

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАНАЛОВ РЕАКТОРА РБМК-1000

А.И.Трофимов, А.В. Нахабов, М.Г. Каленишин, С.И. Минин

*Обнинский государственный технический университет атомной энергетики,
г.Обнинск*



Представлены результаты разработки алгоритма и программного обеспечения комплексной системы контроля, позволяющей проводить измерения диаметра, искривления, толщины технологических каналов, а также контроль сплошности металла стенок этих каналов.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации технологические каналы (ТК) реакторов РБМК под действием радиационного излучения и температуры претерпевают деформацию. Это может привести к разрушению ТК. С целью диагностики и предупреждения подобных дефектов применяются различные диагностирующие приборы и системы. В частности, подлежат диагностике следующие параметры ТК: вертикальное искривление, диаметр, толщина стенки, целостность металла. В настоящее время для каждого из этих параметров применяется отдельная контролирующая система. В рассматриваемой системе предпринята попытка объединить процессы контроля вышеобозначенных параметров в едином цикле измерений. Целями являются создание единого контролирующего комплекса, уменьшение времени, затрачиваемого на проведение контроля, централизованное и структурированное представление информации, полученной в процессе контроля. Трудности такого объединения состоят в повышенной сложности организации измерительного процесса, к программному обеспечению выдвигаются особые требования по обеспечению взаимодействия подсистем.

СОСТАВ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ

Система содержит контролирующий зонд; спускоподъемное устройство, осуществляющее перемещение зонда вдоль ТК; аппаратуру управления; устройство управления, сбора и обработки информации. Контролирующий зонд включает в себя блок ультразвуковых преобразователей (УЗП) для измерения диаметра ТК, толщины стенки и целостности металла; инклинометр для контроля искривления ТК; шаговый двигатель для вращения зонда вокруг продольной оси. Измерительные каналы автономны, что позволяет при необходимости отдельно проводить контроль каждого из параметров.

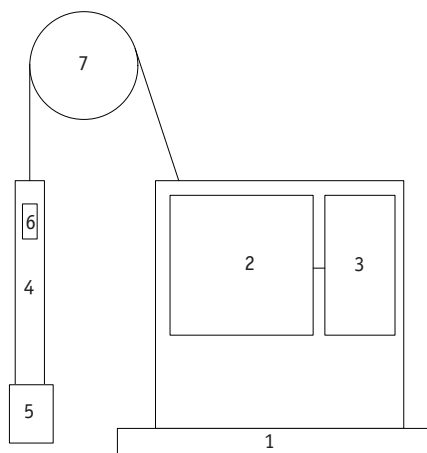


Рис. 1. Схема системы контроля: 1 – аппарата управления; 2 – ЭВМ; 3 – зонд; 4 – блок УЗП; 5 – инклинометр; 6 – спускоподъемное устройство

АЛГОРИТМ КОНТРОЛЯ

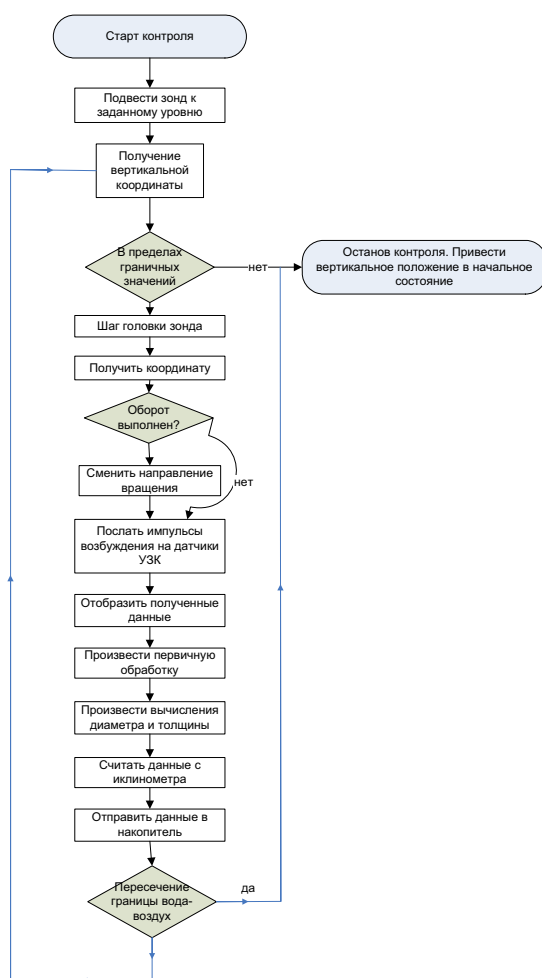


Рис.2. Алгоритм контроля

Процесс контроля разбит на две части, разнесенных по времени: сбор данных и первоначальная их обработка (осуществляется в реальном времени); обработка и анализ накопленных данных (осуществляется в отложенном времени).

Для проведения цикла измерений контролирующий зонд с помощью спускоподъемного устройства опускается в ТК до нижней, стартовой точки. Контроль проводится при движении контролирующего зонда вверх с заданной скоростью с одновременными вращательными движениями вдоль продольной оси. Данные от ультразвуковых датчиков поступают в ЭВМ и записываются на жесткий диск. Также передаются данные от инклинометра, датчиков толщинометрии и диаметрометрии и датчиков определения «уровня зеркала». Электродвигатель спускоподъемного устройства снабжен механизмом слежения за количеством оборотов, что позволяет отслеживать координату вертикального перемещения. Блок-схема алгоритма контроля представлена на рис. 2.

Программное обеспечение построено по двухуровневому принципу. На верхнем уровне расположена программа контроля, которая отслеживает параметры контроля и управляет всеми устройствами системы. Она отвечает за организацию контроля и взаимодействие блоков. На нижних уровнях располагаются программы, управляющие отдельными устройствами и обеспечивающие дополнительные функции. В состав программного обеспечения входят следующие программные блоки: управления серводвигателем, управления шаговым двигателем, управления датчиками УЗК, управления инклинометром, накопления информации, обработки и визуализации.

Схема организации ПО показана на рис.3.

Блок управления серводвигателем. Серводвигатель снабжен электронным блоком сопряжения и подключен к COM-порту управляющей ЭВМ. Среди команд управления в том числе доступны: установка скорости вращения вала, установка направления вращения вала, считывание текущего положения ротора (в оборотах). Пересчет количества оборотов в вертикальную координату положения осуществляется по таблице градуировки. Блок управления серводвигателем включает в себя автоматизированную подсистему определения крайних положений движения. Верхняя точка определяется с помощью так называемого датчика определения уровня зеркала, т.е. при пересечении зонда границы воздух-вода. Глубина погружения, задаваемая оператором, определяет нижнюю точку. Также подсистема обеспечивает возможность подвода зонда к указанной точке и проведения повторного контроля отрезка канала при необходимости.

Блок управления шаговым двигателем. Предназначен для обеспечения вращательных движений модуля контроля с целью охвата головкой датчиков УЗК всей плоскости канала. Полный оборот модуля контроля осуществляется за 200 шагов. Каждый шаг инициируется посылкой импульса по LPT порту, через который блок сопряжения шагового двигателя подключен к управляющей ЭВМ. По достижении 200 шагов управляющая программа переключает шаговый двигатель на вращение в противоположную сторону.

Из уровня погружения и номера шага складываются координаты положения модуля контроля, при передаче информации в блок-накопитель координаты передаются непосредственно перед блоком данных от датчиков. Таким образом, при постобработке можно однозначно определить глубину погружения и угол поворота любой точки контроля.

Блок управления датчиками УЗК. Контроль проводится при вращении зонда попеременно по часовой и против часовой стрелок с одновременным подъемом вдоль канала, при этом реализуется несколько схем прозвучивания (тактов). Каждый оборот зонда вокруг оси совершается за 200 шагов, на каждом шаге стенка канала последовательно прозвучивается по 14 схемам. Одна из схем используется для толщинометрии, одна – для диаметрометрии. Дополнительная схема слу-

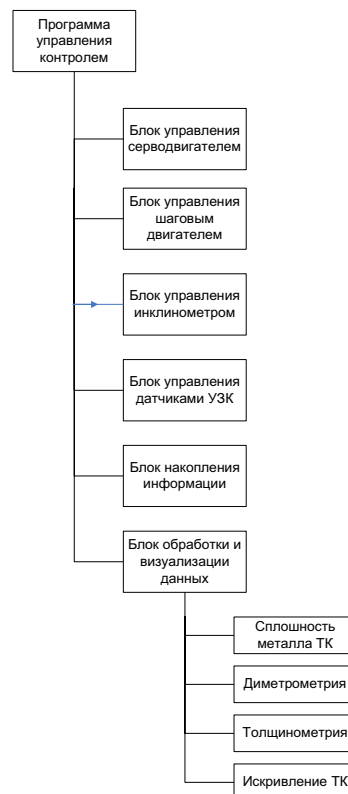


Рис. 3. Схема организации ПО

жит для определения уровня «зеркала». Признаком наличия дефекта является превышение сигналом заданного порога над уровнем шума. Вся собранная в ходе контроля информация об амплитудах сигналов в относительных (условных) единицах записывается в файл. В первой строке файла содержится служебная информация, а далее по столбцам идет информация по каждому такту, в первом столбце указаны координаты положения зонда в шагах, перевод их в метрические единицы осуществляется при постобработке по заранее отградуированной таблице.

Блок управления инклинометром. Каждый отчет представляет собой два числа, соответствующих отклонениям по осям ZX и ZY (ось Z является продольной по отношению к модулю контроля).

Блок накопления информации. Обеспечивает сохранение сформированного пакета в накопителе (жесткий диск ЭВМ). На каждом шаге двигателя в блок-накопитель отправляется информационный пакет, содержащий следующие данные: время отчета, координаты (уровень погружения и угол поворота), данные инклинометра (пара углов отклонения), 14 отчетов с датчиков УЗК. Перед началом контроля оператор заполняет протокол контроля, который сохраняется вместе с данными измерений. Таким образом программное обеспечение позволяет накапливать и хранить данные измерений в структурированном виде.

Блок визуализации. Подразумевает двойную реализацию: во-первых, обеспечивает отображение данных, поступающих во время процедуры контроля в реальном времени, во-вторых, обеспечивает анализ и отображение накопленных данных в отложенное время. Отображение поступающих данных во время контроля реализовано в виде осциллограмм по каждой схеме прозвучивания (итого 14 шт.). По оси X отложено время отслеживания сигнала (строб), которое может быть выставлено индивидуально для каждой из схем.

По оси Y отложена амплитуда сигнала в вольтах. Для каждой схемы можно настроить отрезок значимости – все что перед и за отрезком отсекается в момент предобработки сигнала и в накопитель не поступает, а также коэффициент усиления сигнала. Интерфейс программы показан на рис. 4.

Отображение накопленных данных после процедуры контроля реализовано в виде графической таблицы. По оси X откладываются шаги (200 шт.), по оси Y – уровень погружения. Каждая ячейка таблицы окрашена в белый цвет с интенсивностью, соответствующей уровню сигнала. Таким образом, белые «точки» откалиброванной системы указывают на наличие дефекта. Для каждой схемы прозвучивания строится отдельная таблица. Позволяет получить информацию о координатах интересующей точки с целью подвода модуля контроля в заданное место канала.

Блок обработки осуществляет динамическую фильтрацию, масштабирование, отображение информации по амплитудам и координатам. В этом блоке, т.е. на этапе постобработки, производится калькуляция параметров контроля:

- координата по высоте переводится из условных единиц в метрическую систему, опираясь на результаты проведенной градуировки;
- абсолютные значения амплитуды переводятся в вольтаж, опираясь на выставленные коэффициенты усиления;
- высчитывается угол поворота зонда в градусах для каждой точки контроля.

Визуализация данных толщинометрии. Данные от схемы УЗК, предназначенной для толщинометрии, обрабатываются специальной программой, производящей вычисления расстояния между всплесками отраженных сигналов от внутренней и внешней стенок канала.

Визуализация данных диаметрометрии. Данные от схемы УЗК, предназначенной для диаметрометрии, обрабатываются специальной программой, производящей расчет диаметров в двух взаимоперпендикулярных плоскостях.

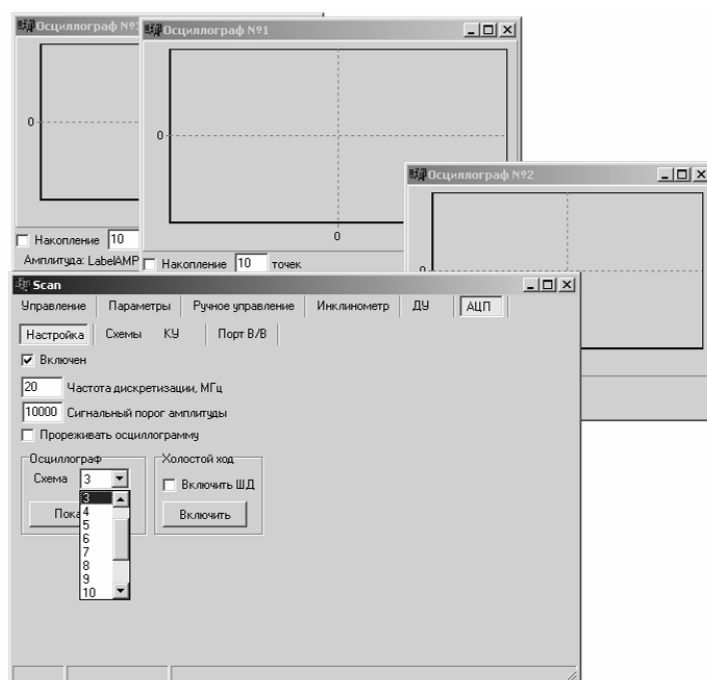


Рис. 4. Визуализация данных контроля в реальном времени

Визуализация данных об искривлении ТК. Процедура визуализация данных об искривлении ТК осложняется тем, что для каждой точки контроля имеются данные лишь об угле отклонения зонда, а не об абсолютном расстоянии зонда от продольной оси. Для определения этого расстояния предназначена программа расчета. Принцип расчета расстояния приведен на рис. 5. Для каждой точки отчета строится треугольник с гипотенузой, равной пройденному за время от предыдущего отсчета расстоянию и углом при гипотенузе, значение которого получено от инклинометра. Вычисленные значения длин катетов формируют ряд чисел a_i , являющихся расстоянием смещения относительно положения зонда в момент времени предыдущего отчета. Искомые смещения от продольной оси составляют ряд b_i и рассчитываются как $b_1 = 0$; $b_i = b_{i-1} + a_i$ для $i > 1$.

По результатам расчетов строится кривая для каждой из двух проекций ТК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате разработки алгоритма и программного обеспечения проведена автоматизация обработки и представления информации в комплексной системе контроля состояния технологических каналов. Система позволяет проводить измерения геометрических параметров ТК и целостность металла за один цикл, что значительно экономит время и снижает затраты на проведение контроля. Данные контроля сопровождаются протоколом контроля и систематизируются. Система прошла тестовые испытания и направлена на Смоленскую АЭС.

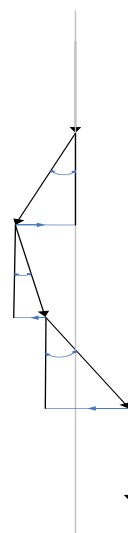


Рис. 5. Определение смещения зонда от продольной оси

Литература

1. Трофимов А.И., Балдин В.Д., Григорьев М.В. Диагностика и ремонт конструкций активной зоны энергетических ядерных реакторов РБМК-1000. – М.: Энергоатомиздат, 2002.
2. Трофимов А.И., Минин С.И., Трофимов М.А., Зильпер А.А. Автоматизированная система контроля напряженного состояния металла технологических каналов в районе переходников сталь-цирконий энергетических ядерных реакторов типа РБМК // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2000. – №4.

Поступила в редакцию 10.10.2007

ABSTRACTS OF THE PAPERS

УДК 621.039.58

Methodology of Erosion-Corrosion Wear Prediction by Neuron Net Modeling \V.I. Baranenko, O.M. Gulina, D.A. Dokukin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2008. – 6 pages, 1 table, 3 illustrations. – References – 5 titles.

There is discussed the problem of ECW in NPP equipment, also the classification of prediction models is performed. The methodology of NPP equipment ECW prediction by using of neuron net models is observed.

УДК 621.039.5

The Conservatism Estimations Providing of Reliability of Nuclear Technologies Objects Including Low Statistics of Failures \Y.V. Volkov, D.S. Samohin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2008. – 8 pages, 1 table, 5 illustrations. – References – 7 titles.

The method of the analysis of a degree of the conservatism estimations of reliability and safety parameters of nuclear technologies objects is developed and shown on data of reactor VVR-C emergency shutdowns. Opportunities of the offered approach are shown by the analysis of statistical data on failures of the equipment, including low statistics of failures.

УДК 621.039.564

Automatic Complex Control System of Condition of Technological Channels of the RBMK-1000 Reactor \A.I. Trofimov, A.V. Nahabov, M.G. Kalenishin, S.I. Minin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2008. – 6 pages, 5 illustrations. – References – 2 titles.

The results of development the algorithm and software for the complex control system have been shown in the article. The system allows to control diameter, linearity and thickness of technological channels. Also defects of a channel's metal are detected by the system.

УДК 519.7:574

Analyze of the Distribution Functions Soils Biological Activity in Technogenic Contaminated Areas \N. Pavlova, V. Romancov, E. Sarapul'seva; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2008. – 7 pages, 3 illustrations. – References – 13 titles.

In this work a lot of biological activity parameters have been analyzed. The results were processed statistically. This work demonstrates that CO₂ flux, metanogenic and denitrificated activities of soil microorganisms are statistically significant for biological analysis of technogenic contaminated areas.

УДК 621.039.5

Georeactor in Bowels of the Earth \A.A. Bezborodov, N.V. Gusev, I.R. Suslov, V.I. Folomeev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2008. – 11 pages, 4 illustrations, 3 tables. – References – 40 titles.

The possibility of long proceeding of nuclear fission chain reactions in Earths bowels during 4 gygarears up to date is researched. Natural fast breeder in state of "lakes" may have been formed in settling down of uranium oxides or uranium carbides from liquid layer onto a solid Earths core. Mechanism of uranium concentration at the Earths core have been given. Corresponding experiments have carried out. In this layer chain nuclear reaction could occurred with new fissile nuclides breeding. Neutron physics performance data of the georeactor have been calculated. It is possible that it takes place pulse mode operation haw it was in case of natural nuclear reactor in Oklo (Gaboon). International set neutrino detectors are available to detect georeactor characteristics.