



## Вибродиагностика МЕХАНИЗМОВ: ТЕХНОЛОГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Суворов В.Н., «Ви Тэк», г. Санкт-Петербург, Россия

*Любое изделие имеет свой срок службы. Тем паче, если это "НЕЧТО" произведено не природой, а руками человека, то срок службы становится вполне конкретным.*

На бытовом уровне наши представления об ожидаемом сроке службы изделия увязываются со сроками гарантий, указываемых производителем в паспорте на их изделие. Если вы приобретаете обувь, вам могут предоставить гарантию 3..6 месяцев, если телевизор, то обычно 1..1,5 года, но можно приобрести телевизор и с гарантией лет 20..25. Это, конечно, потребует от Вас определенных дополнительных затрат, но Вы вполне обоснованно можете надеяться, что подобный телевизор прослужит вам всю вашу жизнь. Подобные надежды являются достаточно оправданными, поскольку бытовая техника очень проста в обращении и надо быть очень изобретательным человеком, чтобы ухитриться эксплуатировать ее неправильно, или не по назначению. Вряд ли Вам придет в голову помыть телевизор под душем, или фирменной зажигалкой Zippo (где указан срок гарантии - "вечно") поколоть грецкие орехи. Если же Вы проделываете нечто подобное, то должны прекрасно понимать, что гарантии изготовителя к Вам уже не имеют никакого отношения. Описанные примеры, конечно, маловероятны, но если перейти к промышленному оборудованию, которое и является предметом рассмотрения, то здесь уже многое из того, что представляется совершенно невероятным в повседневном быту, воспринимается как нечто естественное и привычное.

Рассмотрим более подробно все то многообразие различных факторов, которые реально влияют на эксплуатационный ресурс механизмов. А для начала ограничимся констатацией двух групп причин, несомненно влияющих на срок службы лю-

бого механизма.

Первое - это разработчик и изготовитель изделия. Те, кто занимается эксплуатацией промышленного оборудования, имеют достаточный опыт, чтобы почувствовать разницу между, например, однотипными вентиляционными установками, изготавливаемыми на авиационном заводе и заключенными в зоне, хотя гарантийные сроки в паспортах будут одинаковыми. Основы длительной эксплуатации закладываются создателями оборудования и, что бы там не писалось в сопроводительной документации, устойчивый имидж любой фирмы создается годами. **Бойтесь новых имен и, в особенности, "дешевого" оборудования.**

Второе - это, без сомнения, эксплуатация. Кто бы ни изготовил Ваш механизм, но с того момента, как Вы начинаете его эксплуатировать, его дальнейшая судьба уже в значительной мере зависит именно от Вас. Принятая на Вашем предприятии технология технического обслуживания и ремонта является важнейшим фактором, реально определяющим рабочий ресурс оборудования.

Принципиально, по крупному, существуют две технологии технического обслуживания: по регламенту и по состоянию. Рассмотрим их более подробно и Вы убедитесь, что многие Ваши проблемы с эксплуатацией механизмов заложены в самой технологии работ и никуда Вы от них не денетесь, ничего не меняя в этой технологии.

### Обслуживание "по регламенту"

Технология технического обслуживания "по регламенту", часто называемая также технологией ППР

(т.е. плано-предупредительных ремонтов), базируется на простых и, на первый взгляд, очевидных вещах. Всякий механизм в процессе своей эксплуатации претерпевает постепенные изменения в техническом состоянии своих узлов, деталей, рабочих сред и т.п. В полном соответствии с совершенно справедливым законом о переходе количества в качество, постепенные изменения в отдельных составляющих механизма приводят к тому, что и в целом механизм переходит из одного состояния (исправный, работоспособный) в другое (неисправный, неработоспособный). Здесь необходимо заметить, что процесс этот является абсолютно естественным и неизбежным, какую бы технологию технического обслуживания мы не изобретали. Это просто одно из проявлений фундаментального закона природы, которому подчиняется все в окружающем нас мире.

Изложить закон можно буквально в трех словах: энтропия в мире увеличивается. Другими словами, любое творение, как природы, так и рук человеческих стремится (и когда-то обязательно этого достигает) в конце концов, рассыпаться на молекулы и атомы и вернуться в состояние первозданного хаоса. Такое вот несколько грустно-философское отступление представляется здесь вполне уместным, чтобы Вы с самого начала представляли себе, что тут нет и не будет рецептов "вечной молодости" механизмов. Просто потому, что этих рецептов в принципе не существует в природе.

Вас должно интересовать другое: да, процессы, ухудшающие техническое состояние механизмов, неизбежны и естественны, но как их замедлить и тем самым продлить срок службы оборудования? Ответом на этот вопрос и различаются технологии технического обслуживания.

Что же предлагает в качестве ответа технология ППР?

Технология ППР предлагает следующее. В соответствии с рекомендациями эксплуатационной и ремонтной документации на механизмы, с учетом, естественно, и собственного опыта их эксплуатации, периодически, через определенные промежутки времени, производить ревизию механизма, ремонт или замену узлов, деталей, смазки и т.д. В ряде случаев эти требования являются категорическими, в других случаях решения о ремонтах и заменах должны приниматься по результатам ревизии, т.е. вскрытия механизма или его узлов. Предлагаемое данной технологией решение является, на первый взгляд, логичным и правильным. Так ли это в действительности? Чтобы ответить на этот вопрос, сначала необходимо постараться максимально ясно и кратко сформулировать тот постулат (или постулаты), на которых базируется подобный подход. По мнению многих специалистов, постулат этот единственный и может быть сформулирован, например, следующим образом: "Остаточный ресурс механизма определяется только временем его эксплуатации".

Если данный постулат верен, т.е. он действительно описывает поведение механизма в процессе эксплуатации, то и к технологии ППР не может быть никаких претензий. Справедливость же любых постулатов может быть подтверждена только практикой. И в данном случае подтвердить данный постулат могло бы только одно: одинаковые механизмы, работающие в одинаковых условиях, выходили бы из строя с примерно одинаковой периодичностью. А вот этого-то на практике и не наблюдается, а зачастую картина бывает прямо противоположной - одни механизмы работают годами, другие, на первый взгляд точно такие же, ломаются каждый месяц. И ведь это не теоретические изыски, а реальная практика эксплуатационщиков оборудования, и от этого нельзя просто так отмахнуться. Напротив, это серьезный повод задуматься, и значит, попытаться понять, в чем же дело? А один из наи-

более интересных вопросов по этому поводу можно было бы сформулировать так:

### **Почему же технология ППР до сих пор широко и повсеместно используется?**

Попробуем ответить на этот вопрос. Здесь существует несколько причин, которые можно было бы сгруппировать следующим образом.

#### **Плохая наследственность.**

Технология ППР является просто одним из наглядных примеров реализации простой и очевидной народной мудрости, выражаемой поговоркой: "по одежке протягивай ножки". Если до сих пор на многих предприятиях основными орудиями труда ремонтного персонала являются гаечный ключ, лом, кувалда и газовый резак, нет ничего удивительного и в том, что в первую очередь появилась и распространилась технология технического обслуживания механизмов, базирующаяся на простом и доступном наборе технических средств. Все это, в общем, вполне естественно, если учесть ту массу объективных обстоятельств, которые способствовали именно такому подходу и связаны с непростой историей нашей страны. Другими словами, вполне можно понять, что вряд ли исторически у нас могло быть иначе, хотя это никак пока не объясняет, почему же это происходит и до сегодняшнего дня. Поэтому продолжим.

**Изготовитель хочет спать спокойнo.** Технология ППР в значительной мере устраивает разработчиков и изготовителей оборудования, поскольку обеспечивает им достаточно высокие шансы на то, чтобы не бояться возможных претензий и рекламаций. Тому есть несколько причин.

Во-первых, разработчики и изготовители оборудования (будем для краткости далее их называть просто изготовителями) являются тем первоисточником, где и формируется в основном, технология технического обслуживания конкретного оборудования. Именно здесь создается та эксплуатационная и ремонтная документация, которая ложится в основу технологии. Естественно, что любой изготовитель закладывает в документацию определенный "запас прочности", чтобы чувствовать себя уверенно перед потребителями продукции. Если ли в этом какой-либо криминал, или это не инженерный подход? Отнюдь нет, именно так и должно делаться. Вопрос только в том, каков этот запас. А вот здесь-то рекомендаций и мнений существует великое множество и окончательное решение почти всегда на совести изготовителя. Естественно, что технология ППР позволяет изготовителю подстраховаться от возможных случайностей в эксплуатации его оборудования, причем в той мере, в которой он сам сочтет это необходимым.

Во-вторых, технология ППР в большинстве случаев позволяет изготовителю защитить свои позиции перед эксплуатационщиками даже и в тех случаях, когда они все-таки доходят до предъявления претензий. Дело в том, что ни один изготовитель, конечно, не напишет, что при ремонте механизма следует, например, снимать подшипник с помощью газовой горелки, а насаживать его кувалдой. Там будут фигурировать индукционные нагреватели, масляные ванны, гидравлические гайки, съемники и масса прочих приспособлений, которые действительно в принципе существуют и известны и изготовителям, и эксплуатационщикам. Но им также



хорошо известно, что сплошь и рядом в дело пойдет именно кувалда. Поэтому изготовитель почти всегда имеет возможность в ответ на предъявляемые к нему претензии выставить встречные претензии к эксплуатационщикам в отступлении от рекомендаций изготовителя - и будет прав.

В-третьих, изготовитель, гладко излагая в документации как правильно механизм должен эксплуатироваться, обслуживаться и ремонтироваться, на самом деле прекрасно себе представляет, что зачастую происходит в реальной жизни. А в действительности происходит следующее: технология обслуживания "по регламенту" плавно трансформируется в технологию обслуживания "по поломкам". Другими словами, часто механизмы эксплуатируются просто до тех пор, пока не сломаются, а уж потом начинаются авралы, ремонты, выговоры, награды и прочее. Если поинтересоваться, почему так происходит, Вам всегда назовут массу объективных причин: нехватка персонала, времени, запчастей, денег (... перечень можете продолжить сами). Что же тут может не устраивать изготовителя?

**Эксплуатационщик: "Я свою работу сделал!"**. Те, кто занимается эксплуатацией механизмов, в полной мере ощущают на себе как недостатки самих механизмов, так и изъяны технологии обслуживания, принятой на предприятии. Как ни странно, их при этом в определенной мере также устраивает технология ППР, в особенности это касается низового звена непосредственных исполнителей. В большинстве случаев к ним не может быть никаких претензий - они действительно делают все, что положено и все, что могут, с использованием того, что они имеют. А вот имеют они, к сожалению, очень немного и в этом нет никакой их вины. В результате мы и имеем то, что имеем: каждый честно сделал свою работу, механизм через неделю сломался, причины опять остались невыяснены, виноватых нет. Зачастую технология ППР стимулируется и системой оплаты труда - чем больше ремонтов, тем лучше, тем выше зарплата. А в этом как непосредственные исполнители, так и руководители заинтересованы одинаково и даже руководители, естественно, в большей степени, а значит... и добиться каких-то перемен становится намного сложнее.

Так было до недавнего времени. Но сейчас, к счастью, ситуация начинает меняться в лучшую сторону, в

первую очередь, благодаря смене форм собственности предприятий. Каждый руководитель уже на собственном опыте и кармане начинает понимать, что эксплуатационные затраты могут быть оправданы только в той мере, в какой они обоснованы технически и экономически. Иначе предприятие просто разорится.

Теперь, поняв причины появления и живучести технологии ППР, настало время сформулировать основные недостатки этой технологии.

### Недостатки технологии ППР

**А.** Основная идея, лежащая в основе технологии ППР и говорящая о том, что остаточный ресурс механизма определяется только временем его эксплуатации, очень часто не находит подтверждения на практике. Естественно, что время эксплуатации всегда влияет на изменения в техническом состоянии механизма, но это далеко не единственный фактор, определяющий его остаточный ресурс, а зачастую он просто малозначимый. Любой механизм представляет собой целую систему допусков: конструкторских, технологических, на изготовление, сборку и наладку, допусков на материалы и комплектацию и т.д. Значит, нет и не может быть совершенно одинаковых механизмов, а, следовательно, нет и их одинакового поведения в процессе эксплуатации. Наряду с этим можно перечислить еще целый ряд факторов, оказывающих влияние на поведение механизмов:

- время и место изготовления;
- условия хранения, транспортировки, монтажа;
- квалификация и техническое оснащение обслуживающего персонала;
- содержание и качество прошедших ремонтов;
- влияние соседнего оборудования;
- состояние окружающей среды и т.п.

**Б.** Во многих случаях для механизмов роторного типа технология ППР дает результат, прямо противоположный ожидаемому. Даже в тех случаях, когда Вы просто вскрыли механизм, например, подшипниковый узел, убедились, что нет оснований для какого-либо вмешательства или ремонта, и опять закрыли. Остаточный ресурс такого механизма уже уменьшится относительно того, который был до ревизии. Связано это с тем, что лужом необоснованное реальным текущим техническим состоянием "шевеление" механизма нарушает качество кинематических взаи-

мосвязей в его узлах, достигнутое естественной приработкой сопрягаемых узлов и деталей в процессе эксплуатации. Это очень существенный недостаток технологии ППР для вращающихся механизмов. Чем более высокооборотный механизм, тем больший урон ему наносят необоснованные ревизии.

**В.** Технология ППР носит явно выраженный затратный характер. Если еще и система оплаты труда ремонтников на предприятии сделана по принципу "чем больше работы, тем выше зарплата", ситуация зачастую становится просто абсурдной, во всяком случае, на уровне житейского здравого смысла она уже не поддается пониманию.

Все ли теперь сказано о технологии ППР? Отнюдь нет, поэтому продолжим.

### Несколько слов в защиту технологии ППР

Очевидно, что если бы технология ППР состояла из одних недостатков, она бы не просуществовала столь долго, несмотря на все то, что о ней говорилось выше. Естественно, что есть в этой технологии много полезного и разумного и об этом тоже надо обязательно сказать. Нельзя стоять на позициях принципиальных противников технологии ППР, считающих, что везде и во всех случаях от нее больше вреда, чем пользы. Отнюдь нет. Ошибочным является не само использование технологии ППР, а убежденность в том, что она должна использоваться везде и всегда, и ничего другого нет, и не надо. Вот это есть глубокое заблуждение.

Итак, когда же технология ППР вполне оправдана и эффективна?

Начнем с примеров достаточно очевидных. Например, производство горячекатанной стали. Наряду с огромным количеством механизмов роторного типа (электродвигатели, редукторы, клетки, рольганг, насосы, воздуходвигатели и т.д.), в ведении служб энергетика и механика находятся и такие агрегаты, как, скажем, нагревательные печи. В процессе работы внутренние поверхности и конструкции печей подвергаются значительному износу и разрушению. И поддержание их в эксплуатационном состоянии не требует, естественно, никакой диагностики. Срок службы здесь действительно определяется в основном временем их эксплуатации и, в некоторой степени, количеством пусков печи, если по каким-либо при-



чинам ее приходилось останавливать в течение межремонтного периода. Из опыта эксплуатации здесь совершенно однозначно известно, что, скажем, через каждые три года внутреннюю кладку печи необходимо заменять. И это всегда действительно так - надо заменять. Это - один из примеров вполне обоснованного использования технологии ППР, причем в ее "чистом" виде, без трансформации технологии "по регламенту" в технологию "по поломкам". Все понимают, что это в данном случае чревато слишком серьезными последствиями. Из того же ряда можно приводить еще достаточно большое количество примеров различных агрегатов и узлов, состояние которых в основном определяется временем эксплуатации: котлы ТЭЦ и котельных, рельсовые стыки и стрелки, троссовое хозяйство шахт и лифтов и т.д.

Наряду с этим, можно привести примеры вполне обоснованного использования технологии ППР и для механизмов роторного типа. Даже для таких традиционных объектов вибродиагностики, как, скажем, электродвигатель. Все зависит от условий эксплуатации. Например, тяговые электродвигатели вагонных тележек трамваев или электричек. Расположенные под вагонами, они работают в очень тяжелых условиях: высокая запыленность, забрызгивание водой, снегом и грязью, постоянная смена режимов разгон-торможение (особенно для трамваев). Естественно, что их рабочий ресурс может в десятки раз отличаться от ресурса аналогичных электродвигателей, работающих, к примеру, на приводе дымососов в какой-нибудь котельной. При этом даже хорошее техническое состояние этих электродвигателей по кинематике (например, по сбалансированности ротора или состоянию подшипников) не может служить достаточным основанием существенного увеличения периодичности ППР. Во всех случаях через каждые 2-3 месяца эти электродвигатели необходимо разбирать и, как минимум, тщательно чистить от пыли и грязи, проверять состояние изоляции обмоток и т.д. Таковы условия эксплуатации, и технология ППР здесь совершенно оправдана.

Другое дело, что даже в подобных случаях совершенно неразумно впадать в противоположную крайность и убеждать себя и других, что уж здесь-то совершенно ни к чему заниматься какой-то там вибродиагностикой и наладкой, поскольку через

три месяца механизм все-равно надо будет разбирать, а уж тогда мы и так увидим, что там требует замены или ремонта. Глубокое заблуждение. Никакая ревизия не позволит определить, например, повышенный динамический дисбаланс ротора, а это важнейший фактор остаточного ресурса любого роторного механизма. Таким образом, грамотный подход в подобных случаях состоит в следующем.

Эксплуатация механизма осуществляется по технологии ППР, но после прохождения ремонта электродвигатель обязательно подвергается виброконтролю, диагностике и, при необходимости, наладке (например, подбалансировка ротора) и только после этого монтируется на вагонную тележку. В противном случае нет никаких гарантий, что он отработает хотя бы положенный ему период между чистками.

Из всего сказанного напрашивается один простой вывод: во всех случаях технология технического обслуживания должна быть не догматической (только так или только этак), а осмысленной, позволяющей снизить эксплуатационные затраты и продлить рабочий ресурс механизмов.

### Обслуживание "по состоянию"

В качестве альтернативы технологии ППР при техническом обслуживании и эксплуатации механизмов, например роторного типа, в большинстве случаев неизмеримо лучшие результаты дает использование технологии обслуживания "по состоянию" (для краткости назовем ее "технология ПС").

Суть технологии ПС состоит в том, что техническое обслуживание механизмов ведется не только в зависимости от того, сколько механизм проработал, но и с учетом его реаль-

ного текущего технического состояния, контролируемого в процессе эксплуатации без каких-либо разборок и ревизий на базе измерения соответствующих параметров работающего механизма.

Естественно, что сразу возникает вопрос, что это за параметры, как и с помощью чего их контролировать, какие к ним предъявляются требования и т.д. С этого и начнем.

### Требования к контролируемым параметрам

При ревизиях механизмов определяются так называемые первичные параметры их состояния: дефекты кинематических узлов, рабочих органов, креплений и т.д. Оценка состояния проводится визуально или с использованием каких-либо инструментальных средств и представляется, в целом, достаточно надежной. Хотя, как уже говорилось выше, далеко не все даже важные для технического состояния механизма первичные параметры (например, динамический дисбаланс ротора) могут быть определены методом ревизии.

При технологии ПС, которая предполагает оценку технического состояния механизма без ревизии, на эксплуатационных режимах, речь, естественно, идет о контроле по вторичным параметрам и поэтому вполне логично, что эти параметры должны удовлетворять определенным требованиям. Требования к ним могут быть сформулированы, например, следующим образом:

- контролируемые параметры должны иметь однозначную количественную взаимосвязь с первичными параметрами технического состояния;
- измерение параметров должно обеспечиваться по возможности простыми, портативными технически-



Регистрирующий анализатор вибро-акустических сигналов "SPECTRAN"  
Производитель АНТК АНТОНОВ



Измерительный модуль NI cRIO-9233 (National Instruments, США) совместно с модулем BlueRIO (ВиТэк, Россия) обеспечивает ввод в ПК до четырех каналов виброускорения с совокупной частотой оцифровки до 10000 Гц для 16 битных или 7000 Гц для 24 битных данных.

Беспроводной ввод данных по каналу Bluetooth® не только делает процесс измерения гораздо более удобным, но и позволяет реализовать исследования подвижных и вращающихся объектов

ми средствами, не требующими специальной квалификации персонала;

- технические средства должны быть метрологически аттестованы, когда это необходимо;

- диапазон изменения контролируемых параметров в процессе рабо-

ты механизма от состояния "хорошо" до состояния "недопустимо" должен быть достаточно большим (параметр должен меняться не менее, чем в 15..20 раз) для своевременного выявления зарождающихся дефектов и достоверного прогнозирования остаточного ресурса механизма;

- стоимость выполнения работ по контролю вторичных параметров и время их выполнения должны быть существенно ниже, чем при ревизии механизмов;

- достоверность контроля по вторичным параметрам должна быть не ниже 80 %;

- параметры контроля должны быть по возможности универсальны для диагностики одинаковых дефектов однотипного оборудования или его узлов.

Изложенный перечень не является, видимо, исчерпывающим и может дополняться еще какими-либо требованиями в зависимости от конкретных особенностей механизмов и тех дефектов, которые в нем могут появляться, но удовлетворение контролируемых параметров данному перечню является обязательным.

Итак, что же это за вторичные параметры, с помощью которых можно достоверно оценивать техническое

состояние механизмов без разборок и ревизии ?

Для механизмов роторного типа (электродвигатели, насосы, вентиляторы, турбины, генераторы, редукторы и т.д.) наиболее широкое распространение во всем мире получили методы контроля, диагностики и наладки, базирующиеся на измерении соответствующих параметров вибрации этих механизмов. Обусловлено это целым рядом существенных достоинств вибропараметров при оценке технического состояния роторных механизмов.

### Достоинства вибропараметров

1. Вибрационные параметры в силу самого физического смысла своего происхождения всегда определяются на работающем механизме, а используемые для съема вибрационной информации первичные вибропреобразователи всегда устанавливаются на наружных поверхностях механизмов (за редким исключением), что не требует каких-либо остановок или разборок механизмов.

2. Высокая информативность. Первичные вибрационные сигналы несут в себе огромное количество ин-

## USB пристрої збору даних

### NI USB-6008/6009

аналоговий ввід 8SE/4DI, 12біт частота перетворення 10/48кГц, аналоговий вивід 12біт, 2 канала, 32-х розрядний лічильник, клемні з'єднувачі, USB кабель, драйвер



### NI USB-9233

аналоговий ввід віброакустичних сигналів, 4 канала, 24біт, 50кГц, 102дБ підтримка IEPЕ датчиків



www.holit.ua  
info@holit.ua

## ХОЛИТ Дейта Системс

авторизований партнер фірми NATIONAL INSTRUMENTS в Україні



формации о состоянии механизма: кинематических узлов и деталей, рабочих органов и протекающих сред, систем крепления и амортизации, состоянии фундаментов, трасс и арматуры, качестве монтажа механизма и т.д. При этом, как теория, так и практика обработки вибросигналов к настоящему времени столь обширны и разнообразны, что, используя соответствующий алгоритм обработки, можно извлечь из вибросигнала достоверную информацию без искажений и потерь практически по любому интересующему параметру технического состояния механизма.

**3. Высокая чувствительность.** Подавляющее большинство вибрационных параметров, характеризующих те или иные аспекты технического состояния механизма, изменяют свои значения в очень широком диапазоне величин. Например, один из вибропараметров, характеризующий состояние подшипника качения, может изменять свои значения за время эксплуатации подшипника в тысячи раз. Высокая чувствительность имеет очень большое значение для рассматриваемых задач, поскольку это позволяет в большинстве случаев методами вибродиагностики начинать отслеживать изменения в механизме с самой

ранней стадии зарождения в нем дефектов. Это, в свою очередь, обеспечивает высокую достоверность при прогнозировании остаточного ресурса механизма, сроков его ревизий и ремонтов.

**4. Аппаратурное оснащение.** Практическая виброметрия в настоящее время обеспечивается очень широкой номенклатурой различных приборов: от простых, специализированных для решения тех или иных конкретных задач, до достаточно сложных, многофункциональных аппаратов, представляющих порой из себя целую переносную виброакустическую лабораторию, уместающуюся в небольшом чемоданчике. Следует отметить, что в настоящее время для большинства задач вибродиагностики методы и алгоритмы обработки вибросигналов уже давно отработаны и реализованы в конкретных приборах. Таким образом, в подавляющем большинстве случаев речь вообще не идет о необходимости разработки и создания каких-либо новых приборов - все уже сделано и нужно только оснащаться необходимой техникой и начинать ее использовать. Естественно, что фирмы разработчики и изготовители виброизмерительной техники тоже не сидят сложа руки, а все



Модуль системы LTR для виброакустических измерений LTR22 (L-Card, Россия). Четыре независимых канала с дифференциальным входом, каждый из которых имеет: сигма-дельта АЦП, встроенный автоматический фильтр нижних частот для ограничения полосы сигнала на уровне -75 дБ, программно отключаемый фильтр верхних частот для устранения постоянной составляющей сигнала на частоте 0,3 Гц.

Разрядность АЦП - 16 бит, поддиапазоны входного напряжения (для каждого канала независимо) -  $\pm 10,0$  В,  $\pm 3,0$  В,  $\pm 1,0$  В,  $\pm 0,3$  В,  $\pm 0,1$  В,  $\pm 0,03$  В.  
Частота дискретизации - 3,5 кГц...78 кГц

время предлагают новые и новые приборы. Но в основном это уже связано с естественным совершенствованием элементной базы аппаратуры, улучшением ее потребительских свойств, уменьшением габаритов, потребляемой мощности и т.д.

**5. Взаимосвязь с первичными параметрами.** Для подавляющего

## Embedded Fanless PC\*


### AEC-6910 BOXER S

Intel® Pentium® M / Celeron® M









## ХОЛИТ™ Дэйта Системс

Авторизований дистриб'ютор фірми AAEON Technology в Україні

[www.holit.ua](http://www.holit.ua)

большинства первичных параметров технического состояния механизма существуют соответствующие вибрационные параметры, имеющие однозначную количественную взаимосвязь между собой. Более того, зачастую существует возможность оценивать один и тот же первичный параметр несколькими вибрационными параметрами вследствие того, что иногда один и тот же первичный дефект в механизме порождает несколько независимых вибрационных процессов. Это позволяет дополнительно увеличивать достоверность вибродиагностических измерений.

**6. Нормативная база.** К настоящему времени во всем мире накоплен столь большой опыт по виброизмерениям роторных механизмов, что он уже давно материализовался в виде обширного класса разнообразных ГОСТов, норм, рекомендаций и т.д. Как отечественных, так и международных. Во многих случаях изготовители механизмов включают соответствующую информацию и в их паспорта. Во всяком случае, тем, кто с завтрашнего дня решил заняться виброконтролем, никакой Америки открывать не придется. Порывшись в нормативных материалах, Вы в большинстве случаев увидите, что критерии виброконтроля и для вашего механизма уже существуют. Берите и пользуйтесь!

**7. Оперативность.** Проведение виброизмерений на механизме осуществляется очень быстро. Обычно это несколько минут, а иногда достаточно и нескольких секунд. Т.е. пока один откручивает там какой-нибудь болт, другой уже может получить всю необходимую информацию по состоянию механизма и понять, что никаких болтов вообще крутить не следует.

**8. Экономическая эффективность.** Срок окупаемости дополнительных капиталовложений на техническое оснащение для виброизмерений, как правило, не превышает нескольких месяцев. При этом довольно часто бывает и так, что все Ваши затраты полностью окупаются уже на первом же механизме после его своевременной и качественной виброналадки. Использование вибропараметров в качестве базы для оценки технического состояния механизмов вполне оправдано.

Итак, Вы уяснили, что оценить техническое состояние механизма можно не только разобрав его и посмотрев, "что там внутри", но и по неким вторичным (в данном случае виб-

рационным) параметрам, без всяких разборок и ревизий. Это и лежит в основе технологии ПС.

### Основы технологии ПС

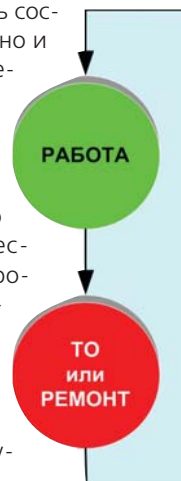
Коренное отличие технологии ПС от ППР состоит в том, что ППР основывается только на времени эксплуатации механизма, а ПС учитывает всю совокупность факторов, определяющих его эксплуатационный ресурс. Причем, происходит это совершенно автоматически, поскольку какие бы факторы и в какой комбинации в каждом конкретном случае не воздействовали на механизм, Вы наблюдаете совокупную реакцию на эти воздействия по изменению соответствующих вибрационных параметров. А они, как уже говорилось выше, в силу своей высокой информативности и чувствительности обязательно отражат происходящие с механизмом перемены. В последующем, если это необходимо, соответствующей обработкой и анализом вибропараметров всегда можно определиться и с реальной причиной, вызывающей данные изменения: дефекты его изготовления, или монтажа, или наладки, или это идет естественные износовые процессы в узлах и деталях и т.д. Другими словами, при этом появляется возможность не только контролировать состояние механизма, но и определять реальные причины происходящих изменений в каждой конкретной ситуации, а, значит, и принимать вполне обоснованные решения по их устранению в дальнейшем. Это важнейшее достоинство технологии ПС.

Еще одним преимуществом технологии ПС является то, что используемые при этом технические средства, как правило, позволяют не только производить вибрационные измерения и контролировать состояние механизмов, но и обеспечивают решение задач по оперативной наладке механизмов в процессе эксплуатации. В первую очередь это касается динамической балансировки роторов. Таким образом, при технологии ПС существенно изменяется сам цикл работ при эксплуатации оборудования.

При технологии ППР эксплуатационный цикл представляет собой непрерывное чередование двух фаз: "работа"/"ТО или ремонт", при этом в любой момент цикла может включиться поломка механизма со всеми вытекающими последствиями.

При технологии ПС в составе цикла появляются совершенно новые фазы, коренным образом изменяющие саму идеологию эксплуатации оборудования.

Параллельно с работой механизма с определенной периодичностью (обычно достаточно это сделать 1 раз в 2..3 месяца) осуществляется контроль текущего технического состояния механизма по измерению соответствующих вибропараметров. Анализ этих параметров во времени позволяет отслеживать реальную динамику происходящих изменений и обоснованно прогнозировать сроки и содержание наладочных работ, ТО и ремонтов. Введение операций конт-





роля и, при необходимости, наладки, позволяет существенно улучшать качественное состояние механизмов после прохождения ремонта.

При этом необходимо понимать, что проведение любого, даже капитального ремонта механизма, ни в коей мере не гарантирует, что все проблемы решены и его можно смело эксплуатировать без всяких ограничений. Только послеремонтный виброконтроль дает объективную картину о действительном состоянии механизма. После ремонта виброактивность механизма может действительно существенно снизиться, но может измениться мало или даже возрасти. Естественно, что причина может быть в качестве ремонта (дефектные узлы, плохой монтаж и т. д.), но очень часто такое происходит и тогда, когда никаких претензий по ремонту нет. И в этом нет ничего мистического или необъяснимого. Дело в том, что, например, любой роторный механизм, даже простейший вентилятор, на самом деле в динамике (т.е. при работе) представляет собой сложную колебательную систему, поведение которой зависит от множества факторов. Поэтому послеремонтный виброконтроль и, при необходимости, наладка, являются важнейшей фазой технологии ПС, гарантирующей продление эксплуатационного ресурса оборудования.

упрощает процедуру и расширяет возможности пользователя по достоверному прогнозированию остаточного ресурса механизмов, сроков и содержания их технического обслуживания и ремонта.

Итак, в чем же основные достоинства технологии ПС?

### Достоинства технологии ПС

Переход на технологию обслуживания механизмов "по состоянию" позволяет:

- контролировать реальное текущее техническое состояние механизмов и качество их ремонта;
- уменьшить финансовые и трудовые затраты при эксплуатации оборудования;
- продлить межремонтный период и срок службы ваших механизмов;
- сократить потребность в запасных частях, материалах и оборудовании;
- избавиться от "внезапных" поломок механизмов и остановок производства;
- планировать сроки и содержание технического обслуживания и ремонта;
- повысить общую культуру производства и квалификацию персонала.

ния "по регламенту". Важно только, чтобы это сочетание было осознанным и разумным и обеспечивало по отношению к бездушным механизмам реализацию основной врачебной заповеди: "не навреди".

Поэтому для полного усвоения сказанного обратимся к нашему житейскому опыту, где все мы являемся специалистами в медицине, футболе и решении чужих семейных проблем. В самый раз вспомнить старую историю из жизни пациентов. Пациент приходит к хирургу с жалобами на головные боли. Хирург говорит: "Ложитесь, сейчас мы вамотрежем уши и всё будет хорошо". Пациент в испуге убегает, идет к терапевту и рассказывает, как его хотел вылечить хирург. "Да, - говорит терапевт, - этим хирургам только бы резать. Вот я вам сейчас лучше дам таблетку - уши сами отвалятся".

Это, конечно, анекдот. Никто из нас при появлении проблем со здоровьем не обращается сразу к хирургу, чтобы он нам что-нибудь разрезал и посмотрел, что это нас там беспокоит. Иначе к 30 годам мы бы уже все были покрыты мужественными шрамами, а в 40 нас бы уже точно несли вперед ногами и говорили только хорошее. Первым делом мы всегда обращаемся к дианогстам: терапевту, окулисту, кардиологу и пр., т.е. к специалистам, определяющим причины наших недугов по их вторичным проявлениям. Мы готовы без конца ставить градусник, сдавать анализы и глотать пилюли, лишь бы не ложиться "под нож".

А ведь любой механизм - это тот же "живой" организм, для которого любое, тем паче необоснованное "хирургическое" вмешательство может существенно снизить срок его службы. Поэтому и в обслуживании механизмов всегда нужно стремиться к тому, чтобы сделать максимум возможного без ревизий и разборок, и только тогда, когда все возможности этого исчерпаны, переходить к ревизиям. В этом и состоит основная идея технологии обслуживания механизмов "по состоянию".



Еще одно достоинство технологии ПС состоит в том, что в настоящее время в большинстве случаев изготовители виброизмерительной аппаратуры предлагают своим заказчикам не только измерительные приборы, но и соответствующее программное обеспечение по автоматизированному ведению компьютерных баз данных виброизмерений, что существенно

В заключение хотелось бы еще раз предостеречь от догматизма как в отношении технологии ППР, так и в отношении технологии ПС. Реально на практике технология ПС всегда представляет собой комплексную технологию, включающую в себя как элементы контроля, диагностики и наладки по вторичным параметрам, так и процедуры ревизий и обслужива-

**КОНТАКТЫ:**  
 тел: (107-812) 259-9591, 251-0601  
 e-mail: info@vitec.ru