

# Погрешность оценки вибрационного состояния оборудования

**С.В. Быков** ( Санкт-Петербург, Россия )  
info@baltech.ru

руководитель отдела маркетинга ООО «Балтех»

**Динамическое (роторное) оборудование занимает большой процент в общем объеме оборудования промышленного предприятия: электрические двигатели, насосы, компрессора, вентиляторы и т.д. Задачей службы главного механика является определение с достаточной точностью того момента, когда проведение ППР технически, а главное экономически обосновано.**

**Материалы и методы**

Концепция «Надежное Оборудование», диагностика вибрации

**Ключевые слова**

вибрация, диагностика, Концепция Надежное Оборудование, критерий оценки, техническое состояние, промышленное оборудование

Динамическое (роторное) оборудование занимает большой процент в общем объеме оборудования промышленного предприятия: электрические двигатели, насосы, компрессора, вентиляторы и т.д. Задачей службы главного механика является определение с достаточной точностью того момента, когда проведение ППР технически, а главное экономически обосновано. Согласно «Концепции «Надежное Оборудование», одним из лучших методов определения технического состояния вращающихся узлов является вибродиагностика, которая позволяет сократить необоснованные затраты материальных средств на эксплуатацию и техническое обслуживание оборудования, а также оценить вероятность и предупредить возможность внепланового выхода из строя. В стандарте IORS:2010 говорится, что это возможно, только если контроль вибрации вращающихся узлов проводить систематически, тогда удастся вовремя обнаружить: износ подшипников, несоосность валов, дисбаланс роторов, проблемы со смазкой машин и многие другие отклонения и неисправности.

В ГОСТ ИСО 10816-1-97 установлены два основных критерия общей оценки вибрационного состояния машин различных классов. По одному критерию сравниваю абсолютные значения параметра вибрации в широкой полосе частот, по другому — изменения этого параметра.

Первый критерий это абсолютные значения вибрации. Он связан с определением границ для абсолютного значения параметра вибрации, установленных из условия допустимых динамических нагрузок на подшипники и допустимой вибрации, передаваемой волне на опоры и фундамент. Максимальное значение параметра, измеренное на каждом подшипнике или опоре, сравнивают с границами зон для данной машины.

Класс 1 — Отдельные части двигателей и машин, соединенные с агрегатом и работающие в обычном для них режиме (серийные электрические моторы мощностью до 15 кВт являются типичными машинами этой категории).

Класс 2 — Машины средней величины (типичные электромоторы мощностью от 15 до

875 кВт) без специальных фундаментов, жестко установленные двигатели или машины (до 300 кВт) на специальных фундаментах.

Класс 3 — Мощные первичные двигатели и другие мощные машины с вращающимися массами, установленные на массивных фундаментах, относительно жестких в направлении измерения вибрации.

Класс 4 — Мощные первичные двигатели и другие мощные машины с вращающимися массами, установленные на фундаментах, относительно податливые в направлении измерения вибрации (например, турбогенераторы и газовые турбины с выходной мощностью более 10 МВт).

Для качественной оценки вибрации машины и принятия решений о необходимых действиях в конкретной ситуации установлены следующие зоны состояния.

- **Зона А** — В эту зону попадают, как правило, новые машины, только что введенные в эксплуатацию (вибрацию указанных машин нормирует, как правило, завод-изготовитель).
- **Зона В** — Машины, попадающие в эту зону, обычно считают пригодными для дальнейшей эксплуатации без ограничения сроков.
- **Зона С** — Машины, попадающие в эту зону, обычно рассматривают как непригодные для длительной непрерывной эксплуатации. Обычно данные машины могут функционировать ограниченный период времени, пока не появится подходящая возможность для проведения ремонтных работ.
- **Зона D** — Уровни вибрации в данной зоне обычно рассматривают как достаточно серьезные, для того чтобы вызвать повреждение машины.

Второй критерий это изменение значений вибрации. Этот критерий основан на сравнении измеренного значения вибрации в установленном режиме работы машины с предварительным установленным значением. Такие изменения могут быть быстрыми или постепенно нарастающими во времени и указывают на повреждение машины в начальной стадии или на другие неполадки. Изменение вибрации на 25% обычно рассматривают как значительные.

При обнаружении значительных изменений вибрации необходимо исследовать возможные причины таких изменений, чтобы выявить причины таких изменений и определить какие меры необходимо принять с целью предотвращения возникновения опасных ситуаций. И в первую очередь необходимо выяснить, не является ли это следствием неправильного измерения значения вибрации.

Сами пользователи виброизмерительной аппаратуры и приборов, часто попадают в щекотливую ситуацию, когда пытаются сравнить показания между аналогичными приборами. Первоначальное удивление часто сменяется возмущением когда обнаруживается не соответствие в показаниях превышающее допустимую погрешность измерения приборов.

vrms, мм/с	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4
0.28	A	A	A	A
0.45				
0.71				
1.12	B			
1.8		B		
2.8	C		B	
4.5		C		B
7.1	D		C	
11.2		D		C
18			D	
28				D
45				

Таб. 1

Причин этому несколько:

- некорректно сравнивать показания приборов, датчики вибрации которых установлены в разных местах, пусть даже достаточно близко;
- некорректно сравнивать показания приборов, датчики вибрации которых имеют различные способы крепление к объекту (магнит, шпилька, шуп, клей и др.);
- необходимо учитывать что пьезоэлектрические датчики вибрации чувствительны к температурным, магнитным и электрическим полям и способны изменять свое электрическое сопротивление при механических деформациях (например, при падении).

Специалистами из Санкт-Петербурга (Романовым Р.А., Севастьяновым В.В.) был проведен опыт сравнения показаний многих приборов, который упрощенно можно изложить в таблице 2.

На первый взгляд, сравнивая технические характеристики двух приборов, можно сказать, что второй прибор значительно луч-

ше первого. Внимательная оценка показывает иные результаты.

Для примера рассмотрим механизм, оборотная частота вращения ротора у которого равна 12.5 Гц (750 об/мин), а уровень вибрации составляет 4 мм/с, в этом случае возможны следующие показания приборов:

а) для первого прибора, погрешность на частоте 12.5 Гц и уровне 4 мм/с, в соответствии с техническими требованиями, не более  $\pm 10\%$ , т.е. показание прибора будут в диапазоне от 3.6 до 4.4 мм/с;

б) для второго, погрешность на частоте 12.5 Гц составит  $\pm 15\%$ , погрешность при уровне вибрации 4 мм/с составит  $20/4 \cdot 5 = 25\%$ . В большинстве случаев, обе погрешности являются систематическими, поэтому они арифметически суммируются. Получаем погрешность измерения  $\pm 40\%$ , т.е. показание прибора вероятно от 2.4 до 5.6 мм/с;

В тоже время, если проводить оценку вибрации в частотном спектре вибрации механизма составляющих с частотой ниже

10 Гц и выше 1 кГц показания второго прибора по сравнению с первым окажутся лучше.

Необходимо обратить внимание на наличие в приборе детектора среднего квадратического значения. Замена детектора среднего квадратического значения детектором среднего или амплитудного значения может привести к дополнительной погрешности при измерении полигармонического сигнала еще до 30%.

Таким образом, если мы посмотрим на показания двух приборов, при измерении вибрации реального механизма, то можем получить, что реальная погрешность измерения вибрации реальных механизмов в реальных условиях не менее  $\pm (15-25)\%$ . Именно по этой причине необходимо аккуратно относиться к выбору производителя виброизмерительной аппаратуры и еще более внимательно к постоянному повышению квалификации специалиста по вибродиагностике. Так как в первую очередь от того как именно проводятся эти самые измерения, можно говорить о результате диагноза.

Наименование параметра	Первый прибор	Второй прибор
Диапазон рабочих частот	от 10 до 1000 Гц	от 2 до 4000 Гц
Предел измерения	10 мм/с	20 мм/с
Основная относительная погрешность измерения в диапазоне рабочих амплитуд и частот	$\pm 10\%$	-
Основная приведенная погрешность измерения	-	$\pm 5\%$
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики от 20 до 500 Гц	-	$\pm 5\%$ ,
от 2 до 20 Гц и от 500 до 4000 Гц		

Таб. 2

#### Список использованной литературы

1. ГОСТ ИСО 10816-1-97

2. Стандарт IORS:2010

3. Концепция «Надежное Оборудование»

# НЕФТЬ. ГАЗ. ХИМ



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
ИНФОРМАЦИОННЫЙ  
СПОНСОР



21 - 23 августа

16-я специализированная выставка  
с международным участием

Официальная поддержка  
Министерство промышленности и энергетики Саратовской области

Союз нефтегазопромышленников РФ  
Союз производителей нефтегазового оборудования  
Российский Союз химиков



САРАТОВ 2012



СВАРКА

Специализированный салон



ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР  
СОФИТ-ЭКСПО  
ТЕЛ.: (8452) 205-470, 206-926  
<http://expo.sofit.ru>