

СБОРНИК ТРУДОВ

9-й международной научно-технической конференции
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС С ВВЭР

19-22 мая 2015 года, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», Подольск, Россия



Петушков С.М.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС С ВВЭР

Проведя анализ действующих типовых программ эксплуатационного контроля оборудования АЭС с ВВЭР можно утверждать, что вихретоковый контроль (ВТК) является одним из основных видов неразрушающего контроля на АЭС с ВВЭР.

Совершенствуется нормативно-методическая база ВТК, о чем свидетельствует утверждение Ростехнадзором руководства по безопасности при использовании атомной энергии «Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Вихретоковый контроль» (РБ-088-14).

В этом документе указано, что для ВТК на АЭС следует применять универсальные компьютерные вихретоковые дефектоскопы. При оснащении универсального дефектоскопа специализированными сканирующими устройствами, могут быть созданы автоматизированные вихретоковые системы контроля различного назначения.

Универсальный вихретоковый дефектоскоп КОМВИС ЛМ разработан специально для эксплуатационного контроля в атомной энергетике. Дефектоскопами КОМВИС ЛМ оснащены все российские АЭС с ВВЭР-1000.

В настоящее время дефектоскоп КОМВИС ЛМ используется для контроля перемычек коллекторов парогенераторов, труб теплообменных аппаратов, лопаток турбин.

Последние разработки специализированных сканирующих устройств и вихретоковых преобразователей, выполненные компанией КОМВИС, существенно расширяют область применения дефектоскопа КОМВИС ЛМ. 1. Манипулятор СКР-140/170. Предназначен для ВТК резьбовых отверстий на фланцах корпусов реакторов ВВЭР-1000 и ВВЭР – 440. 2. Сканирующее устройство СКР-64Н. Предназначено для ВТК резьбовой и гладкой поверхностей шпилек (до М64). 3. Вращающийся вихретоковый преобразователь ПНВ-4. Предназначен для ВТК сварных швов приварки теплообменных труб к коллектору парогенератора.

Программные средства КОМВИС ЛМ обеспечивают полное взаимодействие дефектоскопа со сканирующими устройствами.

[Полная версия \(русский\)](#)

Пленарное заседание

Секция 1: Разработка и верификация расчетных кодов для обоснования безопасности

Секция 2: Вопросы обоснования проектно-технических решений и экспериментальной поддержки при проектировании и вводе в эксплуатацию АЭС

Секция 3: Топливо и его использование, физика активной зоны

Секция 4: Проблемы эксплуатации, контроль и управление, диагностика, модернизация и продление ресурса действующих АЭС

Секция 5: Материаловедение, прочность и водно-химический режим

Секция 6: Инновационные реакторные установки

Авторы

Организации

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС С ВВЭР

С.М. Петушков
ООО НТФ «КОМВИС», Москва, Россия

Проведя анализ действующих Типовых программ эксплуатационного и предэксплуатационного контроля оборудования АЭС с ВВЭР можно утверждать, что вихретоковый контроль (ВТК) является одним из наиболее распространенных видов неразрушающего контроля на АЭС с ВВЭР.

Основными объектами ВТК на АЭС с ВВЭР являются теплообменные трубы (ТОТ) парогенераторов (ПГ), перемычки коллекторов первого контура, резьбовые части крепежных элементов корпусного оборудования (шпилек, гаек, резьбовых отверстий).

Совершенствуется нормативно-методическая база ВТК, о чем свидетельствует утверждение Ростехнадзором и опубликование руководства по безопасности при использовании атомной энергии «Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Вихретоковый контроль» (РБ-088-14) [1].

В этом документе указано, что для ВТК на АЭС следует применять универсальные компьютерные вихретоковые дефектоскопы. При оснащении универсального дефектоскопа специализированными сканирующими устройствами, могут быть созданы автоматизированные вихретоковые системы контроля различного назначения.

Универсальный вихретоковый дефектоскоп КОМВИС ЛМ разработан специально для эксплуатационного контроля в атомной энергетике [2].

Дефектоскоп КОМВИС ЛМ выполнен на базе мобильного промышленного компьютера (рис.1), который имеет прочный алюминиевый корпус и встроенные периферийные устройства (монитор, клавиатура, TouchPad).



Рис. 1. Вихретоковый дефектоскоп КОМВИС ЛМ

Основные технические характеристики дефектоскопа КОМВИС ЛМ:

- количество входных каналов: 2;
- количество выходных каналов: 8;
- частотный диапазон: от 1 до 1000 кГц;

- разрядность АЦП: 14 бит;
- частота дискретизации: до 400 кГц;
- габаритные размеры: 357x418x177 мм;
- масса: 9,5 кг.

Количество выходных каналов достаточно, чтобы проводить контроль одновременно на 4-х независимо выбранных частотах. При этом используется параллельное возбуждение частот. На рис. 2 показана развертка «комплексная плоскость», на которой отображены сигналы, полученные при контроле ТОТ ПГ с помощью внутреннего проходного дифференциального вихретокового преобразователя на 4-х частотах (30, 70, 140, 210 кГц). Источник сигналов: искусственная несплошность на наружной поверхности глубиной 20% от толщины стенки ТОТ.

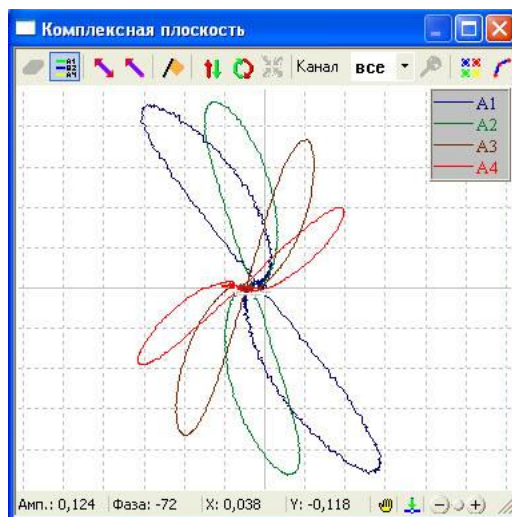


Рис. 2. Сигналы при контроле ТОТ ПГ на 4-х частотах

Дефектоскоп КОМВИС ЛМ может работать практически с любыми типами вихретоковых преобразователей. Примеры преобразователей, которые могут входить в комплект дефектоскопа: внутренние проходные вихретоковые преобразователи для контроля ТОТ конденсаторов турбин (рис. 3) и вращающийся вихретоковый преобразователь ПНВ-3 для контроля перемычек коллекторов ПГ (рис. 4) [3].



Рис. 3. Вихретоковые преобразователи для контроля ТОТ конденсаторов турбин

Следует отметить, что для работы с вращающимися вихретоковыми преобразователями в дефектоскопе предусмотрен специальный канал для обработки синхроимпульсов, поступающих в дефектоскоп от вращающегося преобразователя для синхронизации

разверток. В качестве примера на рис. 5 показана С-развертка, на которой отображены сигналы от двух искусственных несплошностей в металле коллектора ПГ. Длина несплошностей 10 мм, глубина 1 и 0,5 мм.



Рис. 4. Вращающийся вихретоковый преобразователь ПНВ-3 для контроля перемычек коллекторов ПГ.

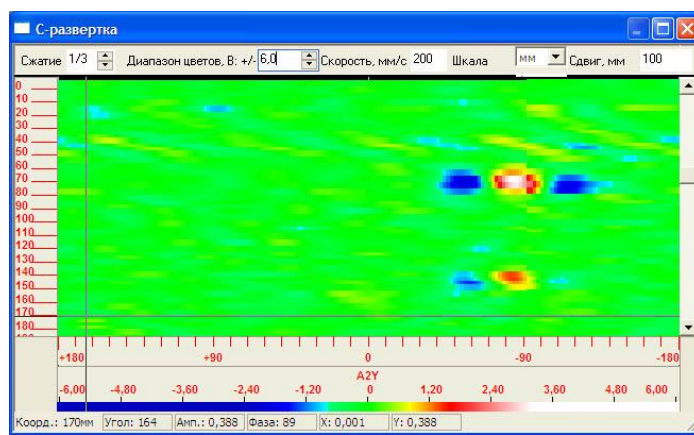


Рис. 5. С-развертка дефектоскопа КОМВИС ЛМ

Программное обеспечение, установленное в дефектоскопе КОМВИС ЛМ, предоставляет большие возможности при сборе и анализе вихретоковых данных. Многие процедуры, такие как компенсация начального напряжения вихретокового преобразователя, настройка измерительных каналов по сигналам от искусственных дефектов, измерение параметров сигналов, формирование реестра несплошностей, подготовка протокола результатов контроля, выполняются автоматически.

Дефектоскоп КОМВИС ЛМ может работать в составе автоматизированных систем контроля, в которые входят сканирующие устройства различных типов. Проведено сопряжение дефектоскопа КОМВИС ЛМ с манипуляторами различных типов (АСК-183, АСК-184, МДПв-02, МД-4) обеспечивающими перемещение вихретокового преобразователя при контроле перемычек коллекторов парогенераторов ПГ.

В случае, когда необходим дистанционный контроль, дефектоскоп КОМВИС ЛМ можно использовать в двух вариантах.

В первом варианте оператор работает непосредственно с самим дефектоскопом. Его рабочее место может быть удалено от контролируемого объекта за счет кабеля (соединяющего дефектоскоп и ВТП) длиной до 30 м.

Во втором варианте для увеличения расстояния от рабочего места оператора до зоны контроля используется дополнительный управляющий компьютер, который может быть удален от дефектоскопа на расстояние до 1500 м. Высокоскоростная передача данных между дефектоскопом и управляющим компьютером осуществляется по технологии VDSL.

Если система управления манипулятором содержит компьютер, то в общем случае организуется локальная сеть, состоящая из управляющего компьютера, дефектоскопа КОМВИС ЛМ и компьютера манипулятора.

Для работы в удаленном режиме к дефектоскопу прилагается дуплексное переговорное устройство позволяющее осуществлять голосовую связь на расстоянии до 200 м.

В настоящее время дефектоскопами КОМВИС ЛМ оснащены все российские АЭС с ВВЭР-1000.

КОМВИС ЛМ используется не только для контроля перемычек коллекторов парогенераторов [4], но и труб теплообменных аппаратов, лопаток турбин.

Последние разработки специализированных сканирующих устройств и вихретоковых преобразователей к дефектоскопу КОМВИС ЛМ, выполненные компанией КОМВИС, существенно расширяют область его применения.

1. Для ВТК резьбовых отверстий на фланцах корпусов реакторов ВВЭР-1000 и ВВЭР – 440 разработан манипулятор СКР-140/170 (рис. 6).



Рис. 6. Манипулятор СКР-140/170 для контроля резьбовых отверстий

Манипулятор позволяет перемещать вихретоковый преобразователь вдоль линии резьбы контролируемого отверстия со скоростью до 0,5 об/с.

На контролируемое отверстие манипулятор устанавливается вручную одним человеком.

Управление электроприводом манипулятора может осуществляться как в ручном режиме, так и в автоматическом – по командам от дефектоскопа.

Кабель «дефектоскоп-манипулятор» длиной 30 м позволяет организовывать рабочее место оператора дефектоскопа в безопасной зоне вне реакторной шахты.

Манипулятор оснащен встроенным переговорным устройством.

В конструкции манипулятора реализованы специальные технические решения для очистки поверхности резьбы перед прохождением вихретокового преобразователя, а также для выкручивания вихретокового преобразователя из отверстия в случае аварийной ситуации.

2. Для ВТК резьбовой и гладкой поверхностей шпилек различных типов (ПГ, теплообменников и другого оборудования) разработано настольное сканирующее устройство СКР-64Н (рис. 7).

В СКР-64Н обеспечивается вращение шпильки вокруг своей оси и одновременное линейное перемещение вихретокового преобразователя вдоль шпильки. Величина линейного перемещения вихретокового преобразователя на один оборот шпильки соответствует шагу контролируемой резьбы.

Параметры контролируемых шпилек:

- резьба от М36 до М64;
- шаг резьбы от 1 до 8 мм;
- длина от 200 до 600 мм.

Скорость вращения шпильки от 0,1 до 1,0 об/с.



Рис. 7. Сканирующее устройство СКР-64Н для контроля шпилек

3. Для ВТК сварных швов приварки ТОТ к коллектору ПГ разработан вращающийся вихретоковый преобразователь ПНВ-4 (рис. 8).



Рис. 8. Вращающийся вихретоковый преобразователь ПНВ-4 для контроля сварных швов приварки ТОТ к коллектору ПГ

Преимуществом преобразователя ПНВ-4 является сочетание высокой скорости контроля с высокой чувствительностью к несплошностям сварного соединения.

Список литературы

1. РБ-088-14. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Вихретоковый контроль».

2. Петушков С.М. Требования к вихретоковому дефектоскопу для контроля на АЭС. - В мире НК. 2013. № 4(62). С. 13-16.
3. Патент РФ №137123. Вращающийся вихретоковый преобразователь.
4. 27.28.05.050-2011. Методика контроля перемычек коллекторов теплоносителя ПГВ-1000 с использованием дефектоскопов КОМВИС ЛМ.