

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБЛУЧЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕАКТОРА БН-600

М.В. Куприенко, С.С. Сагалов, А.Н. Костюченко, Е.В. Кубасов
ОАО «ГНЦ НИИАР», г. Димитровград



Создано современное методическое оборудование для послеексплуатационного контроля состояния сборок, поглощающих и тепловыделяющих элементов реактора БН-600. Оснащение защитной камеры БАЭС технологическим и исследовательским оборудованием второй модернизации в настоящее время позволяет проводить эффективную диагностику состояния элементов активной зоны реактора БН-600.

Ключевые слова: автоматизированный комплекс, защитная камера, контроль, послереакторные исследования.

Key words: automated complex, shielded cell, inspection, post-irradiation examination.

ВВЕДЕНИЕ

Непрерывно ведущиеся работы по повышению безопасности и улучшению технико-экономических показателей российских ядерных реакторов основываются на опыте эксплуатации и результатах исследования облученных элементов активных зон (АЗ) в специализированных материаловедческих лабораториях и на стендах инспекции при АЭС. Разрушающие исследования, осуществляемые дистанционно в защитных камерах, отличается высокая трудоемкость, дороговизна и неизбежность появления радиоактивных отходов. Экологическая чистота, высокая производительность и, как следствие, возможность получения статистически значимой информации – основные достоинства неразрушающих методов диагностики. Уровень развития этих методов во многом определяет объем, достоверность и представительность результатов послереакторных материаловедческих исследований облученных элементов АЗ.

В рамках комплексного плана повышения эффективности и безопасности производства Белоярской АЭС специалистами НИИАР совместно с сотрудниками станции проведены работы по созданию на современной основе комплекса средств неразрушающего контроля элементов АЗ БН-600. С 2000 по 2008 гг. в защитной камере третьего энергоблока БАЭС введен в эксплуатацию ряд наиболее востребованных в практике материаловедческих лабораторий методик дистанционного исследования формоизменения твэлов, пэлов и чехлов реакторныхборок, а также вихретоковой дефектоскопии твэлов [1]. Получаемая информация используется для анализа работоспособности и безопасности существующих конструкций

© *М.В. Куприенко, С.С. Сагалов, А.Н. Костюченко, Е.В. Кубасов, 2011*

элементов активных зон реактора БН-600, оптимизации разрабатываемых конструкций, конструкционных материалов, режимов их эксплуатации в модернизированных АЗ при поэтапном повышении их ресурсных характеристик.

СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ КОМПЛЕКСА

Автоматизированный комплекс для неразрушающих исследований облученных элементов реактора БН-600 размещен в операторском помещении и защитной камере (ЗК) энергоблока № 3 Белоярской АЭС. В состав комплекса входят

- канал измерения геометрических параметров чехлов сборок стальной защиты (ССЗ) и сборок борной защиты (СБЗ);
- канал измерения геометрических параметров пэлов;
- канал измерения геометрических параметров твэлов;
- канал импульсной вихретоковой дефектоскопии твэлов;
- система управления транспортно-операционным модулем (ТОМ);
- промышленный компьютер (ПК).

Все измерительные каналы созданы с учетом многолетнего опыта и на основе технических решений, апробированных в НИИАР при исследованиях отработавших тепловыделяющих сборок различного типа и исполнения [2]. Аппаратурная часть (вторичные приборы) комплекса эксплуатируется в условиях операторского помещения, первичные преобразователи, измерительные модули и часть соединительных кабелей – в условиях защитной камеры. ПК обеспечивает управление работой составных частей комплекса, а также хранение, просмотр и обработку результатов измерения параметров контролируемых изделий.

ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Канал измерения геометрических параметров чехлов ССЗ и СБЗ (КЧС)

КЧС предназначен для определения геометрических параметров (размер по ребрам и «под ключ», «выпуклость» грани) чехлов ССЗ и СБЗ реактора БН-600 и включает в себя следующие составные части:

- измерительный модуль;
- восемь первичных преобразователей – датчиков линейных перемещений Sony DG-810В типа «магнитная линейка»;
- вторичные преобразователи – аналого-цифровые приборы Sony LY-51;
- устройство ввода-вывода – плату Advantech PCI-1751;
- контроллер шаговых двигателей (КШД) Phytron IXEalfa-C-T.

Конструкция измерительного модуля представляет собой скобу с плоскопараллельным перемещением плунжеров первичных преобразователей в плоскости, перпендикулярной оси исследуемых изделий (рис. 1, 2). Первичные преобразователи закреплены на измерительной скобе с помощью зажимов (см. рис. 2) и отслеживают изменение расстояния между наконечниками своих плунжеров, равное изменению размеров «под ключ» и по ребрам. Сведение и разведение плунжеров датчиков осуществляется с использованием привода на базе шагового двигателя, управляемого КШД. Позиционирование исследуемого изделия осуществляется при помощи упоров (позиция 7 на рис. 2). Диапазоны измерения размеров «под ключ» – 92–98 мм; по ребрам – 107–113 мм.

Датчик линейных перемещений DG-810В имеет следующие технические характеристики:

- рабочий ход плунжера – 10 мм;
- разрешающая способность – 0,5 мкм;

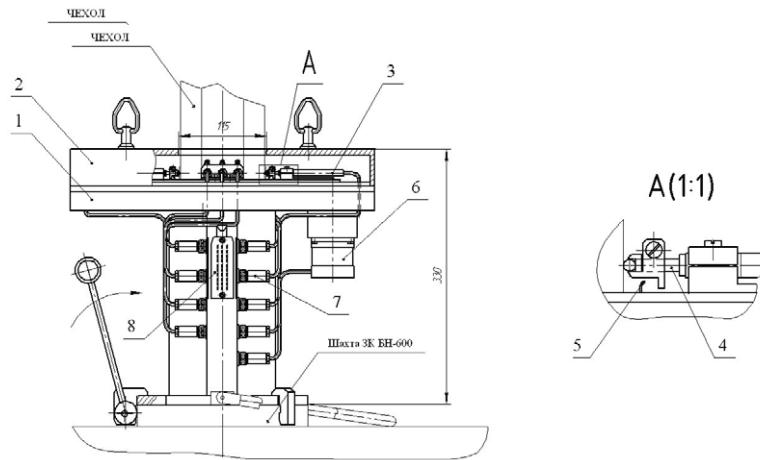


Рис. 1. Измерительный модуль КЧС (вид сбоку): 1 – корпус; 2 – колпак защитный; 3 – первичный преобразователь; 4 – плунжер преобразователя; 5 – упругий элемент перемещения; 6 – шаговый двигатель с редуктором; 7 – соединительные кабели с разъемами; 8 – колодочный разъем подсоединения

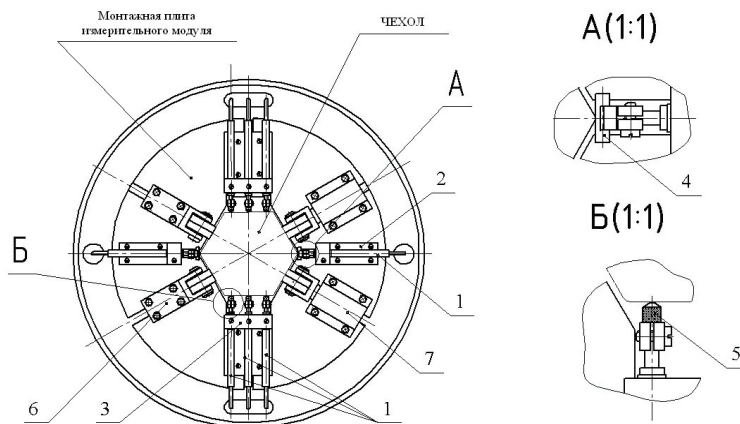


Рис. 2. Измерительный модуль КЧС (вид сверху): 1 – первичные преобразователи; 2 – зажим 3-местный; 3 – зажим 3-местный; 4 – наконечник измерения по ребрам; 5 – наконечник измерения по углам; 6 – упор жесткий; 7 – упор поджимной

- паспортная погрешность – ± 1 мкм.

Схема расположения первичных преобразователей относительно контролируемого чехла представлена на рис. 3. Перемещение плунжера датчика DG-810B отслеживается вторичным прибором Sony LY-51, который передает данные о положении плунжера в ПК через плату PCI-1751 в виде VCD-кода. К каждому прибору Sony LY-51 подключено по два датчика.

Калибровка шкалы измерительной скобы с преобразователями DG-810B для абсолютных измерений размера «под ключ» осуществляется по стандартному образцу, имеющему паспортное значение размеров «под ключ» и по ребрам. После нормировки измерительные

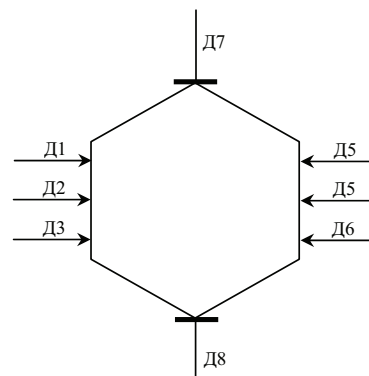


Рис. 3. Схема расположения датчиков Д1-Д8 для измерения формы и размеров шестигранных чехлов СС3 и СБ3 БН-600

блоки LY-51 выдают в ПК абсолютные значения размеров «под ключ» и по ребрам. Перенос размеров стандартного образца на измеряемое изделие осуществляется через градуировочную характеристику блока LY-51 с преобразователем DG-810B.

Исследуемое изделие перемещают относительно измерительной скобы непрерывно на всю длину сканирования. ПК опрашивает измерительные блоки LY-51 с заданным шагом по высоте чехла и формирует массив данных, при обработке которых рассчитывают его геометрические параметры (размеры по ребрам и «под ключ», выпуклость грани).

Метрологические испытания показали, что погрешность однократного измерения текущего значения размера по ребру или «под ключ» при доверительной вероятности 0,95 не превышает $\pm 20,0$ мкм.

Каналы измерения геометрических параметров пэлов (КПЭЛ) и твэлов (КТВЭЛ)

КПЭЛ и КТВЭЛ предназначены для определения геометрических параметров (диаметр, овальность) пэлов и твэлов ТВС БН-600. Схемы построения этих каналов аналогичны и включают в себя следующие составные части:

- измерительный модуль;
- два первичных преобразователя DG-810B;
- вторичный преобразователь LY-51;
- устройство ввода-вывода PCI-1751;
- контроллер IXEalfa-C-T шагового двигателя.

Конструкция измерительного модуля (рис. 4, 5) представляет собой скобу с плоскопараллельным перемещением плунжеров первичных преобразователей в плоскости, перпендикулярной оси пэла (твэла). Модуль состоит из измерительного блока, размещенного на корпусе привода, и защищен крышкой блока, на которой расположено центрирующее устройство. На корпусе привода смонтированы транспортный винт, шаговый двигатель с редуктором, разъемы и узел дистанционного подсоединения модуля к протяжке.

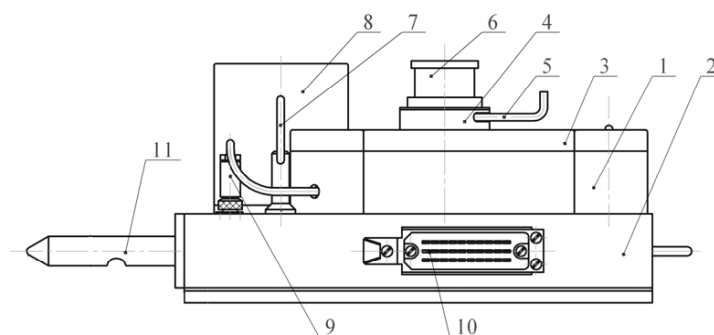


Рис. 4. Измерительный модуль КПЭЛ, КТВЭЛ (вид сбоку): 1 – блок измерительный; 2 – привод; 3 – крышка блока измерительного; 4 – зажим эксцентриковый; 5 – рукоятка зажима; 6 – центрирующая втулка; 7 – винт транспортный; 8 – колпак защитный двигателя; 9 – разъем с кабелем; 10 – разъем колодочный; 11 – узел дистанционного подсоединения модуля к ТОМ

На рисунке 5 показано размещение составных частей измерительного модуля. В крестообразный корпус вмонтированы восемь направляющих планок, в которых через шарики перемещаются ползуны с ходом 14 мм. Под воздействием пружин ползуны находятся в постоянном контакте с кулачком распределительного механизма, приводящимся в движение шаговым двигателем. Первичные преобразователи закреплены в зажимы, смонтированные на монтажных столиках. Разве-

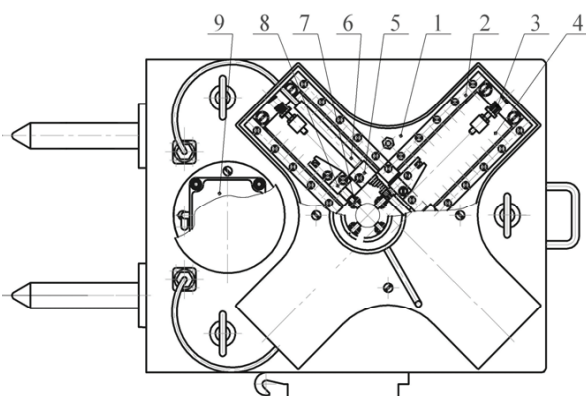


Рис. 5. Измерительный модуль КПЭЛ, КТВЭЛ (вид сверху): 1 – корпус измерительного блока; 2 – направляющая; 3 – пружина; 4 – ползун; 5 – зажим первичного преобразователя; 6 – первичный преобразователь; 7 – измерительный наконечник; 8 – зажим измерительного наконечника; 9 – двигатель

дение-сведение плунжеров преобразователей в измерительном модуле обеспечивается перемещением ползуну.

Преобразователи своими плунжерами отслеживают изменение расстояния между щупами, равное изменению диаметра образца. Перемещение щупов измерительной скобы обеспечивает измерение диаметра пэлов в диапазоне 17–23 мм (основной) и 29–35 мм (дополнительный), твэлов – в диапазоне 0–20 мм. Работа двигателя и опрос концевых выключателей крайних положений щупов осуществляется ПК через специализированный электропривод. Погрешность измерений, связанная с юстировкой щупов, не превышает ± 2 мкм.

Принципы взаимодействия между первичными преобразователями, вторичным устройством и ПК аналогичны рассмотренным для КЧС. Калибровка шкалы измерительной скобы с преобразователями DG-810B для абсолютных измерений диаметра осуществляется по стандартному образцу внешнего диаметра, прошедшему метрологическую аттестацию с помощью средств измерения более высокого класса точности (оптиметры, концевые меры длины и т.п.) и имеющему паспортное значение диаметра.

После сканирования изделия в заданном числе ориентаций ПК формирует и записывает на хранение файл данных, по которому рассчитывают геометрические параметры изделия: наружный и эффективный диаметр в заданном сечении, овальность.

Метрологические испытания показали, что погрешность однократного измерения текущего значения диаметра пэла при доверительной вероятности 0,95 не превышает $\pm 10,0$ мкм, твэла – $\pm 7,0$ мкм

Структурная схема взаимодействия составных частей КПЭЛ и КТВЭЛ показана на рис. 6. Исследуемый образец закрепляется в зажимное устройство механической части установки. Щупы измерительной скобы приводятся в непосредственный контакт с изделием подачей командного сигнала от ПК. Перемещение и вращение пэла (твэла) относительно скобы осуществляются специализированным электроприводом, управляемым ПК. Изменение положения плунжеров первичных преобразователей DG-810B через адаптеры DZ51 преобразуется вторичным прибором LY-51 в микрометры. Информация о данных, содержащихся в LY-51, записывается в буфер платы обмена LZ51-B. ПК через плату PCI-1751 считывает содержимое из LZ51-B с заданным шагом по длине изделия и формирует массив результатов измерения диаметра.

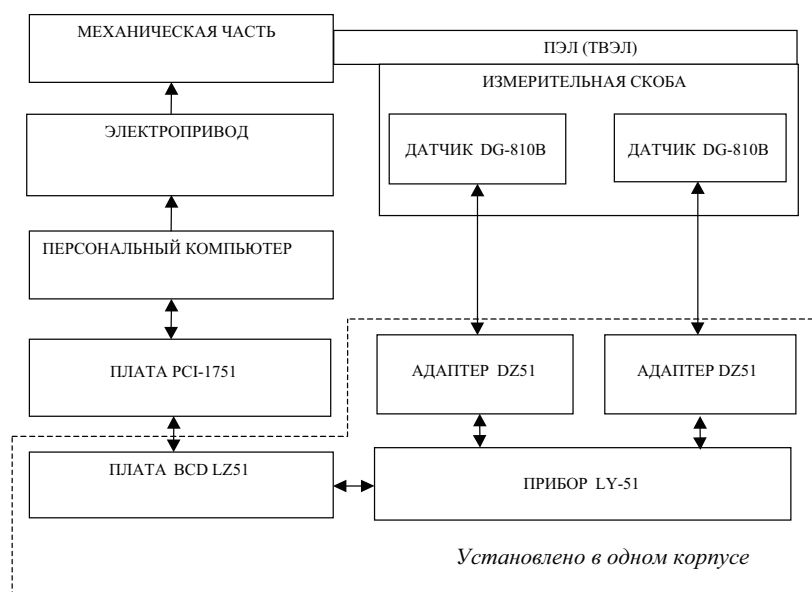


Рис. 6. Структурная схема КПЭЛ и КТВЭЛ

Канал импульсной вихретоковой дефектоскопии твэлов (КИВД)

КИВД предназначен для проведения импульсного вихретокового контроля отработавших твэлов ТВС БН-600 с целью поиска дефектов оболочек (трещин, коррозии, дебриз-повреждений и др.), определения их координат, количества и относительной величины. С помощью вихретоковой дефектоскопии выявляются также электропроводящие и магнитные включения в топливном сердечнике (продукты деления топлива и элементы коррозии оболочки), локальные изменения диаметра твэла [3].

Основные компоненты КИВД – первичный вихретоковый преобразователь (ВТП) и импульсный вихретоковый дефектоскоп (ИВД), который запитывает катушку ВТП импульсами электрического тока, возбуждая вихревые токи в оболочке, осуществляет сбор и первичную обработку информации о состоянии твэлов. В качестве первичного преобразователя используется проходной трансформаторный ВТП. Измерительные обмотки датчика включены по дифференциальной схеме, что позволяет повысить чувствительность к локальным дефектам и ослабить влияние плавных изменений диаметра оболочки, ее толщины и электропроводности по длине твэла. Импульсный вихретоковый дефектоскоп спроектирован на основе ПК с установленными в нем платой 12-разрядного АЦП и платой формирователя возбуждающих импульсов. Обе платы выполнены в конструктиве РСІ.

На рисунке 7 иллюстрируется взаимодействие отдельных узлов дефектоскопа. Плата формирователя импульсов (ФИ) обеспечивает питание возбуждающей обмотки ВТП импульсами тока. Сигнал ВТП, снимаемый с измерительных обмоток, усиливается и поступает через фильтры нижних и верхних частот (ФНЧ и ФВЧ) на плату АЦП, где преобразуется в последовательность 12-разрядных кодов путем оцифровки через равные промежутки времени. АЦП работает в режиме аппаратного (независимо от центрального процессора ПК) набора массива данных и запускается по переднему фронту импульса тактового генератора платы ФИ одновременно с генерацией импульса тока в возбуждающей обмотке ВТП. Для промежуточного хранения кодов используется память типа FIFO. Синхронизация работы платы ФИ и платы АЦП осуществляется с помощью импульсов, поступающих на

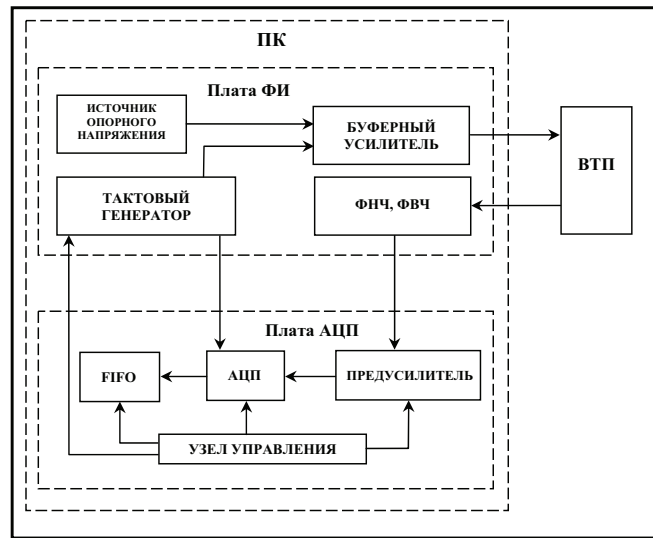


Рис. 7. Структурная схема канала вихретоковой дефектоскопии

Тактовый генератор платы ФИ с узла управления АЦП.

Для калибровки дефектоскопа используются контрольные образцы, изготавливаемые из оболочечной трубы $6,9 \times 0,4$ мм (материал: сталь ЧС-68 х.д., сталь ЭП-823), с известными дефектами: сквозными отверстиями различного диаметра (минимальный размер – 0,3 мм), наружными и внутренними поперечными и продольными рисками, внутренними магнитными вставками различной длины [1]. Идентификационные признаки дефектов (амплитуда, полярность, скорость нарастания отклика и др.), полученные с помощью контрольных образцов, в дальнейшем используются для расшифровки вихретоковых диаграмм исследуемых твэлов [3].

В качестве примера на рис. 8а приведена ВТ-диаграмма, полученная при сканировании контрольного образца (рис. 8б) с оболочкой из аустенитной стали ЧС-68. В качестве магнитной вставки использован отрезок оболочки из стали ЭП-823 длиной 5 мм.

Приведенная диаграмма иллюстрирует, в частности, разную полярность сигналов для дефектов сплошности оболочки и магнитного включения.

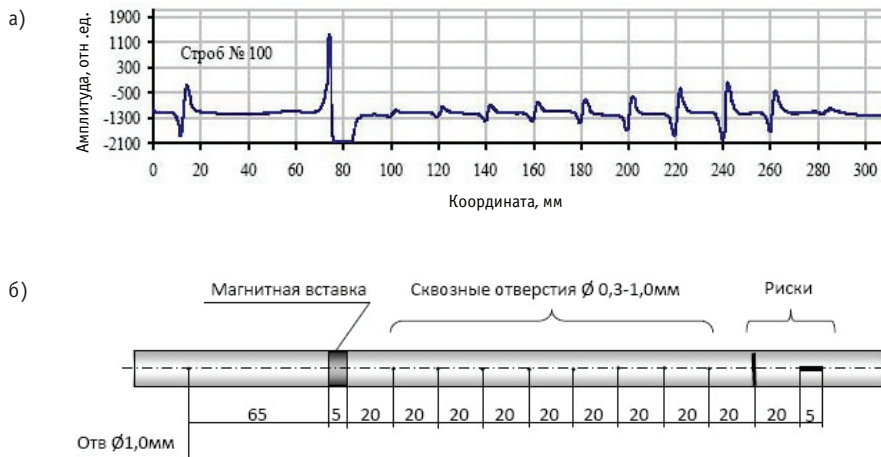


Рис. 8. ВТ-диаграмма (а) и схема размещения дефектов (б) контрольного образца

Система управления транспортно-операционным модулем

Транспортно-операционный модуль (ТОМ) предназначен для перемещения сканируемого изделия в аксиальном направлении и его вращения относительно измерительных датчиков. ТОМ обеспечивает непрерывный режим вертикального перемещения объекта контроля с возможностью измерения диаметра в точках с шагом, кратным значению 2,5 мкм. При этом погрешность осевого позиционирования не хуже ± 50 мкм, а выбор азимутальной ориентации осуществляется с шагом $0,5^\circ$ во всем диапазоне от 0 до 360° .

Система управления ТОМ (СУ ТОМ) обеспечивает дистанционное проведение транспортных операций с исследуемым изделием в процессе гамма-сканирования, профилометрии и вихретоковой дефектоскопии. Основными блоками СУ ТОМ являются промышленный компьютер и контроллер шаговых двигателей IXEa-C-T. КШД предназначен для управления работой двухфазных шаговых двигателей (ДШР-65, ДШР-130 и т.п.), а ПК обеспечивает управление и контроль состояния КШД.

Структурная схема взаимосвязи ТОМ и СУ ТОМ с использованием каналов профилометрии и дефектоскопии показана на рис. 9. Перед началом проведения из-

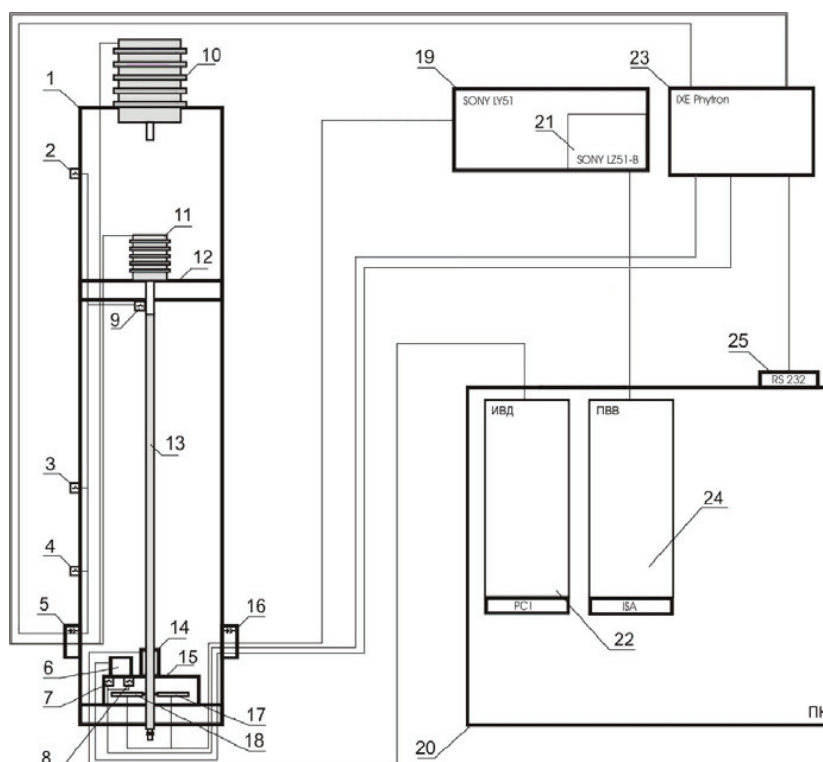


Рис. 9. Структурная схема взаимосвязи составных частей комплекса: 1 – ТОМ; 2, 4 – конечные выключатели (КВ) крайних положений перемещения твэла по длине; 3 – КВ механической точки нуля (МОН) при перемещении твэла по длине; 5 – соединительный разъем для силовых кабелей шаговых двигателей (ШД) ТОМ и КВ 2, 3, 4; 6 – ШД канала профилометрии; 7, 8 – КВ крайних положений перемещения профилометрических датчиков; 9 – КВ механической точки нуля (МДР) при вращении твэла; 10 – ШД перемещения твэла по длине; 11 – ШД вращения твэла; 12 – траверса вертикального перемещения; 13 – исследуемый образец (твэл); 14 – вихретоковый датчик; 15 – профилометрический съемный модуль; 16 – соединительный разъем для сигнальных кабелей и конечных переключателей каналов профилометрии и дефектоскопии; 17, 18 – профилометрические датчики; 19 – вторичный прибор LY-51 канала профилометрии; 20 – ПК; 21 – интерфейс связи LZ51-B канала профилометрии с ПК; 22 – импульсный вихретоковый дефектоскоп; 23 – контроллер IXEa-C-T; 24 – плата ввода-вывода; 25 – интерфейс связи RS232 ПК с контроллером СУ ТОМ IXEa-C-T

мерений ПК подает команду КШД на разведение профилометрических датчиков в крайние положения. Исследуемый образец устанавливается в захват, размещенный на ШД вращения. Далее ПК подает команду контроллеру IXEa-C-T на поиск шаговыми двигателями 10,11 механических точек нуля. При наезде траверсы на конечный выключатель 3-шаговый двигатель 10 производит откат траверсы вверх на заданное расстояние. Найденное положение считается началом отсчета измерений. Аналогичная процедура производится для двигателя вращения 11. После этого ПК подает команду КШД на сведение датчиков линейных перемещений в рабочее положение и задает высотные и азимутальные координаты сканирования образца. В процессе проведения измерений ПК обрабатывает получаемые результаты каналов профилометрии и дефектоскопии, состояния конечных выключателей и координаты положения траверсы. При завершении процесса исследования КШД разводит профилометрические датчики в крайние положения, а шаговый двигатель возвращает траверсу в исходное положение для загрузки (выгрузки) образцов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных работ создано современное методическое оборудование для послеексплуатационного контроля состояния сборок, поглощающих и тепловыделяющих элементов реактора БН-600. При разработке методологии контроля учитывался опыт послереакторных исследований облученных элементов АЗ в защитных камерах НИИАР, а также опыт эксплуатации специалистами Белоярской АЭС оборудования предыдущего поколения при неразрушающих исследованиях ТВС БН-600 [4]. Оснащение защитной камеры БАЭС технологическим и исследовательским оборудованием второй модернизации в настоящее время позволяет проводить эффективную диагностику состояния элементов АЗ [5].

Дальнейшие перспективы развития комплекса для неразрушающего контроля могут быть связаны с расширением круга исследовательских задач, решаемых с использованием защитной камеры третьего энергоблока, а также созданием прототипов технологического оборудования и установок для проведения послеексплуатационного контроля работоспособности реакторныхборок в защитной камере энергоблока №4 Белоярской АЭС с реактором БН-800.

Литература

1. Баканов М.В., Ненахов А.В., Чуев В.В. и др. Контроль работоспособности реакторныхборок после эксплуатации в активных зонах БН-600. Вторая модернизация оборудования «горячей» камеры // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2009. – №2. – С. 167-186.
2. Дворецкий В.Г., Куприенко М.В., Рабинович А.Д., Сагалов С.С. Комбинированная установка нового поколения для вихретоковой дефектоскопии и профилометрии облученных твэлов/ Сборник трудов ГНЦ РФ НИИАР, 1999. – Вып. 1. – С. 3-12.
3. Павлов С.В., Сухих А.В., Сагалов С.С. Вихретоковые методы контроля в реакторном материальоведении. – Димитровград: ОАО «ГНЦ НИИАР», 2010. – 216 с.
4. Козманов Е.А., Огородов А.Н., Чуев В.В. Методическое обеспечение первичных послереакторных исследований элементов активной зоны реактора БН-600/Сборник научных трудов «Исследования конструкционных материалов элементов активной зоны быстрых натриевых реакторов». – Екатеринбург: УрО РАН, 1994. – С. 3-47.
5. Чуев В.В. Поведение конструкционных материалов в спектре нейтронов быстрого реактора большой мощности: автореферат диссертации на соиск. учен. степ. докт. техн. наук. – Заречный, 2007.

Поступила в редакцию 14.10.2010

the design lifetime. The results of the completed work have shown that the serviceability of the replaceable equipment is ensured for 45 years of operation.

УДК 621.039.56

Problem of the Lowering of the Nuclear Power Plant Personnel Exposure \O.L. Tashlykov, S.E. Shcheklein, V.I. Bulatov, A.G. Shastin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 6 pages, 3 illustrations. – References, 7 titles.

The data on the change in the personnel exposure at different stages of the nuclear power plant life cycle are presented. The evolution of the measures on reduction in the exposure and their efficiency are considered. The role of the remote and automated devices in the reduction of the personnel exposure during maintenance and inspection is shown. The main fields of the studies on solving the tasks of the personnel exposure optimization during the NPP decommissioning are presented.

УДК 621.039.58

Beloyarsk NPP BN-600 Reactor Unit 3 Lifetime Extension \A.M. Zavalishen, S.L. Kim, V.V. Maltsev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 12 pages, 9 illustrations. – References, 19 titles.

The analysis of the condition of the BN-600 power unit equipment is reviewed, the possibility, the safety and the appropriateness of the power unit lifetime extension is assessed as well as the measures taken to improve the power unit safety and replace its equipment and extend its lifetime are presented.

УДК 621.039.56

Utilization of the Reactivity Monitoring Counting Channel for In-Service Monitoring of Beloyarsk NPP Unit 3 BN-600 Reactor Core Characteristics \V.A. Zhyoltyshev, V.A. Lititsky, I.P. Matveenko; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 10 pages, 6 tables, 3 illustrations. – References, 9 titles.

The utilization of the reactivity monitoring counting channel manufactured by the Federal state unitary enterprise “State scientific centre “IPPE” has allowed the additional reactivity monitoring methods which make it possible to improve both the safety and effectiveness of the reactor operation to be developed. The experience accumulated during the development can serve as the basis during the work of the same type for the BN800 reactor and other perspective fast reactors.

УДК 621.039.54

Location of the Failed Fuel Sub-Assemblies in the BN-600 Reactor Core using a Sector Failed Fuel Detection System \A.S. Zhilkin, S.A. Gurev, S.L. Osipov, A.V. Salyaev, V.A. Shamansky, A.G. Tsikunov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 9 pages, 2 tables, 6 illustrations.

The results of the development of the algorithm and M36 code which is used to define a direction to the failed fuel sub-assembly in the core, a sector and a group of the slots in the sector where the failed fuel sub-assembly is located are presented. The results of the calculation using the M36 code are compared with the test data and the generally good agreement for the reactor core slots is shown.

УДК 621.039.54

Automated Complex for Nondestructive Examination of the Irradiated BN-600 Reactor Components \M.V. Kuprienko, S.S. Sagalov, A.N. Kostyuchenko, E.V. Kubasov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 9 pages, 9 illustrations. – References, 5 titles.

The state-of-the-art methodological equipment for the post-irradiation examination of the condition of the sub-assemblies and absorbing and fuel pins of the BN-600 reactor has been developed. Equipping the Beloyarsk NPP shielded cell with the process and research equipment of the second modification allows the efficient diagnosis of the condition of the BN-600 reactor core components to be presently conducted.