона с использованием стандартного беспроводного интерфейса связи Bluetooth. Все зарегистрированные и преобразованные вибрационные сигналы показываются на экране управляющего смартфона.

Прибор ViPen-2 работает в трех частотных диапазонах:

- Стандартный диапазон частот 10-1000 Гц (сертифицированный диапазон частот).
- Высокочастотный диапазон частот 500-10000 Гц (оглабочая, контроль подшипников качения).
- Низкочастотный диапазон частот 0,5-50 Гц (контроль тихоходного оборудования).

Информация от ViPen-2 при помощи сетевых программных средств управляющего смартфона может передаваться на общий сервер, на котором находится ПО комплексной системы обслуживания оборудования по техническому состоянию.

Приборы ViBlock, ViPen и ViPen-2 прошли все необходимые испытания и включены в реестр средств измерения РФ. Прибор ViBlock также сертифицирован для использования в условиях опасных производств.





Единый АРМ системы мониторинга и база данных ViBase для управления эксплуатацией роторного оборудования предприятия

Центральным элементом комплексной системы мониторинга технического состояния, диагностики дефектов и управления эксплуатацией комплекса вращающегося оборудования является централизованный АРМ мониторинга.

Структурно АРМ мониторинга включает в себя:

- Выделенный сервер хранения информации, решающий все вопросы по получению, обработке и хранению первичной информации.
- Диагностическое ядро программного обеспечения ViBase – набор экспертных и аналитических программ. С его помощью автоматически производится диагностика дефектов оборудования, создаются отчетные и технологические документы, на основании которых персонал формирует оптимальные управляющие воздействия на оборудование, определяет сроки и объемы необходимых ремонтных работ.
- Локальные сетевые и WEB программные решения для просмотра информации из базы данных АРМ о состоянии роторного оборудования по локальной вычислительной сети специалистами различных служб предприятия.
- На сервере АРМ дополнительно предусмотрены расширенные локальные сетевые решения для работы специалистов службы вибрационного контроля.
- Вся первичная и экспертная информация из центральной базы данных ViBase доступна не только пользователям локальной сети предприятия, но и может быть интегрирована в другие технологические и организационные уровни АСУ-ТП предприятия.



Стандартно в системе ViBase предусмотрены четыре информационные роли пользователей :

- Мобильный обходчик – сбор текущих параметров состояния оборудования «на месте». Обходчик при помощи смартфона считывает QR код контролируемого агрегата, при помощи виброметра марки ViPen производит измерение текущих вибрационных параметров и температуры, отправляет всю информацию по беспроводному GSM каналу на сервер системы мониторинга и управления эксплуатацией.
- Мобильный или оперативный диагност – проведение оценки текущего технического состояния оборудования, диагностика дефектов на месте при помощи автоматизированной экспертной системы. Эта функция включает в себя два уровня. Первый уровень мобильной диагностики дефектов выполняется на основе текущих параметров, зафиксированным обходчиком.
- Специалист по вибрационной диагностике – практический эксперт, работающий в сфере проведения «ручной» диагностики оборудования, планированию и проведению специализированных наладочных работ. Работа такого пользователя системы ViBase может проводиться в двух режимах: на месте, рядом с оборудованием, и со специализированного компьютера службы диагностики предприятия.
- Прогнозный аналитик – специалист по предиктивной диагностике технического состояния оборудования, планированию и организации ремонтных и сервисных работ. При помощи встроенных в программное обеспечение ViBase алгоритмов прогнозный аналитик составляет оптимальные графики выполнения ремонтных работ, оценивает качество их выполнения.

В соответствии с технологической ролью каждого пользователя системы управления эксплуатацией роторного оборудования для него в базе данных задается уникальный вектор разрешенной информационной компетенции (уровень доступа к информации).