

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГРАФИТОВЫХ ЯЧЕЕК РЕАКТОРОВ ЭГП-6

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

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



В работе представлена автоматизированная система контроля геометрических параметров графитовых ячеек реакторов ЭГП-6. Приведены устройство системы и алгоритм обработки информации, поступающей от измерительных датчиков.

Графитовая кладка является одним из основных элементов активной зоны реакторов ЭГП-6. Тепловыделяющие сборки расположены в вертикальных отверстиях графитовой кладки – ячейках. При работе реактора под действием радиоактивного излучения и температуры изменяются физические свойства графита. Происходит разбухание графитовых блоков, что приводит к изменению диаметра и искривлению ячейки по высоте.

В проблемной лаборатории ИАТЭ «Контроль и диагностика АЭС» разработана автоматизированная система контроля геометрических параметров графитовых ячеек реакторов ЭГП-6. В ее состав входят измерительный зонд с датчиками, кабель, электронный блок регистрации и обработки информации, ЭВМ (рис. 1).

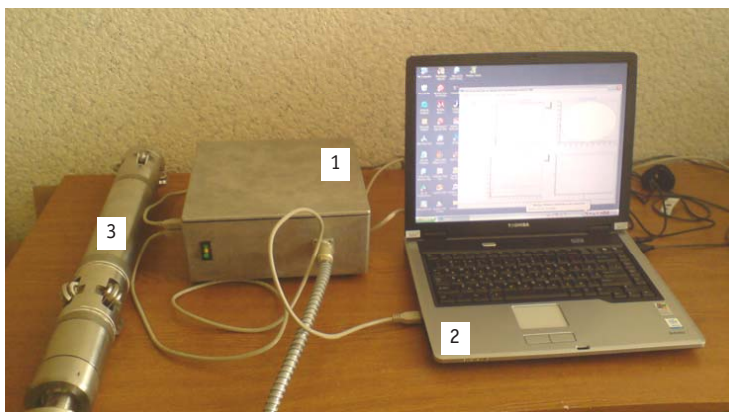


Рис. 1. Внешний вид автоматизированной системы контроля: 1 – электронный блок регистрации и обработки информации, 2 – ЭВМ, 3 – измерительный зонд

© **А.И. Трофимов, С.И. Минин, М.Г. Каленишин, А.В. Нахабов, 2008**

Измерительный зонд представляет собой герметично закрытую с обоих концов трубу, в которой находятся датчики. Зонд через шарнирное соединение соединен со штангой и перемещается вдоль ячейки кран-балкой. Зонд снабжен верхними и нижними центрирующими роликами и соединен с электронным блоком регистрации и обработки информации кабелем, который защищен металлорукавом и прокладывается во внутренней полости штанги.

Контроль диаметра осуществляется при помощи четырех датчиков перемещения 1–4, связанных с нижними роликами. Каждый из датчиков механически связан с одним роликом, который непосредственно соприкасается со стенкой ячейки. В верхней части зонда расположен датчик контроля искривления (инклинометр), который измеряет углы наклона зонда в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и выдает информацию об углах наклона в цифровом виде по интерфейсу RS-485.

В измерительном блоке регистрации и обработки информации размещены АЦП, нормирующие преобразователи, преобразователь интерфейса. Каждый из датчиков линейного перемещения 1–4 соединен по трехпроводной схеме с нормирующим преобразователем 1–4. Сигналы измерений от каждого преобразователя в вольтах поступают на многоканальный АЦП, который передает полученные данные по интерфейсу USB на ЭВМ. Данные инклинометра поступают на конвертер интерфейса, предназначенный для преобразования интерфейса RS-485 в USB. После преобразователя интерфейса данные инклинометра поступают на ЭВМ.

В ЭВМ осуществляется сбор, хранение и обработка информации измерительных датчиков. Блок-схема алгоритма сбора и обработки информации представлена на рис.3. Перед проведением контроля оператор заполняет протокол. Контроль проводится при движении контролирующего зонда вверх с заданной скоростью. С датчиков линейного перемещения снимаются показания и на их основе вычисляются значения диаметров. С инклинометра считываются показания углов отклонения. На основе этих данных высчитываются абсолютные отклонения от оси. Все получаемые данные отображаются на дисплее и записываются на жесткий диск.

Программное обеспечение построено по двухуровневому принципу. На верхнем уровне расположен управляющий программный блок, который выполняет все

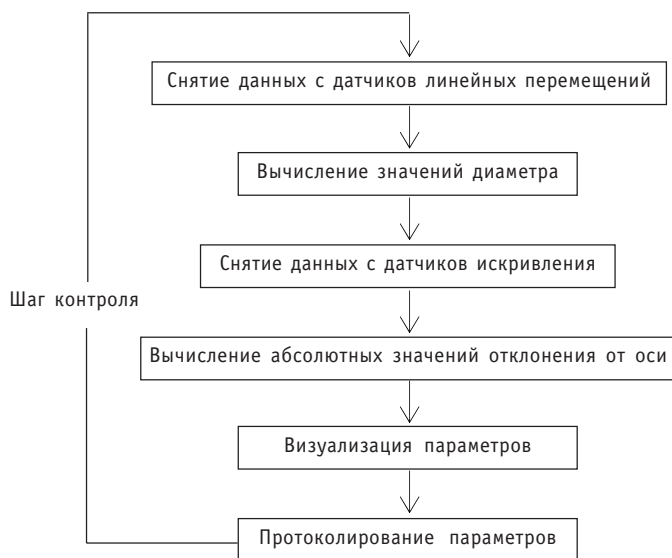


Рис. 2. Алгоритм контроля

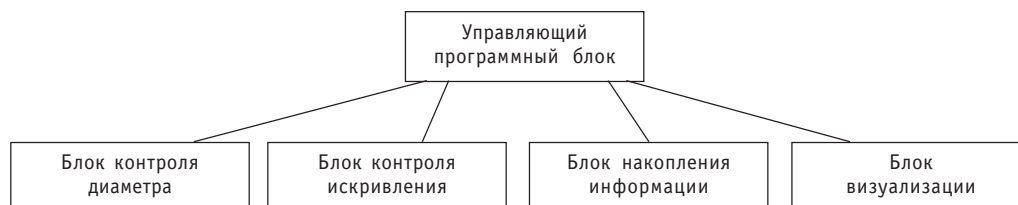


Рис.3. Схема организации ПО

координирующие действия. Он отвечает за организацию контроля и взаимодействие остальных блоков. На нижних уровнях располагаются программные блоки, взаимодействующие с отдельными устройствами и обеспечивающие дополнительные функции. В состав программного обеспечения входят следующие программные блоки: обработки информации от датчиков линейного перемещения, обработки информации инклинометра, накопления информации, визуализации. Схема организации программного обеспечения показаны на рис. 3. Каждый из блоков может содержать несколько внутренних подпрограмм.

В блоке обработки информации от датчиков линейного перемещения производится считывание данных в несколько итераций с последующим усреднением получаемых значений. Полученные усредненные значения четырех датчиков линейного перемещения поступают в блок подсчета. По формуле подсчета с использованием заданных заранее коэффициентов подсчитываются два – значения диаметров по двум взаимно перпендикулярным осям. Полученные значения диаметров передаются в блок накопления информации.

В блоке обработки информации инклинометра каждый отчет представляет собой два числа, соответствующих отклонениям по осям ZX и ZY (ось Z является продольной по отношению к контролирующему зонду).

Блок накопления информации обеспечивает сохранение сформированного пакета в накопителе (жесткий диск ЭВМ). На каждом шаге контроля в блок-накопитель отправляется информационный пакет, содержащий следующие данные:

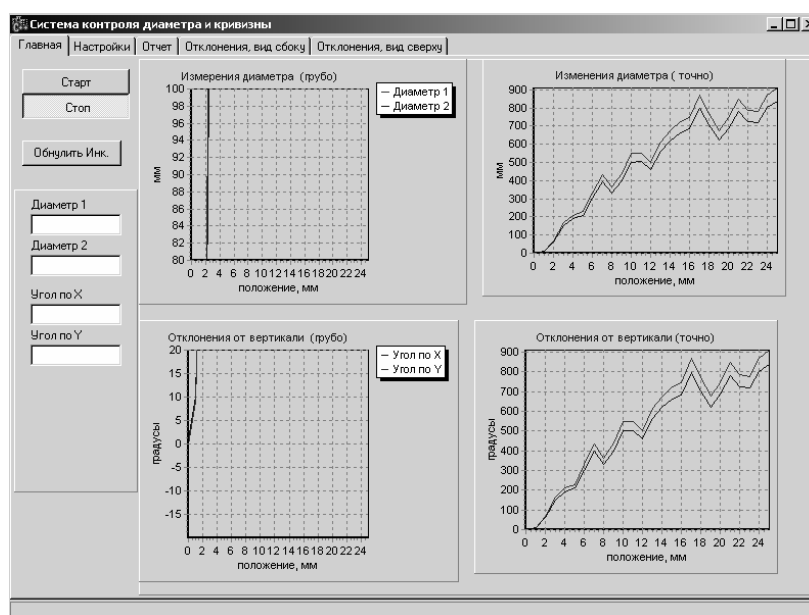


Рис. 4. Окна представления измерительной информации

время отчета, вертикальная координата (подсчитывается на основе времени и заданной в протоколе скорости подъема), углы отклонения от оси, подсчитанные абсолютные отклонения от оси, подсчитанные диаметры. 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 обеспечивает отображение данных, поступающих во время процедуры контроля в реальном времени. Отображение данных реализовано в виде набора графиков, показанных на рис. 4. Каждая пара графиков отображает данные в грубом и точном масштабах. Для параметра искривления визуализируются также абсолютные отклонения от продольной оси. Для этого строятся два графика: в системах координат «координата–отклонение» (по каждой из двух осей) и «отклонение–отклонение», так называемая мишень (рис. 5).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

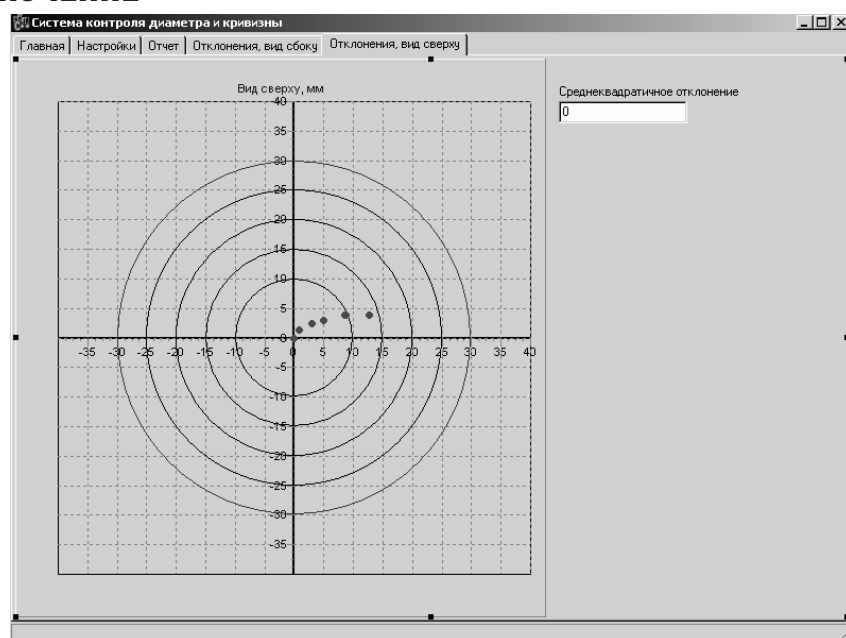


Рис. 5. Представление данных об искривлении в виде мишени

Автоматизированная система контроля геометрических параметров графитовых ячеек позволяет проводить измерения диаметра и искривления с высокой точностью. Погрешность измерения диаметра составляет 0.01 мм, измерения углов – 0.05 град. Представление значений диаметров осуществляется на двух графиках, отличающихся масштабом (грубый и точный). Значения искривления представляются графиками углов и в виде «мишени» ячейки.

## Литература

1. Трофимов А.И., Балдин В.Д., Григорьев М.В. Диагностика и ремонт конструкций активной зоны энергетических ядерных реакторов РБМК-1000. – М.: Энергоатомиздат, 2001.

Поступила в редакцию 24.10.2007

## ABSTRACTS OF THE PAPERS

### УДК 621.039.5

*Method for Analysis of Serviceability of the Measuring System and Software for VVER-1000 In-Core Monitoring* \ R.R. Alyev, S.T. Leskin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnich zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of High Schools. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2008. – 9 pages, 9 illustrations. – References, 2 titles.

A method is presented which makes it possible to estimate the serviceability of the measuring system for in-core monitoring. The method also enables comparing the power density distribution of the VVER-1000 reactor core obtained with different software, as well as detecting unreliable readings of the power density detectors and identifying the core abnormal conditions. The method is used for analyzing in-core monitoring data at Kalinin NPP. Unreliable readings of the measuring system have been detected. Comparison of different versions of the in-core monitoring software has also been performed.

### УДК 621.039.58

*Analysis of Recent Human Reliability Analysis Methods at Nuclear Technologies* \ Yu.V. Volkov, A.V. Sobolev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnich zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of High Schools. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2008. – 7 pages. – References, 11 titles.

In paper consider challenges of modern techniques for human reliability analysis. The fallacy of way to develop methods HRA towards expansions of a list considered performance shaping factors that influencing to personnel performance is shown. Questions of developing of databases on occurrences at the NPP to obtain, on the basis of analysis this information, parameters necessary for performance PRA are mentioned, and also recommendations to organization of such systems are given. Possible classification of operators or crew errors is presented.

### УДК 621.039.5

*Automated Geometric Characteristic Inspection System of Graphite EGP-6 Reactor* \ A.I. Trofimov, S.I. Minin, M.G. Kalenishin, A.V. Nahabov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnich zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of High Schools. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2008. – 4 pages, 5 illustrations. – References, 1 title.

The paper presents the automated geometric characteristic inspection system of graphite EGP-6 reactor. System structure and sensor information handling algorithm are described.

### УДК 628.31

*Sorbition Properties of New Type Alumosilicate Adsorbent* \ A.S. Shilina, V.K. Milunchuk; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnich zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of High Schools. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2008. – 7 pages, 5 illustrations, 1 table. – References, 5 titles.

The structure and sorbition properties of new type alumosilicate adsorbent was studied. The specific area of the surface sorbent is equal about 700 m<sup>2</sup>/g, the dimensions of sorbent particles is equal from 2 to 20 mkm, the filled density of the sorbent powder is equal 0.3 g/cm<sup>3</sup>. The sorbition capacity of the sorbent is equal by the cations (mg/g): calcium – 130, iron – 670, cobalt – 60, nickel – 100, lead – 40 and strontium – 300. The sorbition ability of sorbent keeps to 600°C.

### УДК 621.039.524.5

*Estimates of Lithium-6 and Helium-3 Nuclei Accumulation in Beryllium Blocks for the MIR Reactor Neutronic Analysis* \ V.V. Kalygin, A.P. Malkov, V.V. Pimenov, A.B. Ovchinnikov; Editorial board of Journal «Izvestia visshikh uchebnich zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of High Schools. Nuclear power engineering). – Obninsk, 2008. – 7 pages, 5 illustrations. – References – 9 titles.

Neutron irradiation causes reactions in beryllium blocks of the MIR reactor core that leads to an accumulation of <sup>3</sup>He and <sup>6</sup>Li nuclei in them, which have a large thermal neutron capture cross-section. The accumulation of a neutron absorber in the reactor moderator leads to changes in the most important physical characteristics, i.e. reactivity margin, control rod worth, reactivity effects,