ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 50.05.10— 2018

Система оценки соответствия в области использования атомной энергии

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ В ФОРМЕ КОНТРОЛЯ

Унифицированные методики. Вихретоковый контроль

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Концерн Росэнергоатом», ООО «Центр технических компетенций атомной отрасли» (ООО «ЦТКАО»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 322 «Атомная техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 декабря 2018 г. № 1176-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru)

© Стандартинформ, оформление, 2018

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения ... 1
2 Нормативные ссылки ... 1
3 Термины и определения ... 2
4 Обозначения и сокращения ... 4
5 Общие положения ... 4
6 Требования к контролю ... 5
6.1 Методы контроля ... 5
6.2 Требования к средствам контроля ... 6
6.3 Требования к персоналу, выполняющему контроль ... 8
7 Проведение контроля ... 9
7.1 Подготовка к проведению контроля ... 9
7.2 Проведение контроля ... 10
7.3 Анализ результатов контроля ... 11
8 Учетная и отчетная документация ... 12
8.1 Требования к учетной документации ... 12
8.2 Требования к отчетной документации ... 12
8.3 Формы учетной и отчетной документации ... 13
9 Требования к метрологическому обеспечению ... 13
10 Требования техники безопасности и радиационной безопасности ... 13
Приложение А (обязательное) Требования к проведению вихретокового контроля неферромагнитных теплообменных труб ... 14
Приложение Б (обязательное) Требования к проведению вихретокового контроля перемычек коллекторов парогенератора ... 17
Приложение В (обязательное) Требования к проведению вихретокового контроля резьбовых поверхностей крепежных элементов ... 18
Приложение Г (обязательное) Требования к технологической карте по вихретоковому контролю ... 19
Библиография ... 20

Введение

Настоящий стандарт содержит требования к проведению вихретокового контроля (ВТК) элементов оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (АЭУ).

Настоящий стандарт обязателен для исполнения всеми юридическими и физическими лицами, осуществляющими следующие виды работ: проектирование, конструирование, изготовление, монтаж, ввод в эксплуатацию, эксплуатацию (включая ремонт и модернизацию), ремонт, вывод из эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных станций.

Требования настоящего стандарта должны соблюдаться при проведении ВТК металла, а также при разработке средств и технологий контроля.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Система оценки соответствия в области использования атомной энергии

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ В ФОРМЕ КОНТРОЛЯ

Унифицированные методики. Вихретоковый контроль

Conformity assessment system for the use of nuclear energy. Conformity assessment in the form of control. Unified methods. Eddy current control.

Дата введения — 2019—02—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на ВТК основного металла, сварных соединений и наплавленных поверхностей оборудования и трубопроводов АЭУ.

1.2 Настоящий стандарт устанавливает требования к порядку проведения контроля, средствам контроля, персоналу, обработке и оформлению результатов контроля, а также требования техники безопасности при проведении контроля.

1.3 В приложениях А—В изложены конкретные технические требования к проведению ВТК следующих объектов:

- неферромагнитных теплообменных труб (ТОТ);
- перемычек коллекторов первого контура парогенераторов (ПГ);
- резьбовых частей крепежных элементов (шпилек, гаек, резьбовых отверстий) фланцевых разъемов корпусного оборудования.

1.4 На каждый объект контроля должна быть разработана методика контроля, отвечающая требованиям настоящего стандарта.

Система неразрушающего контроля, в которую входит разработанная методика контроля, должна проходить аттестационные испытания в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50.04.07.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 50.04.07 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме испытаний. Аттестационные испытания систем неразрушающего контроля.

ГОСТ Р 50.05.11 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Персонал, выполняющий неразрушающий и разрушающий контроль металла. Требования и порядок подтверждения компетентности.

ГОСТ Р 50.05.15 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Неразрушающий контроль. Термины и определения.

ГОСТ Р 50.05.16 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Неразрушающий контроль. Метрологическое обеспечение.

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта

Издание официальное

с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 50.05.15, в том числе следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **абсолютный вихретоковый преобразователь:** Вихретоковый преобразователь, сигнал которого определяется абсолютными значениями параметров объекта контроля.

3.2 **амплитудно-фазовый метод:** Метод вихретокового контроля, основанный на измерении на комплексной плоскости проекции сигнала преобразователя на направление нормали к помехе.

3.3 **вихревые токи:** Электрический ток, индуцированный в проводящем материале переменным магнитным полем.

3.4

вихретоковый неразрушающий контроль (eddy current nondestructive testing): Неразрушающий контроль, основанный на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в объекте контроля этим полем.

[ГОСТ Р 55611—2013, статья 3.1.1]

3.5 **вихретоковые данные:** Данные, полученные при сканировании объекта контроля в результате преобразования сигналов вихретокового преобразователя в цифровую форму.

3.6 **вихретоковый дефектоскоп:** Прибор, работа которого основана на методах вихретокового неразрушающего контроля и предназначенный для выявления дефектов объекта контроля типа несплошностей.

3.7 **вихретоковый комплекс:** Совокупность взаимосвязанных средств контроля, предназначенная для проведения вихретокового контроля.

3.8 **вихретоковый преобразователь:** Устройство, включающее в себя одну или несколько индуктивных обмоток, предназначенных для возбуждения в объекте контроля вихревых токов и преобразования зависящего от параметров объекта электромагнитного поля в сигнал преобразователя.

3.9 **вихретоковый зонд:** Средство вихретокового контроля труб и других объектов изнутри, основными элементами которого являются вихретоковый преобразователь и гибкая направляющая (пластиковая трубка или витая металлическая пружина), предназначенная для перемещения вихретокового преобразователя внутри объекта контроля, при этом кабель вихретокового преобразователя располагается внутри направляющей.

3.10 **вращающийся вихретоковый преобразователь:** Вихретоковый преобразователь, обмотки которого во время контроля вращаются относительно корпуса и других неподвижных элементов преобразователя.

3.11

годограф вихретокового преобразователя (hodograph diagram of eddy current probe): Геометрическое место концов вектора э. д. с. или напряжения на комплексной плоскости преобразователя, полученное в результате изменения частоты, удельной электрической проводимости, относительной магнитной проницаемости, размеров объекта контроля, размеров преобразователя, других влияющих факторов или образованных из них обобщенных переменных величин.

[ГОСТ Р 55611—2013, статья 3.1.9]

3.12 **градуировочная кривая:** График функциональной зависимости параметра сигнала от параметра несплошности.

3.13 **дифференциальный вихретоковый преобразователь:** Вихретоковый преобразователь, сигнал которого определяется приращениями параметров объекта контроля.

3.14

комплексная плоскость вихретокового преобразователя (complex plane of eddy current probe): Плоскость с двумя ортогональными координатными осями, на одной из которых откладываются действительные составляющие э.д.с., напряжения или комплексного сопротивления преобразователя, а по другой — мнимы.

[ГОСТ Р 55611—2013, статья 3.1.8]

3.15 **контрольная настройка дефектоскопа:** Процесс настройки дефектоскопа с целью достижения параметрами сигнала от настроечной несплошности требуемых значений.

3.16 **локальность вихретокового контроля:** Площадь поверхности объекта контроля, в пределах которой контролируемый параметр интегрируется преобразователем и его среднее значение принимается в качестве значения параметра в зоне контроля.

3.17 **манипулятор:** Сканирующее устройство для перемещения вихретокового преобразователя относительно неподвижного объекта контроля.

3.18 **мешающий фактор:** Фактор (параметр объекта контроля или физическая характеристика внешних условий, при которых проводится контроль), получение информации о котором не является целью контроля, но оказывающий влияние на сигналы вихретокового преобразователя.

3.19

многочастотный метод вихретокового неразрушающего контроля; многочастотный метод (multifrequency method of eddy current nondestructive testing): Метод вихретокового неразрушающего контроля, основанный на анализе и (или) синтезе сигналов вихретокового преобразователя, обусловленных взаимодействием электромагнитного поля различной частоты с объектом контроля.

[ГОСТ Р 55611—2013, статья 3.2.5]

3.20

многоэлементный вихретоковый преобразователь (multiple-unit eddy current probe): Устройство, состоящее из заданного числа однотипных одноэлементных вихретоковых преобразователей, работающих на параллельные информационные каналы и размещенных на заданной площади так, чтобы обеспечить большую зону контроля при сохранении высокой локальности одного преобразователя.

[ГОСТ Р 55611—2013, статья 3.3.23]

3.21 **модуляционный метод:** Метод вихретокового неразрушающего контроля, основанный на анализе сигнала вихретокового преобразователя, модулируемого при относительном перемещении преобразователя и объекта контроля в результате пространственных изменений параметров объекта контроля и воздействия других мешающих факторов.

3.22 **накладной вихретоковый преобразователь:** Вихретоковый преобразователь, расположенный при контроле вблизи одной из поверхностей объекта контроля.

3.23 **настроечный образец:** Образец с искусственными несплошностями или без них, используемый для контрольной настройки дефектоскопа при контроле объектов определенного типа, имеющий близкие параметры (материалы, размеры, качество обработки поверхности и т. п.) к параметрам объекта контроля и предусмотренный методикой контроля.

3.24 **настроечная несплошность:** Искусственная несплошность на настроечном образце, которая используется при контрольной настройке дефектоскопа.

3.25 **основной информативный параметр:** Параметр сигнала вихретокового преобразователя, измеряя который можно получить наиболее полную (по сравнению с другими параметрами сигнала) информацию о контролируемом параметре объекта контроля.

Примечание — Для выделения сигналов, подлежащих обработке и анализу, используется основной информативный параметр.

3.26 **отношение «сигнал — шум»:** Отношение пикового значения сигнала, вызванного несплошностью, к среднему квадратическому значению амплитуды шумов, обусловленных влиянием мешающих факторов.

3.27 **отстройка при вихретоковом контроле:** Подавление влияния мешающих факторов на результаты контроля.

3.28

параметрический вихретоковый преобразователь (parametric eddy current probe): Вихретоковый преобразователь, преобразующий контролируемый параметр в активное, реактивное или комплексное сопротивление.

[ГОСТ Р 55611—2013, статья 3.3.16]

3.29 **полезный сигнал:** Сигнал, несущий информацию о контролируемых параметрах объекта контроля.

3.30 **помеха:** Влияние мешающего фактора на сигнал вихретокового преобразователя.

3.31 **порог чувствительности дефектоскопа:** Минимальные размеры несплошности заданной формы, при которых отношение «сигнал — шум» равно двум.

3.32

проходной вихретоковый преобразователь (encircling eddy current probe): Вихретоковый преобразователь, расположенный при контроле либо с внешней стороны объекта, охватывая его, либо с внутренней, когда объект контроля охватывает преобразователь.

[ГОСТ Р 55611—2013, статья 3.3.11]

3.33 **признаки несплошности:** Области значений параметров зафиксированного сигнала, при которых делается вывод о том, что сигнал вызван несплошностью.

3.34 **сигнал вихретокового преобразователя:** Сигнал (э.д.с., напряжение или сопротивление преобразователя), обусловленный взаимодействием электромагнитного поля преобразователя с объектом контроля.

3.35 **сканирование объекта контроля:** Систематическое относительное перемещение во время контроля вихретокового преобразователя и объекта контроля с одновременной регистрацией сигналов этого преобразователя.

3.36 **сканирующее устройство:** Устройство для относительного перемещения вихретокового преобразователя и объекта контроля во время сканирования объекта контроля.

3.37 **станок:** Сканирующее устройство для перемещения объекта контроля относительно неподвижного вихретокового преобразователя.

3.38

ток возбуждения вихретокового преобразователя; Ндп. *Ток питания* (exciting current of eddy current probe): Ток обмотки возбуждения вихретокового преобразователя.

[ГОСТ Р 55611—2013, статья 3.1.15]

3.39

трансформаторный вихретоковый преобразователь: Вихретоковый преобразователь, содержащий не менее двух индуктивно связанных обмоток (возбуждающую и измерительную) и преобразующий контролируемый параметр в э. д. с. измерительной обмотки.

[ГОСТ Р 55611—2013, статья 3.3.17]

3.40 **условия фиксации:** Области значений параметров сигнала, при которых сигнал регистрируется для дальнейшей обработки и анализа.

3.41 **условия браковки:** Области значений параметров сигнала от несплошности, при которых эта несплошность признается недопустимой, т. е. дефектом.

3.42 **шум:** Беспорядочная последовательность помех.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие обозначения и сокращения:

АЦП — аналого-цифровой преобразователь;
АС — атомная станция;
АЭУ — атомная энергетическая установка;
ВВЭР — водо-водяной энергетический реактор,
ВТ — вихретоковый;
ВТК — вихретоковый контроль;
ВТП — вихретоковый преобразователь;
НО — настроечный образец;
ОИП — основной информативный параметр;
ОК — объект контроля;
ПГ — парогенератор;
ПК ПГ — перемычки коллектора первого контура парогенератора;
РС — резьбовые соединения;
РУ — реакторная установка;
ТОТ — теплообменная труба.

5 Общие положения

5.1 ВТК основан на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в ОК этим полем. Для возбуждения в ОК вихревых токов и преобразования результирующего электромагнитного поля в электрический сигнал используется ВТП.

Сигнал ВТП зависит от плотности и распределения вихревых токов в ОК. Измеряя параметры сигнала ВТП, можно получить информацию о геометрических и электромагнитных параметрах ОК, о наличии несплошностей в ОК.

5.2 ВТК используют для выявления в ОК поверхностных и подповерхностных несплошностей материала и определения их типа, местоположения, пространственной ориентации и размеров. Кроме того, ВТК позволяет получать информацию о геометрических параметрах ОК, взаимном расположении элементов оборудования, наличии отложений на поверхности ОК, изменениях магнитной проницаемости материала и других параметрах ОК.

5.3 Преимущества ВТК:

- бесконтактность (отсутствие прямого контакта и контактной среды между ВТП и ОК);
- высокая производительность;
- широкие возможности для автоматизации контроля;
- независимость результатов контроля от параметров окружающей среды (влажности, давления, загрязненности газовой среды, радиоактивного излучения, загрязнения поверхности ОК неэлектропроводящими и немагнитными веществами);
- высокая надежность ВТП.

5.4 Недостатки ВТК:

- невозможность использования для контроля неэлектропроводящих материалов;
- малая глубина зоны контроля;
- наличие при ВТК большого количества мешающих факторов (изменения геометрических и электромагнитных параметров ОК, наличие соседних элементов конструкции, изменения зазора между ВТП и поверхностью ОК, наличие электропроводящих и/или магнитных отложений на поверхности ОК).

6 Требования к контролю

6.1 Методы контроля

6.1.1 При проведении ВТК элементов оборудования и трубопроводов АЭУ, как правило, применяют следующие методы:

- амплитудно-фазовый;
- многочастотный;
- модуляционный.

Применение при ВТК этих методов позволяет уменьшить влияние мешающих факторов на результаты контроля.

6.1.2 Амплитудно-фазовый метод используется при контроле на одной частоте и основывается на измерении на комплексной плоскости проекции сигнала ВТП на направление нормали к помехе.

Амплитудно-фазовый метод позволяет отстроиться, как правило, от одного мешающего фактора.

Эффективность амплитудно-фазового метода тем выше, чем точнее выполняются следующие условия:

- помеха на комплексной плоскости ориентирована вдоль одной прямой;
- угол между этой прямой и полезным сигналом составляет 90°.

При использовании амплитудно-фазового метода фазовую настройку прибора выполняют таким образом, чтобы помеха на комплексной плоскости была ориентирована горизонтально (вдоль оси X). При этом в качестве ОИП следует применять мнимую составляющую *Y* сигнала ВТП.

6.1.3 Многочастотный метод необходимо использовать в том случае, если информации, получаемой при контроле на одной частоте, для отстройки от мешающих факторов недостаточно.

Многочастотный метод основан на анализе сигналов ВТП, получаемых при контроле на двух частотах или более. Увеличение отношения «сигнал — шум» возможно за счет параметрического комбинирования этих сигналов.

Многочастотный метод позволяет одновременно отстроиться от нескольких мешающих факторов.

6.1.4 Модуляционный метод основан на спектральном анализе огибающей высокочастотного сигнала ВТП, модулируемого при относительном перемещении ВТП и ОК в результате пространственных изменений параметров ОК и воздействия других мешающих факторов.

Модуляционный метод эффективен в том случае, если существуют различия в спектрах полезного сигнала и помехи.

Модуляционный метод реализуется с помощью аппаратной и/или программной фильтрации детектированного сигнала.

6.2 Требования к средствам контроля

6.2.1 При обследовании элементов оборудования АЭУ следует использовать ВТ комплексы, основными элементами которых являются:

- дефектоскоп;
- ВТП;
- сканирующее устройство (при автоматизированном контроле);
- НО.

Примечания

1 Обработка и анализ полученных ВТ данных могут быть выполнены с помощью не только дефектоскопа, но и компьютера, на котором установлено программное обеспечение для анализа ВТ данных, прилагаемое к дефектоскопу.

2 При работе в условиях повышенной зашумленности, а также при значительном удалении рабочего места оператора от зоны контроля в состав системы контроля необходимо включить дистанционное переговорное устройство.

6.2.2 Дефектоскоп должен представлять собой аппаратно-программный комплекс, который выполняет следующие основные функции:

- создание тока возбуждения ВТП;
- прием, обработка и аналого-цифровое преобразование сигналов ВТП;
- обработка, отображение, анализ, сохранение и передача цифровых ВТ данных.

Примечание — Дефектоскоп конструктивно может быть выполнен в различных вариантах, например в виде электронного блока:

- управляемого компьютером;
- со встроенными монитором и органами управления;
- на базе промышленного компьютера.

6.2.2.1 Дефектоскоп должен работать с ВТП различных типов (проходными и накладными, трансформаторными и параметрическими, абсолютными и дифференциальными, статическими и вращающимися).

6.2.2.2 Дефектоскоп должен иметь как минимум два входных канала (для одновременной работы с дифференциальным и абсолютным ВТП).

6.2.2.3 Дефектоскоп должен быть многочастотным и обеспечивать одновременное получение сигналов не менее чем на трех частотах.

Примечание — Если по методике контроля не требуется применения нескольких частот, то допускается использование одночастотного дефектоскопа.

6.2.2.4 Частотный диапазон дефектоскопа должен обеспечивать возможность работы на частотах от 1 до 1000 кГц.

6.2.2.5 Разрядность АЦП дефектоскопа должна быть не менее 14 бит.

6.2.2.6 Частота дискретизации АЦП дефектоскопа должна обеспечивать интервал между многопараметровыми отсчетами вдоль линии сканирования не более 0,5 мм при максимальной скорости сканирования.

Требуемую частоту дискретизации F, Гц, можно вычислить по формуле

$$F = NV/d, \quad (1)$$

где N — количество используемых выходных каналов дефектоскопа;

V — максимальная скорость сканирования, мм/с;

d = 0,5 мм — интервал дискретизации.

При этом

$$N = 2(A+D), \quad (2)$$

где A — количество частот, используемых при работе с абсолютным ВТП;

D — количество частот, используемых при работе с дифференциальным ВТП.

6.2.2.7 Погрешности дефектоскопа при измерении сигналов ВТП не должны превышать: по амплитуде — 10 %, по фазе — 5°.

6.2.2.8 Программное обеспечение дефектоскопа должно обеспечивать:

- управление параметрами режима работы аппаратной части дефектоскопа;
- автоматическую компенсацию начального напряжения ВТП;

- автоматическую настройку по параметрам сигналов от несплошностей на НО;
- сбор ВТ данных и их отображение в реальном времени;
- цифровую обработку, в частности цифровую фильтрацию ВТ данных;
- комбинирование сигналов, полученных на разных частотах;
- возможность детального анализа сигналов с использованием разверток различных типов;
- автоматическое измерение параметров сигналов;
- обмен командами с системой управления сканирующим устройством (при необходимости);
- вывод на печать результатов контроля;
- сохранение полной информации о контроле [общая информация, параметры режима контроля, полученные ВТ данные, реестр несплошностей (7.3.9.1)].

6.2.2.9 При необходимости при работе с дефектоскопом должна быть обеспечена возможность его функционирования в дистанционном режиме.

Для этого требуется выполнение двух условий:

- дефектоскоп должен иметь возможность работы с длинным (не менее 10 м) кабелем от ВТП до дефектоскопа;
- дефектоскоп должен иметь возможность работать с управляющим компьютером при длине линии связи не менее 100 м.

Примечание — Требования, указанные в 6.2.2, относятся к универсальным дефектоскопам. Для контроля отдельных объектов могут быть использованы специализированные дефектоскопы с ограниченными возможностями (в зависимости от требований методики контроля).

6.2.3 Следует использовать ВТП, удовлетворяющие следующим требованиям:

6.2.3.1 Конструкция ВТП должна обеспечивать возможность его доступа ко всем участкам ОК, подлежащим контролю.

6.2.3.2 При возможном наличии воды в зоне контроля конструкция ВТП должна обеспечить его работоспособность в данных условиях.

6.2.3.3 ВТП не должен оказывать механических, химических или других негативных воздействий на ОК.

6.2.3.4 ВТП должен иметь маркировку с условным обозначением и идентификационным номером.

6.2.3.5 К каждому ВТП должен прилагаться паспорт, который должен содержать следующие данные:

- наименование, условное обозначение и идентификационный номер;
- назначение;
- технические характеристики (тип, частотный диапазон, основные размеры);
- тип электрического соединителя;
- дата выпуска;
- указания по упаковке, транспортированию и хранению;
- наименование предприятия-изготовителя;
- гарантийные обязательства;
- свидетельство о приемке;
- подписи лиц, ответственных на предприятии-изготовителе за соответствие выпускаемого изделия технической документации на него;
- печать предприятия-изготовителя.

6.2.4 Основным типом сканирующего устройства, используемого при автоматизированном ВТК элементов оборудования АЭУ, является манипулятор. Это устройство обеспечивает доставку ВТП к ОК, а также перемещение ВТП относительно ОК во время контроля.

Другим типом сканирующего устройства является станок, который предназначен для перемещения ОК относительно неподвижного ВТП.

Необходимо использовать сканирующие устройства, удовлетворяющие следующим требованиям.

6.2.4.1 Сканирующее устройство должно обеспечить необходимую точность позиционирования ВТП относительно ОК перед началом сканирования.

6.2.4.2 Конструкция сканирующего устройства должна полностью исключить возможность механических повреждений ОК как при монтаже/демонтаже, так и при проведении контроля.

6.2.4.3 В сканирующем устройстве должна быть предусмотрена возможность регулировки скорости перемещения ВТП относительно ОК.

6.2.4.4 Сканирующее устройство должно обеспечивать возможность оценки местоположения ВТП относительно ОК.

6.2.4.5 Между системой управления сканирующим устройством и дефектоскопом при необходимости должен быть организован обмен информацией.

6.2.4.6 Конструкция сканирующего устройства должна обеспечить возможность дезактивации элементов, которые подверглись радиационному загрязнению.

Примечание — При контроле на заводе-изготовителе (вне радиационного загрязнения) возможно использование сканирующих устройств, конструкции которых не предполагают дезактивации.

6.2.4.7 При наличии технической возможности на сканирующее устройство следует устанавливать НО для того, чтобы последовательно со сканированием каждого контролируемого элемента происходило и сканирование НО. В этом случае в каждой записи, полученной при сборе данных, будут присутствовать сигналы от настроечных несплошностей на НО, необходимые для проведения контрольной настройки дефектоскопа.

6.2.5 НО, используемые при контрольной настройке дефектоскопа, должны удовлетворять следующим требованиям:

6.2.5.1 НО должны быть изготовлены из того же материала, что и ОК.

Допускается изготавливать НО из другого материала при условии, что правомерность такой замены подтверждена заключениями экспертных организаций, участвующих в процедуре оценки соответствия данной системы контроля.

6.2.5.2 Геометрические параметры НО (размеры, их допустимые отклонения, качество поверхности) должны соответствовать требованиям, изложенным в конструкторской документации на ОК.

6.2.5.3 Перед нанесением на НО искусственных несплошностей необходимо провести ВТК заготовки, а затем убедиться в том, что уровень шума, связанный с наличием реальных несплошностей, геометрических и электромагнитных аномалий материала, а также с состоянием поверхности (шероховатостью) заготовки, менее того уровня, который определен условиями фиксации несплошностей. В противном случае заготовку бракуют.

6.2.5.4 Расположение искусственных несплошностей на НО должно быть таким, чтобы на сигналы от несплошностей не влияло наличие соседних несплошностей и краев (концов) НО.

6.2.5.5 Нанесение искусственных несплошностей на НО может быть выполнено с помощью механической или электроэрозионной обработки.

Несплошности, имитирующие трещины, следует изготавливать с использованием электроэрозионной обработки.

Примечание — Способ электроэрозионной обработки дает возможность получить искусственные несплошности малой ширины (0,1...0,3 мм). Другим преимуществом этого способа является то, что он позволяет исключить появление на обрабатываемой поверхности наклепа, который может привести к нежелательным изменениям электромагнитных параметров ОК.

6.2.5.6 На НО должна быть нанесена маркировка с указанием условного обозначения и идентификационного номера.

6.2.5.7 каждому НО должен прилагаться паспорт, который должен содержать следующие данные:

- наименование, условное обозначение и идентификационный номер;
- назначение;
- материал;
- чертеж или эскиз образца;
- размеры образца;
- размеры искусственных несплошностей (по чертежу и фактические);
- дата выпуска;
- указания по упаковке, транспортированию и хранению;
- наименование предприятия-изготовителя;
- информация об аттестации образца;
- подписи лиц, ответственных на предприятии-изготовителе за соответствие выпускаемого изделия технической документации;
- печать предприятия-изготовителя.

6.3 Требования к персоналу, выполняющему контроль

6.3.1 ВТК должен выполнять персонал, квалификация которого подтверждена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50.05.11.

6.3.2 Сбор ВТ данных должны выполнять специалисты, имеющие уровень квалификации без права выдачи заключения по результатам контроля или выше.

6.3.3 Обработку, анализ ВТ данных и оценку качества по результатам ВТК должны выполнять специалисты, имеющие уровень квалификации с правом выдачи заключения по результатам контроля или выше.

6.3.4 Разработку технологических карт по ВТК должны выполнять специалисты, имеющие уровень квалификации с правом выдачи заключения по результатам контроля или выше.

6.3.5 Для специалистов, выполняющих подготовку к работе, ремонт и техническое обслуживание средств контроля, подтверждения квалификации по ВТК не требуется.

7 Проведение контроля

7.1 Подготовка к проведению контроля

7.1.1 Подготовка объекта контроля

7.1.1.1 При контроле оборудования, находящегося в эксплуатации, ВТК следует проводить после прекращения работы данного оборудования, сброса давления, освобождения от заполняющей его рабочей среды и отключения от другого оборудования.

7.1.1.2 При подготовке ОК должно быть выполнено следующее:

- при повышенной температуре ОК его необходимо охладить до температуры не выше плюс 40 °С;
- осуществить демонтаж оборудования в объеме, обеспечивающем доступ к контролируемым элементам ОК;
- при необходимости следует дезактивировать ОК до уровня, обеспечивающего выполнение требований радиационной безопасности;
- удалить с поверхности ОК вещества, мешающие проведению ВТК, согласно требованиям соответствующих методик контроля;
- при необходимости просушить поверхность ОК.

7.1.2 Подготовка рабочего места оператора ВТ комплекса

7.1.2.1 Рабочее место оператора должно быть организовано таким образом, чтобы оно обеспечивало безопасные и комфортные условия для оператора во время проведения контроля.

7.1.2.2 На рабочем месте оператора должна быть размещена следующая документация (на бумажном или электронном носителе):

- программа контроля;
- методика контроля и, при необходимости (см. примечание), технологическая карта контроля;
- руководства по эксплуатации средств контроля, в том числе инструкции по работе с программным обеспечением.

Примечание — Технологическая карта необходима для того, чтобы уточнить положения методики контроля применительно к конкретному типоразмеру и материалу ОК. Технологическую карту допускается не разрабатывать, если методика разработана для контроля только одного конкретного объекта.

Требования к технологической карте по ВТК изложены в приложении Г.

7.1.3 Подготовка ВТ комплекса

Подготовку ВТ комплекса осуществляют в соответствии с методикой контроля и руководствами по эксплуатации оборудования, входящего в этот комплекс. Эта подготовка в общем случае включает в себя следующие действия:

- размещение оборудования;
- установка сканирующего устройства;
- установка ВТП на сканирующее устройство;
- соединение составных частей ВТ комплекса;
- подача электропитания;
- подача давления в пневмосистему сканирующего устройства (при необходимости);
- проверка работоспособности сканирующего устройства и переговорного устройства;
- установка параметров режима работы дефектоскопа;
- ввод информации о контроле (7.2.1.7);
- проверка правильности установки даты и времени.

7.1.4 Подготовка рабочего места для обработки и анализа ВТ данных

В безопасной зоне необходимо организовать рабочее место с компьютером, на который установлено программное обеспечение для обработки и анализа ВТ данных.

На этом рабочем месте следует разместить документацию, указанную в 7.1.2.2, а также результаты контроля данных объектов, полученные ранее (на бумажном или электронном носителе).

7.1.5 Контрольная настройка дефектоскопа

7.1.5.1 Перед началом сбора данных необходимо выполнить контрольную настройку дефектоскопа для достижения согласования между параметрами несплошностей и параметрами сигналов на выходе дефектоскопа.

Контрольная настройка проводится с использованием НО с настроечными несплошностями и заключается в настройке параметров режима работы дефектоскопа до достижения параметрами выходных сигналов от настроечных несплошностей значений, требуемых по методике контроля.

Примечание — Для контрольной настройки дефектоскопа размеры настроечных несплошностей рекомендуется выбирать такими, чтобы сигналы от них не менее чем в два раза превышали уровень шума на НО.

7.1.5.2 Данные, полученные при сканировании НО во время контрольной настройки, необходимо сохранить в виде отдельного файла в специально созданном каталоге контрольной настройки.

Во время сбора данных в этом каталоге должны быть сохранены файлы данных до следующей контрольной настройки дефектоскопа, а также данные, полученные во время проверки правильности настройки дефектоскопа после завершения контроля данной группы элементов.

Допускается не создавать отдельного файла для записи сигналов с НО, если эти сигналы будут присутствовать в каждой записи, полученной при сборе данных с ОК (см. 6.2.4.7).

7.2 Проведение контроля

7.2.1 Сбор данных

7.2.1.1 Сбор данных должен быть проведен согласно требованиям методики контроля.

7.2.1.2 Сканирование ОК должно быть выполнено с помощью автоматизированного сканирующего устройства либо вручную.

Примечание — Использование автоматизированных сканирующих устройств является предпочтительным.

7.2.1.3 Скорость сканирования должна быть выбрана из диапазона, указанного в методике контроля, с учетом технических возможностей средств контроля, состояния ОК (наличие отложений, деформаций и др.), а также условий проведения контроля.

Выбор скорости сканирования должен быть произведен с учетом требований 6.2.2.6 к частоте дискретизации АЦП используемого дефектоскопа.

7.2.1.4 В наименование файла данных, сохраняемого при контроле отдельного элемента оборудования, необходимо включать номер (координаты) этого элемента, номер записи и номер версии файла. При этом НО следует рассматривать как контролируемый элемент с нулевым номером.

7.2.1.5 В файлах, записанных при контроле, кроме основных ВТ данных необходимо сохранять следующую информацию:

- наименование предприятия (подразделения), выполнившего контроль;
- общую информацию о контролируемом оборудовании (наименование АЭС, номер энергоблока, наименование и обозначение оборудования) и наименование контролируемых элементов оборудования;
- обозначения и номера дефектоскопа, сканирующего устройства, ВТП, НО,
- наименование и обозначение методики контроля;
- скорость сканирования;
- параметры режима работы дефектоскопа;
- номер (координаты) контролируемого элемента;
- дату и время сбора данных;
- градуировочные кривые (если используются);
- данные о контролерах, выполнивших сбор данных (фамилии, имена и отчества, номера и сроки действия квалификационных удостоверений).

7.2.1.6 Во время сбора данные отображаются на экране дефектоскопа в режиме реального времени. Необходимо следить за тем, чтобы сбор данных происходил без сбоев. Критерием этого является наличие на каждой записи характерных сигналов, вызванных, например, конструктивными особенностями ОК.

В случае отсутствия этих сигналов, а также при возникновении другой нештатной ситуации, связанной с работой системы контроля, следует выявить и устранить причину сбоя в работе, а затем заново осуществить контрольную настройку.

После этого необходимо повторить сбор данных, проведенный с момента последней контрольной настройки.

7.2.1.7 При отсутствии аварийных сбоев в работе ВТ комплекса следует периодически проверять, насколько значения параметров сигналов от настроечных несплошностей отличаются от тех значений, которые используются при контрольной настройке (см. 7.2.1.4).

Такую проверку необходимо проводить в следующих случаях:

- в начале каждой новой смены;
- не реже, чем через интервал времени, указанный в методике контроля;
- если количество проконтролированных элементов превысило значение, установленное в методике контроля;
- при остановке в работе более чем на 1 ч;
- при изменении аппаратных настроек дефектоскопа;
- при замене любого из компонентов системы контроля (ВТП, кабель, НО и др.);
- по требованиям контролеров;
- после контроля последнего элемента.

Если отклонения значений параметров сигналов от настроечных несплошностей от требуемых значений превышают допустимые (указываются в методике контроля), то необходимо заново выполнить контрольную настройку и повторить сбор данных с момента последней контрольной настройки.

7.2.2 Предварительный анализ и повторный сбор данных

До окончания работ по сбору данных следует проводить их предварительный анализ.

7.2.2.1 Предварительный анализ позволяет своевременно заменять записи низкого качества (см. 7.3.2) на более качественные за счет повторного сбора данных.

7.2.2.2 В случае обнаружения при предварительном анализе сигналов, удовлетворяющих условиям фиксации (см. 7.3.3), необходимо сделать повторную запись ВТ данных на тех элементах, при сканировании которых выявлены эти сигналы.

7.3 Анализ результатов контроля

7.3.1 Необходимо соблюдать следующую последовательность действий при анализе собранных ВТ данных:

- проверка качества записи данных;
- выявление сигналов, удовлетворяющих условиям фиксации;
- выделение сигналов от несплошностей;
- определение типа и размеров несплошностей;
- оценка местоположения несплошностей;
- разделение обнаруженных несплошностей на допустимые и недопустимые;
- выработка заключения по оценке качества;
- сохранение результатов анализа в электронном виде;
- печать протоколов результатов контроля.

7.3.2 Качество записи данных следует считать неудовлетворительным в следующих случаях:

- плотность данных (частота дискретизации) ниже требуемой по методике контроля;
- помехи, связанные с воздействием внешних электромагнитных полей или со сбоями в работе ВТ оборудования, превышают допустимый уровень;
- неполная запись;
- отсутствие характерных сигналов, вызванных, например, конструктивными особенностями ОК.

При обнаружении записей с неудовлетворительным качеством следует повторно проконтролировать соответствующие элементы оборудования.

7.3.3 Выявление из общего объема данных тех сигналов, которые могут быть обусловлены несплошностями и подлежат дальнейшей обработке и анализу, необходимо проводить по значениям ОИП сигналов.

При одночастотном ВТК в качестве такого параметра следует применять мнимую составляющую Y сигнала. При многочастотном контроле могут быть также использованы амплитуда и фаза сигнала основной частоты, комбинаций частот и другие варианты.

В методике контроля должны быть указаны те параметры сигнала, которые использованы в качестве ОИП, а также условия фиксации, то есть области значений ОИП, при которых сигнал регистрируется для дальнейшей обработки и анализа.

7.3.4 Сигналы, удовлетворяющие условиям фиксации, могут быть вызваны не только несплошностями, но и различными мешающими факторами.

Для правильной интерпретации сигналов и выделения сигналов от несплошностей следует использовать всю доступную информацию, полученную, в частности, при применении различных частот и режимов работы ВТП, а также результаты предыдущих обследований данных элементов.

Признаки несплошности, которые являются критериями выделения сигналов от несплошностей, должны быть указаны в методике контроля.

7.3.5 При оценке глубины несплошностей следует использовать градуировочные кривые, которые отражают зависимости параметров сигнала от глубины несплошности.

7.3.6 Оценку длины несплошностей необходимо проводить по протяженности сигнала на временной развертке.

7.3.7 Для разделения обнаруженных несплошностей на допустимые и недопустимые, т. е. дефекты, следует использовать условия браковки, которые должны соответствовать нормам допустимых несплошностей, указанным в [1], [2].

7.3.8 Оценка местоположения несплошностей может быть выполнена либо на основе данных, передаваемых в дефектоскоп от сканирующего устройства, либо с использованием ВТ сигналов от конструктивных элементов контролируемого оборудования в качестве реперных точек.

7.3.9 По результатам обработки и анализа данных для каждого элемента, при контроле которого зафиксированы сигналы по 7.3.3, должно быть выполнено следующее:

7.3.9.1 Сформирован реестр несплошностей, в котором указаны значения параметров зафиксированных сигналов и местоположение источников этих сигналов.

Если сигнал вызван несплошностью, то необходимо указать тип, размеры, вывод о допустимости этой несплошности.

7.3.9.2 Внесены в итоговый файл данных реестр несплошностей, дата и время проведения анализа данных, заключение по оценке качества, а также информация о контролере, выполнившем обработку и анализ данных.

7.3.9.3 На основе итогового файла данных подготовлен и распечатан протокол результатов контроля данного элемента.

В протокол следует включить, в частности, дефектограмму, реестр дефектов и заключение по оценке качества.

Протоколы подписывает контролер, выполнивший обработку и анализ ВТ данных.

7.3.10 В сложных (с точки зрения интерпретации сигналов) случаях анализ ВТ данных следует проводить независимо двумя специалистами с окончательным принятием решения руководителем.

7.3.11 При анализе данных возможно использование специальных программных средств, предназначенных для автоматической обработки ВТ данных.

7.3.12 Первичные (полученные при сборе данных) файлы данных, а также итоговые (с результатами анализа) файлы данных должны быть записаны на отдельном цифровом носителе и храниться на АС в течение всего срока эксплуатации энергоблока.

8 Учетная и отчетная документация

8.1 Требования к учетной документации

8.1.1 Учетная документация должна соответствовать требованиям [1], [2].

8.1.2 Результаты контроля фиксируют в журналах результатов контроля.

8.1.3 Журнал результатов контроля должен иметь сквозную нумерацию страниц, быть сброшюрован и скреплен подписью руководителя службы неразрушающего контроля.

8.1.4 Исправления и изменения в журнале результата контроля следует заверить подписью руководителя службы неразрушающего контроля с указанием даты их внесения.

8.1.5 Допускается ведение журналов результата контроля в электронном виде при условии обеспечения восстановления результатов контроля в случае утраты или порчи отчетной документации.

8.1.6 Допускается внесение дополнительных данных в журнал результатов контроля.

8.2 Требования к отчетной документации

8.2.1 Отчетная документация должна соответствовать требованиям [1], [2].

8.2.2 Отчетную документацию оформляют на основании учетной документации.

8.2.3 На основании записей в журнале результатов контроля составляют заключение (протокол).

В заключение (протокол) допускается вносить дополнительные данные.

8.3 Формы учетной и отчетной документации

Формы учетной и отчетной документации, а также правила ее утверждения, регистрации и хранения устанавливают специалисты того предприятия, на котором проводится контроль.

9 Требования к метрологическому обеспечению

Метрологическое обеспечение средств измерений и аттестованных объектов, используемых при ВТК, должно быть осуществлено в соответствии с законодательством об обеспечении единства измерений [3], а также согласно требованиям ГОСТ Р 50.05.16.

10 Требования техники безопасности и радиационной безопасности

Требования техники безопасности и радиационной безопасности при проведении ВТК определены нормативными документами, регламентирующими работы на предприятии (АС или заводе-изготовителе).

Приложение А
(обязательное)

Требования к проведению вихретокового контроля неферромагнитных теплообменных труб

А.1 Настоящие требования относятся к ВТК неферромагнитных ТОТ теплообменных аппаратов, в частности ПГ РУ типа ВВЭР.

А.2 При контроле ТОТ должны быть выявлены:

- несплошности материала — локальные коррозионные повреждения (язвы, питтинги, растрескивание), одиночные разнонаправленные трещины;
- утонение стенки ТОТ в местах установки дистанционирующих решеток;
- следы ударов (вмятины);
- геометрические аномалии развальцовки (отсутствие развальцовки, перевальцовка, недовальцовка);
- электропроводящие и/или магнитные отложения на поверхности ТОТ и в межтрубном пространстве, в том числе шламовые отложения;
- локальные изменения магнитной проницаемости материала ТОТ;
- соприкосновения соседних труб.

А.3 При контроле ТОТ при изготовлении, монтаже и эксплуатации оборудования должны быть выявлены несплошности, минимальные размеры которых приведены в таблицах А.1 и А.2.

Таблица А.1

Местоположение несплошностей	Минимальные размеры несплошностей		
Внутренние и внешние локальные несплошности (язвы в виде раковины)			
	Диаметр, мм	Глубина, % от толщины стенки ТОТ	
		при изготовлении и монтаже	при эксплуатации
На прямом участке	1,8	20	20
На прямом участке под дистанционирующей решеткой	1,8	30	30
На прямом участке под краем дистанционирующей решетки	2,0	30	30
На гибе	2,0	30	30
В зоне развальцовки	2,0	30	50
В переходной зоне развальцовки	2,0	30	60

Таблица А.2

Местоположение несплошностей	Минимальные размеры несплошностей	
Внутренние и внешние несплошности типа продольных и поперечных трещин (длина 5,0 мм; ширина 0,2 мм)		
	Глубина, % от толщины стенки ТОТ	
	при изготовлении и монтаже	при эксплуатации
На прямом участке	20	20
На прямом участке под дистанционирующей решеткой	30	30
На прямом участке под краем дистанционирующей решетки	30	50
На гибе	30	50
В зоне развальцовки	30	50
В переходной зоне развальцовки	30	60

Примечание — Допуски на размеры искусственных несплошностей при изготовлении не должны превышать ± 10%.

А.4 Определение размеров несплошностей должно быть выполнено с учетом следующих требований:

- погрешность измерения глубины несплошности должна быть не более 10 % от толщины стенки ТОТ на прямом участке и не более 20 % от толщины стенки ТОТ под дистанционирующей решеткой;
- погрешность измерения длины несплошности должна быть не более 1 мм для несплошностей длиной от 5 до 10 мм; 10 % при длине выше 10 мм.

При длине несплошности не более 5 мм погрешность не определяют.

А.5 Раздельное обнаружение и определение размеров несплошностей возможны в том случае, если расстояние между ними не менее 5 мм.

А.6 Оценка местоположения несплошности в осевом направлении должна быть выполнена с привязкой к реперным точкам (стенке коллектора, дистанционирующим решеткам и др.).

А.7 При контроле ТОТ следует использовать ВТ зонды, состоящие из ВТП и гибкой направляющей (пластиковой трубки или витой металлической пружины), предназначенной для перемещения ВТП внутри ТОТ. Кабель ВТП располагается внутри направляющей.

Основным при контроле ТОТ является внутренний проходной параметрический ВТП, который состоит из двух обмоток. Этот ВТП может одновременно применяться как дифференциальный (при использовании двух обмоток), так и абсолютный (при использовании одной обмотки).

Примечание — Дифференциальный режим работы ВТП является основным и предназначен для обнаружения и определения параметров локальных (непротяженных) несплошностей. Абсолютный режим позволяет получать информацию о протяженных несплошностях.

Для отстройки от магнитных аномалий в металле ТОТ следует использовать проходные ВТП с подмагничиванием постоянным полем.

Для уточнения типа, размеров и ориентации несплошностей, обнаруженных проходным ВТП, а также для определения их количества в одном сечении ТОТ следует использовать накладные (вращающиеся или многоэлементные) ВТП, обладающие более высокой, чем проходные ВТП, локальностью контроля.

А.8 Контроль производят при перемещении ВТ зонда внутри ТОТ.

ТОТ ПГ может быть проконтролирована с вводом ВТ зонда из одного коллектора на всю длину ТОТ или с вводом ВТ зонда из разных коллекторов («холодного» и «горячего») с перекрытием зон контроля.

Сбор ВТ данных должен быть произведен при обратном движении зонда.

А.9 Скорость сканирования должна быть выбрана с учетом технических возможностей средств контроля, формы (наличие гибов) и состояния ТОТ (наличие отложений, деформаций и др.), а также условий проведения контроля.

Рекомендуемая скорость сканирования при контроле ТОТ ПГ с помощью проходного ВТП — от 400 до 600 мм/с.

А.10 Сигналы от несплошностей на комплексной плоскости представляют собой годографы и характеризуются амплитудой, начальной фазой (далее — фаза), формой. Эти параметры зависят от типа, размеров, местоположения и ориентации несплошности, а также от частоты тока возбуждения ВТП.

Измеряя при ВТК ТОТ параметры сигнала, можно получить информацию о следующих параметрах несплошности:

- глубине и местоположении (наружная или внутренняя) по фазе сигнала;
- объеме (по амплитуде сигнала);
- длине (по началу и концу формирования сигнала).

А.11. Выбор основной частоты следует проводить с учетом того, что сигнал от неглубокой (20 % от толщины стенки) наружной несплошности был сдвинут по фазе относительно сигнала от сквозной несплошности на 50° — 120°.

При ВТК ТОТ ПГ следует использовать значения основной частоты от 100 до 200 кГц.

Примечание — При использовании основной частоты должны обнаруживаться несплошности требуемых размеров как на внутренней, так и на наружной поверхности ТОТ. С одной стороны, на высоких частотах чувствительность к несплошностям, расположенным на наружной поверхности ТОТ, снижается, поэтому, чтобы исключить пропуски неглубоких наружных несплошностей, основная частота не должна быть слишком высокой. С другой стороны, основная частота не должна быть слишком низкой, так как на низких частотах наблюдается слабая зависимость фазы сигнала от глубины несплошности и, следовательно, точное измерение этого параметра становится затруднительным.

А.12 Для установки начала отсчета фаз сигналов следует повернуть на комплексной плоскости сигнал от неглубокой внутренней несплошности (кольцевой паз на внутренней поверхности глубиной 10 % от толщины стенки) таким образом, чтобы он был ориентирован строго горизонтально, то есть вдоль оси X, относительно которой ведется отсчет фазовых углов.

При этой операции возможны и другие подходы, например использование для фазовой настройки сигналов от вмятины или от поперечных колебаний ВТП в трубе.

А.13 Для отстройки от мешающих факторов, возникающих при ВТК ТОТ, следует использовать многочастотный метод. Этот метод предполагает использование не только основной, но и вспомогательных частот.

Набор вспомогательных частот включает в себя, как минимум, низкую и высокую (по отношению к основной) частоты.

Низкая частота предназначена для отстройки от внешних по отношению к ТОТ элементов конструкции, таких как решетки, коллектор или трубная доска, а также от электропроводящих и/или магнитных отложений на наружной поверхности ТОТ. При контроле ТОТ ПГ низкую частоту выбирают из диапазона от 20 до 100 кГц.

Высокая частота предназначена для подавления влияния геометрических неоднородностей внутренней поверхности ТОТ (аномалии в области развальцовки, шероховатость поверхности и др.), а также колебаний ВТП во время его движения. При контроле ТОТ ПГ высокую частоту выбирают из диапазона от 200 до 700 кГц.

Увеличение отношения «сигнал — шум» возможно за счет комбинирования сигналов, полученных на двух частотах или более (основная плюс вспомогательная, две вспомогательные и др.).

Примечание — Многочастотный метод следует использовать при обработке как дифференциальных, так и абсолютных сигналов ВТП. При этом комбинирование сигналов дифференциальных каналов с сигналами абсолютных каналов невозможно.

А.14 Правильность интерпретации полученных при контроле данных необходимо подтверждать с использованием сигналов всех доступных частот, их комбинаций и режимов работы ВТП. Последовательность действий при этом должна быть установлена в методике контроля.

А.15 Параметры искусственных несплошностей на НО

А.15.1 При контроле с помощью проходных ВТП, в частности для контрольной настройки по фазе и/или амплитуде сигнала, а также для корректировки градуировочных кривых (фаза — глубина и амплитуда — глубина) рекомендуется использовать несплошности следующих типов:

- одно сквозное отверстие;
- несколько сквозных отверстий одинакового диаметра, расположенных равномерно в одном сечении НО;
- одиночные плоскодонные отверстия различных размеров на наружной поверхности;
- несколько плоскодонных отверстий одинаковых размеров, расположенных равномерно в одном сечении НО;
- кольцевой паз на наружной поверхности;
- кольцевой паз на внутренней поверхности.

При контроле с помощью накладных (вращающихся или многоэлементных) ВТП могут быть использованы несплошности в виде продольных и поперечных пазов различных размеров.

А.15.2 Конкретные типы и размеры искусственных несплошностей на НО должны быть указаны в методике контроля.

А.16 При интерпретации сигналов следует применять специальную систему обозначений источников сигналов, которая должна быть приведена в методике контроля.

Приложение Б
(обязательное)

Требования к проведению вихретокового контроля перемычек коллекторов парогенератора

Б.1 Настоящие требования относятся к контролю ПК ПГ РУ типа ВВЭР.

Б.2 При контроле ПК ПГ должны быть выявлены несплошности материала коллектора типа продольных трещин, выходящих на поверхность отверстий коллектора, со следующими минимальными размерами: глубина — 1,0 мм; длина — 10 мм; ширина — 0,3 мм.

Б.3 При контроле ПК ПГ должна быть проведена оценка глубины несплошности (при длине несплошности не менее 15 мм), то есть отнесение обнаруженной несплошности к одному из классов по глубине — не более 3 мм; 3 мм и более 3 мм.

Б.4 Погрешность измерения длины несплошности должна быть не более 5 мм.

Б.5 Погрешность измерения осевой координаты несплошности относительно поверхности коллектора со стороны второго контура должна быть не более 5 мм, а погрешность измерения угловой координаты — не более 10°.

Б.6 Рекомендуется использовать ВТП следующего типа: накладной, дифференциальный, вращающийся (скорость вращения не менее 4800 об/мин).

Б.7 Во время контроля ВТП должен перемещаться вдоль отверстия коллектора внутри ТОТ. При этом ВТ обмотки вращаются относительно продольной оси ВТП. Результирующая траектория сканирования — винтовая линия. Шаг винтовой линии должен быть не более 2,5 мм.

Сбор ВТ данных должен быть произведен при извлечении ВТП из отверстия коллектора. При этом скорость движения ВТП вдоль отверстия коллектора должна быть не менее 100 мм/с.

Б.8 Частоту дискретизации АЦП дефектоскопа следует выбирать не менее 26 кГц (при скорости вращения 4800 об/мин и использовании двух частот).

Б.9 В качестве основной при контроле ПК ПГ следует выбирать частоту от 12 до 16 кГц, а в качестве ОИП — мнимую составляющую Y сигнала ВТП на этой частоте. При этом контрольную настройку дефектоскопа следует проводить таким образом, чтобы сигнал от искусственной настроечной несплошности на НО был ориентирован на комплексной плоскости строго вертикально.

Б.10 Для отстройки от влияния периодического изменения зазора между ВТ катушками и металлом, которое связано с их вращением в отверстии коллектора, следует применять модуляционный метод.

Б.11 При ВТК ПК ПГ мешающие факторы связаны с такими свойствами металла и геометрией ТОТ в узле заделки, как несплошности, магнитные аномалии, граница развальцовки, эллипсность сечения и другие.

Для отстройки от мешающих факторов и правильной интерпретации сигнала следует использовать многочастотный метод. Минимальный вариант предполагает применение одной дополнительной высокой частоты (от 50 до 70 кГц).

Б.12 Оценку глубины несплошности (при длине несплошности не менее 15 мм) необходимо выполнять по амплитуде сигнала на основной частоте, а измерение длины несплошности — по протяженности сигнала на временной развертке.

Б.13 Для измерения угловой координаты несплошности следует использовать синхронизирующие импульсы, создаваемые в ВТП при вращении ВТ катушек.

Б.14 Для определения размеров искусственных несплошностей на НО следует использовать продольный паз на поверхности отверстия коллектора по всей длине образца глубиной (1 ± 0,1) мм и шириной не более 0,3 мм. Для подтверждения правильности оценки глубины несплошностей следует использовать дополнительный НО с аналогичным пазом глубиной (3 ± 0,1) мм.

Приложение В
(обязательное)

Требования к проведению вихретокового контроля резьбовых поверхностей крепежных элементов

В.1 Настоящие требования относятся к ВТК РС, то есть резьбовых поверхностей крепежных элементов (резьбовых отверстий, шпилек, гаек) фланцевых разъемов оборудования, в частности главного разъема, люков коллекторов первого контура, люков второго контура и люков-лазов ПГ, а также главных циркуляционных насосов.

В.2 При контроле РС должны быть выявлены несплошности типа продольных и поперечных (относительно оси ОК) трещин, выходящих на поверхность резьбы (в произвольной точке профиля резьбы) и имеющих различную ориентацию относительно оси ОК.

Минимальные размеры несплошностей, которые должны быть выявлены, указаны в [1], [2].

В.3 При контроле РС должно быть определено местоположение обнаруженных несплошностей, что необходимо для последующего применения визуального и измерительного и/или капиллярного контроля.

В.4 Рекомендуется использовать накладной, дифференциальный ВТП.

При необходимости дополнительно может быть использован абсолютный ВТП.

Следует применять профильные ВТП, у которых рабочая поверхность по форме согласована с профилем резьбы. Это позволяет приблизить ВТП к месту наиболее вероятного расположения несплошностей, то есть к впадине резьбы.

Допускается использование ВТП, у которых рабочая поверхность расположена на уровне вершин профиля резьбы.

В.5 Во время контроля взаимное перемещение ВТП и ОК осуществляется вдоль линии резьбы, при этом вершина ВТП (середина рабочей поверхности) должна находиться над впадиной резьбы.

Контроль выполняют при прямом и/или обратном движении.

Рекомендуемая скорость движения ВТП вдоль линии резьбы — от 100 до 250 мм/с.

В.6 Контроль допускается проводить на одной частоте, которую следует выбирать из диапазона от 20 до 160 кГц в зависимости от конструкции и параметров используемого ВТП.

При наличии технических возможностей для повышения достоверности результатов рекомендуется использовать две частоты, отличающиеся друг от друга в два — четыре раза.

В.7 Для отстройки от локальных изменений электромагнитных параметров ОК и изменений зазора между ВТП и поверхностью металла, а также от других мешающих факторов, следует применять амплитудно-фазовый метод и в качестве ОИП использовать мнимую составляющую сигнала *Y* ВТП.

Если помеха не имеет ярко выраженной ориентации на комплексной плоскости и амплитудно-фазовый метод становится неэффективным, то фазовую настройку следует выполнять не с целью минимизации помехи, а с целью получения максимального значения сигнала от несплошности. Для этого необходимо, чтобы сигнал от искусственной настроечной несплошности на НО был ориентирован на комплексной плоскости строго вертикально.

В.8 Для определения размеров искусственных несплошностей на НО рекомендуется наносить два паза, расположенных во впадине резьбы, ориентированных вдоль линии резьбы и имеющие следующие размеры:

- глубина — (1 ± 0,1) и (2 ± 0,1) мм;
- длина — от 5 до 20 мм;
- ширина — не более 0,5 мм.

Приложение Г
(обязательное)

Требования к технологической карте по вихретоковому контролю

Г.1 В технологической карте в краткой форме излагают конкретную информацию, необходимую для выполнения контроля конкретного ОК.

Г.2 В технологическую карту необходимо включать следующее:

- наименование предприятия — разработчика технологической карты;
- номер и дату составления технологической карты;
- данные, позволяющие однозначно идентифицировать контролируемые элементы, а именно: наименование и обозначение оборудования, наименование и типоразмер контролируемых элементов, номер чертежа, схема расположения оборудования и контролируемых элементов;
- наименование материала контролируемого элемента;
- эскиз контролируемого элемента с указанием основных размеров;
- контролируемые участки (зоны);
- объем контроля;
- сокращенное наименование и обозначение методики контроля;
- описание способа сканирования;
- обозначения используемых средств контроля (дефектоскопа, программного обеспечения, ВТП, сканирующего устройства, НО);
- значения параметров режима работы дефектоскопа и скорости сканирования;
- значения параметров сигнала от настроечной несплошности, необходимые для контрольной настройки дефектоскопа;
- условия фиксации (7.3.3);
- параметры несплошностей, подлежащие определению;
- условия браковки (7.3.7) и нормы оценки качества;
- фамилия, инициалы, подпись, сведения о сертификате (квалификационном удостоверении) специалиста, разработавшего карту;
- фамилия, инициалы, подпись лица, утвердившего карту.

В технологическую карту могут быть включены другие дополнительные сведения, касающиеся проведения ВТК на конкретном предприятии.

Библиография

[1] Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии, устанавливающие правила контроля основного металла, сварных соединений и наплавленных поверхностей при изготовлении и монтаже оборудования, трубопроводов и других элементов АЭУ

[2] Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии, устанавливающие правила контроля основного металла, сварных соединений и наплавленных поверхностей при эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов АЭУ

[3] Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»

УДК 621.039:006.354 ОКС 27.120.99

Ключевые слова: вихретоковый контроль, вихретоковый дефектоскоп, атомная станция

БЗ 12—2018/52

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 22.12.2018. Подписано в печать 09.01.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,23.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31. к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru