



Научно–производственное предприятие «РОС»

Диагностика электротехнического оборудования на основе анализа механических резонансных колебаний

Россия 614000, г. Пермь ул. Пермская, 70

Тел./факс (342) 2128907, 2128103, 2351331

E-mail: ros@perm.ru

<http://www.ros-diagnostics.ru>

<http://www.рос-диагностика.рф>

Метод анализа возбужденных резонансных колебаний

Назначение

Определение дефектов (трещин, раковин, полостей и иных несплошностей),

а также наличия признаков усталости материалов в оборудовании и конструкциях:

- Роторы и статоры электрических машин;
- Рабочие колеса турбин, насосов, компрессоров, вентиляторов;
- Опорно-стержневые изоляторы;
- Рамы и фундаменты больших машин;
- Нагруженные конструкции различного назначения;
- Трубопроводы;
- Запорная арматура и сосуды под давлением;
- Сварные, фланцевые и иные соединения металлоконструкций и трубопроводов;
- Строительные конструкции и др. объекты.



Основы метода

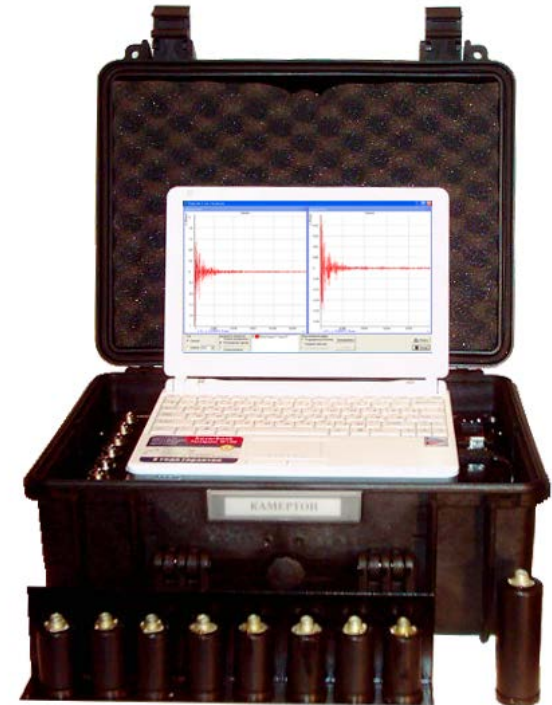
Импульсное возбуждение приводит к возникновению в исследуемом объекте резонансных колебаний с особенностями распространения их в пространстве и во времени. В однородной по плотности среде временные, скоростные и частотные параметры эхо-сигнала идентичны параметрам сигнала возбуждения, а при наличии дефектов (трещин, раковин, иных несплошностей), а также при старении материала, условия прохождения колебаний на различных участках объекта могут в значительной степени отличаться друг от друга. На этом основан метод анализа резонансных колебаний, позволяющий выявлять однородные и неоднородные участки в исследуемом объекте.

Ударное возбуждение является наиболее распространенным методом при модальном анализе. Возбуждение производится специальным молоточком для модального анализа или при помощи импульсного источника колебаний.

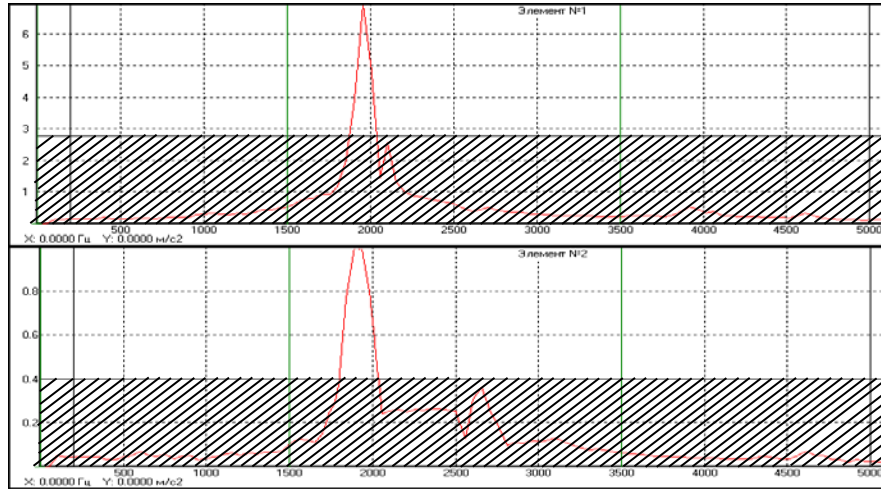
Измерение реакции объекта на возбуждение производится с помощью многоканальной виброизмерительной аппаратуры, выполняющей быстрое преобразование Фурье.

При анализе каждого сигнала за основу приняты основные положения традиционного модального анализа:

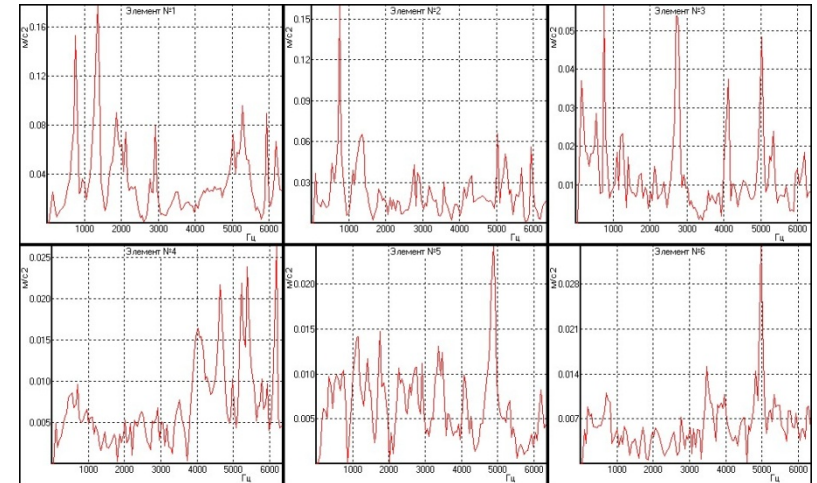
- определяется скорость затухания резонансных колебаний,
- система несущих частот,
- наличие отклонений значений каждой несущей частоты от допустимого для материала объекта диапазона значений,
- производится распознавание образов несущих частот и анализ форм всех спектральных составляющих,
- сравнение спектральных параметров сигнала возбуждения и всех сигналов-откликов.



Спектральные примеры дефектов

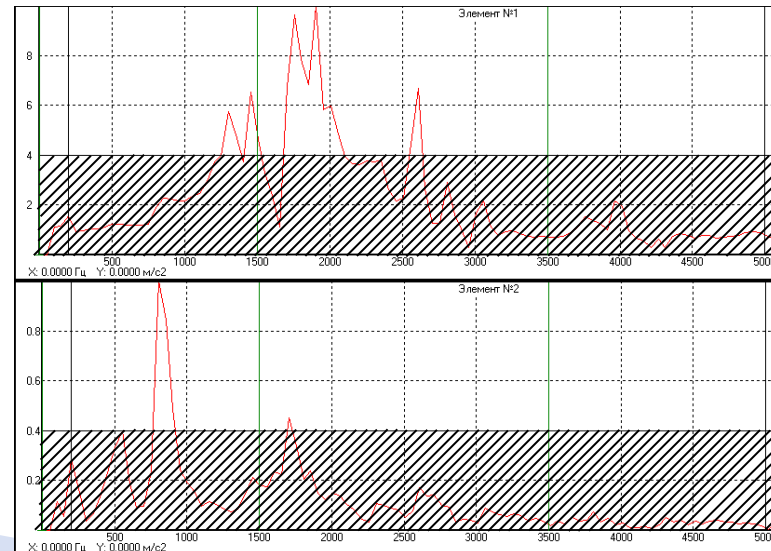


Хорошее состояние объекта: несущие частоты ударного спектра и спектра-отклика совпадают.

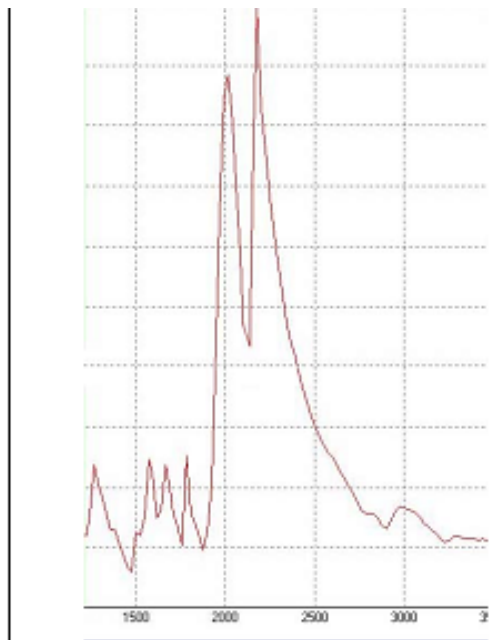


Признаки усталости материала: исследуемый участок ротора генератора имеет признаки ослаблений в структуре материала

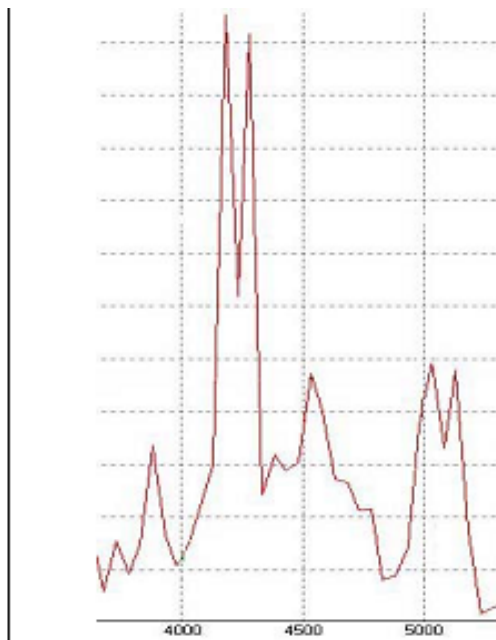
Неудовлетворительное состояние объекта - ударный спектр имеет признаки трещины, а в спектре-отклике несущая частота находится в низкочастотной зоне.



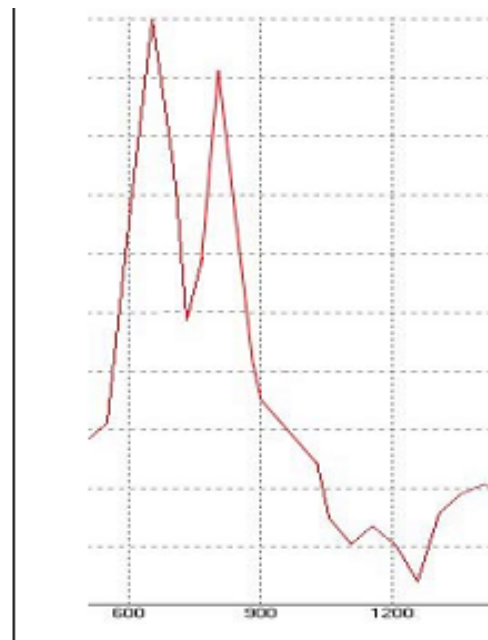
Спектральные примеры дефектов



Дефект: трещина



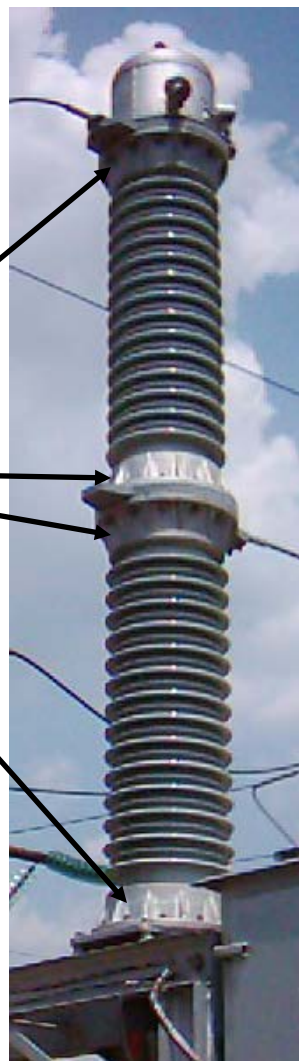
Дефект: трещина



Дефект: трещина

Пример спектров вибрации, отражающих идентичность спектрального образа дефектов в объектах, изготовленных из различных по твердости и составу материалов

Пример обследования опорно-стержневой изоляции



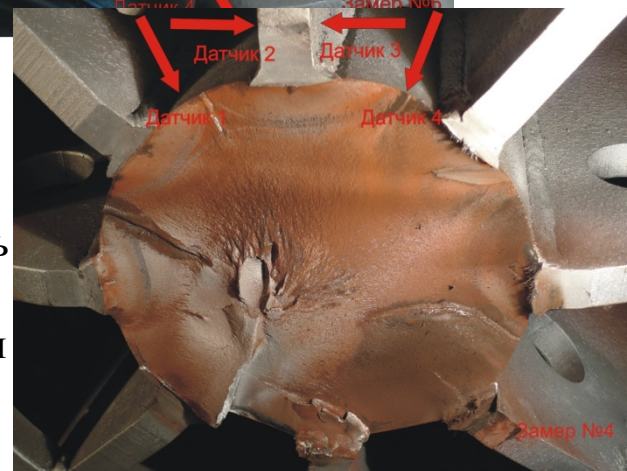
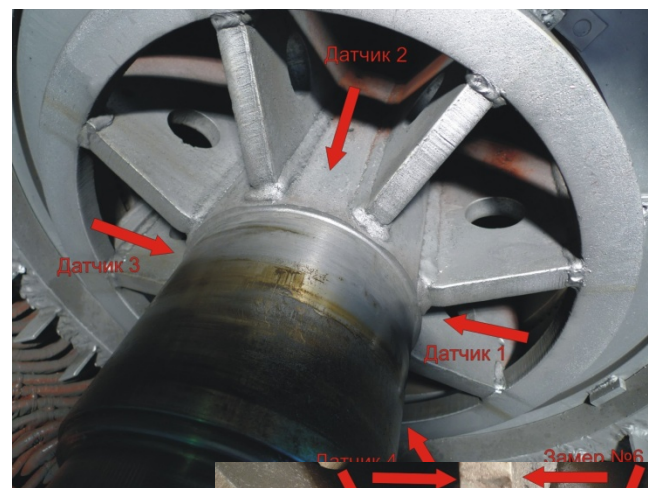
Места установки датчиков

Датчики устанавливаются на фланцах изолятора.
Возбуждение производится напротив датчиков.

Пример обследования ротора генератора

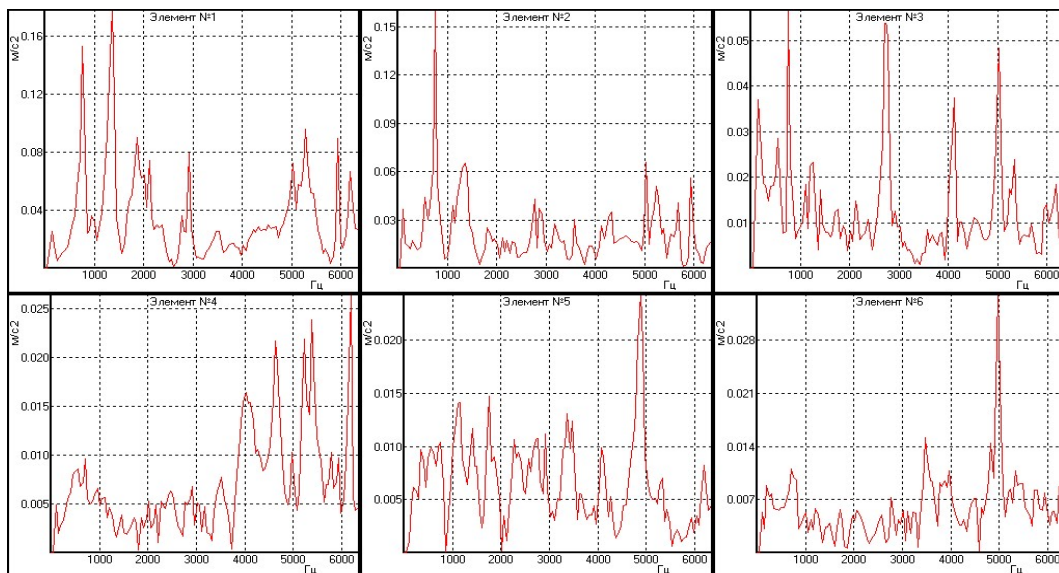


Ротор условно разбивается на сечения, на каждом из которых устанавливаются по 3 датчика. Последовательно производятся измерения и анализ в зоне каждого сечения.



Пример повреждения (излома) нового ротора электродвигателя ВАО-800-1000-12 УХЛ4 из-за неудовлетворительного качества металла, имеющего поверхностные и скрытые трещины, раковины, пористость на всем протяжении тела ротора, а также из-за неудовлетворительного качества сварки в местах приварки ребер клетки ротора.

Пример разрушения бандажного кольца ротора генератора



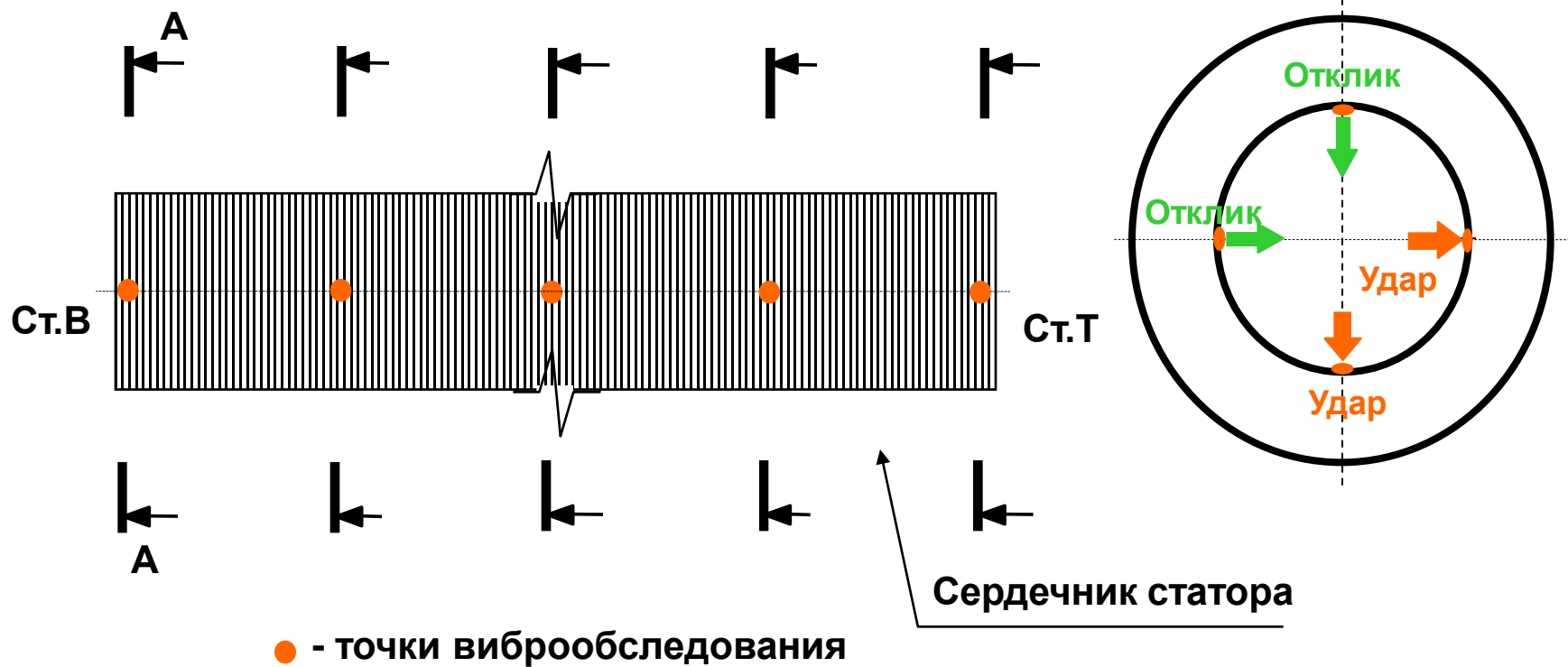
Контроль состояния статора



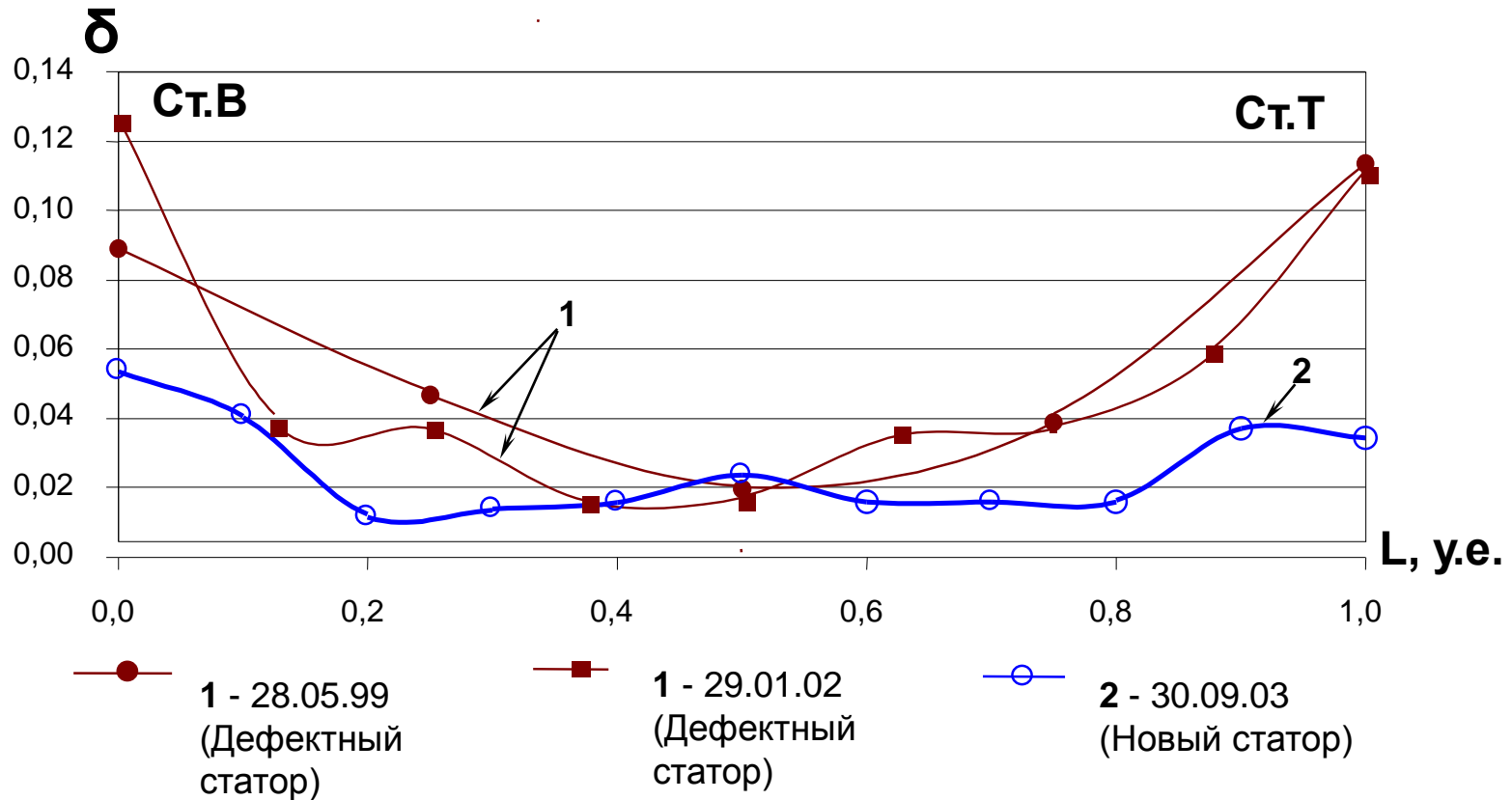
Для оценки состояния статоров применяется метод контроля и оценки состояния по вибрационным параметрам, основанный на анализе распределения по длине объекта его резонансных частот и свойств поглощения энергии свободных колебаний. Изменения этих параметров в процессе эксплуатации или после выполнения восстановительных мероприятий отражают изменения технических свойств объекта, в частности, жесткости (резонансная частота) и плотности (поглощение колебаний). Большие значения резонансных частот соответствуют большей жесткости объекта или его отдельных сечений, а большие величины параметров поглощения колебаний соответствуют меньшей плотности объекта или отдельных его частей.

Схема виброобследования сердечника статора

Разбивка сердечника статора на сечения по длине



Сравнение декрементов колебаний дефектного и нового статоров



δ - декремент колебаний, L - длина сердечника статора, 1 -дефектный сердечник,
2 -сердечник нового статора, Ст.В – сторона возбуждителя, Ст.Т – сторона турбины

Пример повреждения опорного изолятора



Причиной повреждения явилось неудовлетворительное качество масла, которое привело к образованию на поверхности фарфора токопроводящего следа, о чем свидетельствуют характерные для значительного уровня частичных разрядов картины на сколах фарфора.

** Дефект обнаружен методом вибродиагностики за 7 месяцев до повреждения*

Другие приложения метода

Примеры дефектов, обнаруженных в ходе исследований несплошностей в элементах запорной арматуры

Непровар корня углового шва



Смещение кромок углового шва и непровар



Шлаки, подрезы углового шва

Другие приложения метода

Определение состояния сварных и фланцевых соединений полиармированных трубопроводов (ПАТ) -
характерные разрывы ПАТ при испытаниях повышенным давлением



Примеры отчетов экспертных систем

Лаборатория неразрушающего контроля НПЦ "РОС"
Свидетельство об аттестации № 041360062

АКТ № 101/01
от 20.07.2007

	Предприятие		Элемент	A1	Элемент	A2
	Подразделение		Завод изготовитель		Завод изготовитель	
	Объект	МВ Л-15	Заводской номер		Заводской номер	
	Тип	ВМТ 110	Дата изготовления	1993	Дата изготовления	1993

Метод контроля	Ультразвуковой контроль		
Приборы, оборудование:	Камертон	Зав. №123	Свид-во гос. проверки: 02.07.2007
Контроль провел:	Дефектоскопист		
	Должность	Ф.И.О.	№ удостоверения
			дата выдачи

	Схема расположения точек контроля		
	Элемент	Техническое состояние	
		Зона контроля	Состояние у.к.
	A1	Датчик 1	0.31
	Датчик 2	0.92	
A2	Датчик 1 - Датчик 2	0.72	
	Датчик 1	0.92	
	Датчик 2	0.90	
	Датчик 1 - Датчик 2	0.79	

Заключение:
Элемент А1 находится в НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОМ состоянии и должен быть выведен из эксплуатации.

В элементе выявлены вероятные дефекты
Зона контроля 1 - наличие несплошности (раковины, трещины).

Начальник, под. НК	Ф.И.О.	подпись	дата
Контроль провел:	Дефектоскопист		
	Ф.И.О.	подпись	

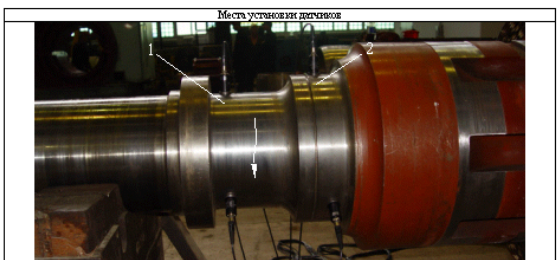
Уровни технического состояния элементов (у.к.): 1-0.65 - хорошее, 0.65-0.50 - тревожное, менее 0.50 - недопустимое
Уровни технического состояния стыков (у.к.): 1-0.65 - хорошее, 0.65-0.50 - тревожное, менее 0.50 - недопустимое

Лаборатория неразрушающего контроля ООО "НПЦ "РОС"
Свидетельство об аттестации № 041360062

АКТ № 80
от 19.06.2006

о проведении **вибродиагностики** ротора ТГЗ (тип генератора ТВФ-120-2, ротор зав. №234)

Контроль	Метод контроля:	Вибродиагностика		
	Прибор, оборудование:	Камертон	Зав. №26	Свид-во гос. проверки: 16.08.2005
	Контроль провел:	Дефектоскопист	Лобанов А.Ю.	№ 02-99704
		Должность	Ф.И.О.	№ удостоверения



Примечание: цифрами "1" и "2" указаны плоскости расположения групп датчиков "1-3" и "4-6" соответственно. Форма датчиков показана в виде, в котором, вращаясь, измеряя с помощью пера 120 градусов, в малейшем движении статора...

Состояние объекта	
Область лагнана	оценка, у.к.
1-2	0.81
1-3	0.71
1-4	0.78
1-5	0.78
1-6	0.73
2-3	0.71
2-4	0.80
2-5	0.81
2-6	0.77
3-4	0.74
3-5	0.72
3-6	0.76
4-5	0.78
4-6	0.84
5-6	0.81

Заключение:
Объект находится в хорошем состоянии.
Присутствуют дефекты, не обнаружены

Начальник, под. НК	Заворон Н.И.	подпись	дата
Контроль провел:	Дефектоскопист	Лобанов А.Ю.	

Уровни технического состояния (у.к.): 1-0.65 - хорошее, 0.65-0.50 - тревожное, менее 0.50 - недопустимое

Лаборатория неразрушающего контроля
Свидетельство об аттестации

Лист 1 (Листов 2)

АКТ 9228/01
от 24.03.2004

о проведении вибродиагностики элементов арматур

Владелец		Дата ввода в эксплуатацию	
Феникс		Нормативный срок службы	7
Цел		Дата изготовления	
Материаловложение		Завод изготовитель	
Бухг.		Допуски на изготовление контроля, кг/см ²	работает по паспорту
Складная	9228	работает по паспорту	210,0
Марка	АФК65x210	Рабочая среда	воздух
Рот. №		Рабочая температура	2
Зав. №			
Изм. №			

Металл контроля	Вибродиагностика	Свид-во гос. проверки
Приборы, оборудование:	Камертон	Зав. №
Контроль провел:	Дефектоскопист	Ф.И.О.
	Должность	№ удостоверения
		дата выдачи

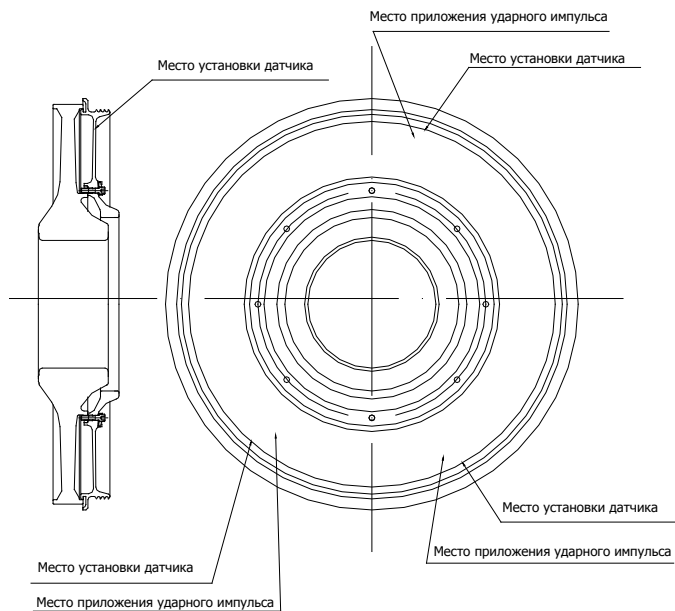
Проведена вибродиагностика:		
Связь оборудования	Техническое состояние элементов арматуры	Состояние
	Наименование	у.к.
	1	Запор устройство - 0.51
	2	Крестовик - 0.33
	3	Запор устройство - 0.55
	4	Палочка - 0.79
	5	Запор устройство - 0.67
	6	Тройник - 0.90
	7	Запор устройство - 0.79
	8	Запор устройство - 0.97
	Состояние стыков	
	Наименование	Состояние
	у.к.	
	1-2	Запор устройство - Крестовик - 0.72
	2-3	Крестовик - Запор устройство - 1.07
	2-4	Крестовик - Палочка - 1.00
	4-5	Палочка - Запор устройство - 1.00
	2-6	Запор устройство - Тройник - 1.00
	6-7	Тройник - Запор устройство - 0.94
	6-8	Тройник - Запор устройство - 0.96

Заключение:
Арматура находится в ТРЕВОЖНОМ состоянии и может эксплуатироваться до 24.03.2005 г. при условии проведения регулярной ревизии состояния элементов по перечню выявленных дефектов.
Элементы находящиеся в **тревожном состоянии**
Запор устройство 1 - ослаблена в структуре материала.
Запор устройство 3 - ослаблена в структуре материала.

Начальник, под. НК	Ф.И.О.	подпись	24.03.2004
Контроль провел:	Дефектоскопист		

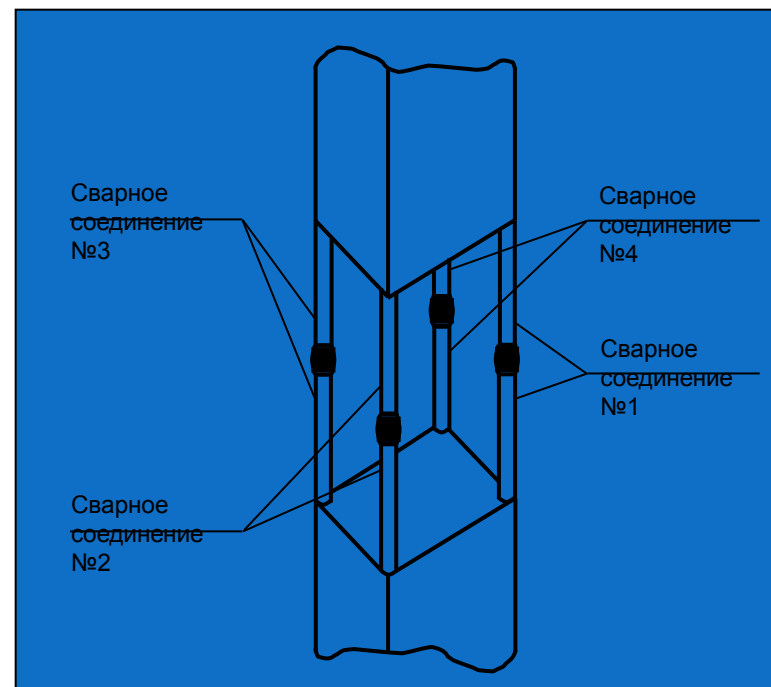
Уровни технического состояния элементов (у.к.): 1-0.65 - хорошее, 0.65-0.50 - тревожное, менее 0.50 - недопустимое
Уровни технического состояния стыков (у.к.): 1-0.65 - хорошее, 0.65-0.50 - тревожное, менее 0.50 - недопустимое

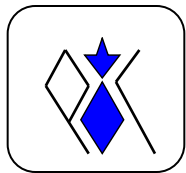
Другие приложения метода



Контроль состояния дефлекторов,
рабочих колес, крепления лопаточного
аппарата турбин авиадвигателей

Контроль состояния сварных швов
армированных свайных и монолитных
конструкций зданий и других
строительных конструкций





Научно-производственное предприятие «РОС»

Спасибо за внимание !

Софьина Н.Н.
Москва, апрель 2015