

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ УСТАНОВКИ «КОРИНА-2»

Наурызбаев Р.Ж., Сысалетин А.В., Ермаков В.А., Ильиных С.А., Кудранова А.Б., Сапатаев Е.Е.

Филиал «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

В 2019 году в Филиале «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК (Филиал ИАЭ РГП НЯЦ РК) проводились работы по разработке информационно-управляющей системы (ИУС) установки «КОРИНА-2». Были сформулированы задачи, которые решались в результате реализации указанного проекта, разработаны алгоритмы обработки данных от первичных преобразователей, способы визуализации и представления информации на рабочий экран оператора. Итогом данной работы является система, в которой реализовано осуществление таких функций как измерение, вычисление, управление, регистрация и отображение экспериментальной информации на установке «КОРИНА-2».

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для хранения ядерного топлива применяется упаковка на основе герметичных чехлов из нержавеющей стали, которые являются вторым барьером для выхода радионуклидов в окружающую среду [1].

Основанием для беспокойства при сухом длительном хранении топливных сборок является опасность возможного коррозионного растрескивания оболочек твэлов, обусловленная действием растягивающего напряжения, возникающего за счет давления газообразных продуктов деления внутри твэла. В процессе нейтронного облучения материал оболочек твэлов значительно изменяет свои свойства. Однако расчетные оценки показывают незначительный рост напряжения в оболочках твэлов за 40 лет хранения [2].

Установка «КОРИНА-2» разработана для выполнения коррозионных испытаний конструкционных материалов отработавших ТВС реактора БН-350 при воздействии температуры и растягивающей нагрузки. Данная установка является модифицированной версией установки «КОРИНА», разработанного в 2009 г. Основным отличием от предшествующей модели является применение цельнолитого каркаса для увеличения жесткости, применены самоцентрирующие захваты, использована двухконтурная печь для снижения градиента температуры и применены высокоточные средства измерений [3–5].

Для успешного проведения исследований и оперативного управления ими очень важно своевременное предоставление достоверной информации в нужном виде, в нужном месте, и в нужное время, причем данная информация должна быть очень быстро обработана. Таким образом, ИУС должна обеспечивать качественно новые возможности для более точных измерений, обработки и последующего анализа получаемых данных, представления информации на современном гибком и удобном интерфейсе и гарантировать стабильность работы, точность и полноту сбора данных. Для решения поставленных задач отделом автоматизации систем контроля и управления, совместно с лабораторией радиационного материа-

ловедения Филиала ИАЭ РГП НЯЦ РК разработана информационно-управляющая система установки «КОРИНА-2».

ЗАДАЧИ ИУС ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ «КОРИНА-2»

На данный момент исследования на установке «КОРИНА-2» направлены на одноосное растяжение при механических испытаниях (с целью определения прочностных характеристик, таких как предел прочности, предел текучести, относительное удлинение и т.п.), коррозионных испытаниях при постоянной скорости деформации или постоянной растягивающей нагрузке.

Схема установки «КОРИНА-2» представлена на рисунке 1.

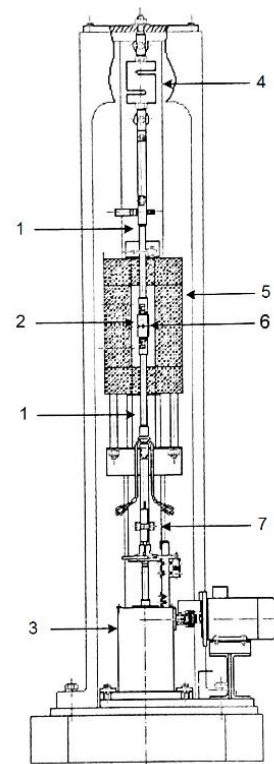


Рисунок 1. Установка «КОРИНА-2»

В состав экспериментальной установки входят:

- 1) охлаждаемые тяги;
- 2) захваты;
- 3) редуктор;
- 4) динамометр;
- 5) нагревательная камера;
- 6) образец;
- 7) датчик измерения деформации образцов.

Во время испытаний, для поддержания постоянной нагрузки на образец, необходимо контролировать удлинение образца и, в соответствии с этим, изменять усилие, действующее на образец. Изменение усилия, действующего на образец, достигается управлением двигателя редуктора. Данная функция реализована с помощью разработанной в настоящее время ИУС.

ИУС установки «КОРИНА-2» представляет собой комплекс измерительных средств и вспомогательного оборудования и предназначена для осуществления следующих функций:

- сбор и преобразование измерительной аналоговой информации от первичных преобразователей экспериментальной установки;
- расчёт по заданному алгоритму и отображение текущих значений результатов косвенных измерений на экране оператора;
- формирование управляющих сигналов на агрегаты установки и управление системой нагружения образца по заданному значению нагрузки;
- регистрация текущей измерительной информации;
- отображение значений измеряемых физических величин (температуры в нагревательной камере установки – °С, удлинения образца – мм, силы растяжения образца – кН), в графической форме;
- сохранение данных на магнитных носителях ПЭВМ-контроллера в виде файлов в формате Microsoft Excel.

ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В программном обеспечении ИУС реализованы вычисления нагрузки на образец, изменения его сечения и удлинения.

Длина образца после нагружения рассчитывается по формуле:

$$L_i = L_0 + \Delta L_i ,$$

где L_0 – начальное значение длины (задается вручную), мм; ΔL_i – удлинение образца (измеряется датчиком Mitutoyo ID-F 125), мм².

Сечение образца рассчитывается по формуле:

$$S_i = S_0 \cdot (L_0 / L_i) ,$$

где L_i – длина исследуемого образца после нагружения, мм; S_0 – начальное значение сечения и длины (задается вручную), мм²; L_0 – начальное значение длины (задается вручную), мм.

Значение нагрузки σ_i (Н/мм²) вычисляется по формуле:

$$\sigma_i = (F_i / S_i) ,$$

где F_i – сила растяжения образца (измеряется динамометром Мегавес ДАЦ-У-5-1/4), Н; S_i – изменение сечения образца, мм².

Температура в нагревательной камере установки измеряется термопарами типа К (хромель-алюмелевые термопары, ХА). Термопары подключены к модулю ICP DAS ET-7019Z, который самостоятельно пересчитывает электрические сигналы с термопар (мВ) в физические значения (°С) и передает значения на АРМ оператора.

Все значения регистрируются в файл Microsoft Excel (.csv) на АРМ оператора.

ВЫБОР АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИУС

При выполнении работ в части создания программного обеспечения ИУС установки «КОРИНА-2» осуществлен подбор аппаратных и программных средств, обеспечивающих техническую реализацию проекта. Реализованы алгоритмы вычислений для представления значений измеряемых параметров в единицах физических величин.

Структурная схема ИУС экспериментальной установки «КОРИНА-2» приведена на рисунке 2.

Конструктивно ИУС состоит из ПЭВМ, модуля ввода/вывода ADAM серии 4000 [6], модуля ICP DAS ET-7019Z, электронного динамометра ДАЦ-У-5-1/1 и датчика линейного перемещения Mitutoyo ID-F 125:

- Модуль ADAM-4520 представляет собой устройство гальванической развязки и преобразования сигналов интерфейса RS-232 в сигналы, соответствующие стандартам EIA RS-485, и обратного преобразования. Модуль служит для управления преобразователем частоты векторным ПЧВ 102-1 K5-B;
- Модуль ввода/вывода ICP DAS ET-7019Z служит в ИУС для чрезвычайно точного измерения аналоговых сигналов от термопар и имеет автоматическую компенсацию холодного спая для каждого канала. Для удаленного чтения сигналов термопар модуль соединен с специальной платой клемников DN1822 через кабель CD-2518D (25 pin). Связь с ПЭВМ осуществляется по Ethernet-интерфейсу (10/100 Base-TX). Модуль представлен на рисунке 3;
- Включение электронного динамометра ДАЦ-У-5-1/4 и датчика измерения растяжения Mitutoyo ID-F 125 в схему ИУС осуществляется через интерфейсы RS-232, для чего на АРМ оператора установлены специальные драйверы виртуальных СОМ-портов (USB to COM). Для объединения в общую систему всех компонентов был интегрирован алгоритм опроса (драйвер) в программное обеспечение ИУС установки «КОРИНА-2», а именно в SCADA систему (Supervisory Control And Data Acquisition System) Trace Mode 6, производства AdAstra, Россия [7].

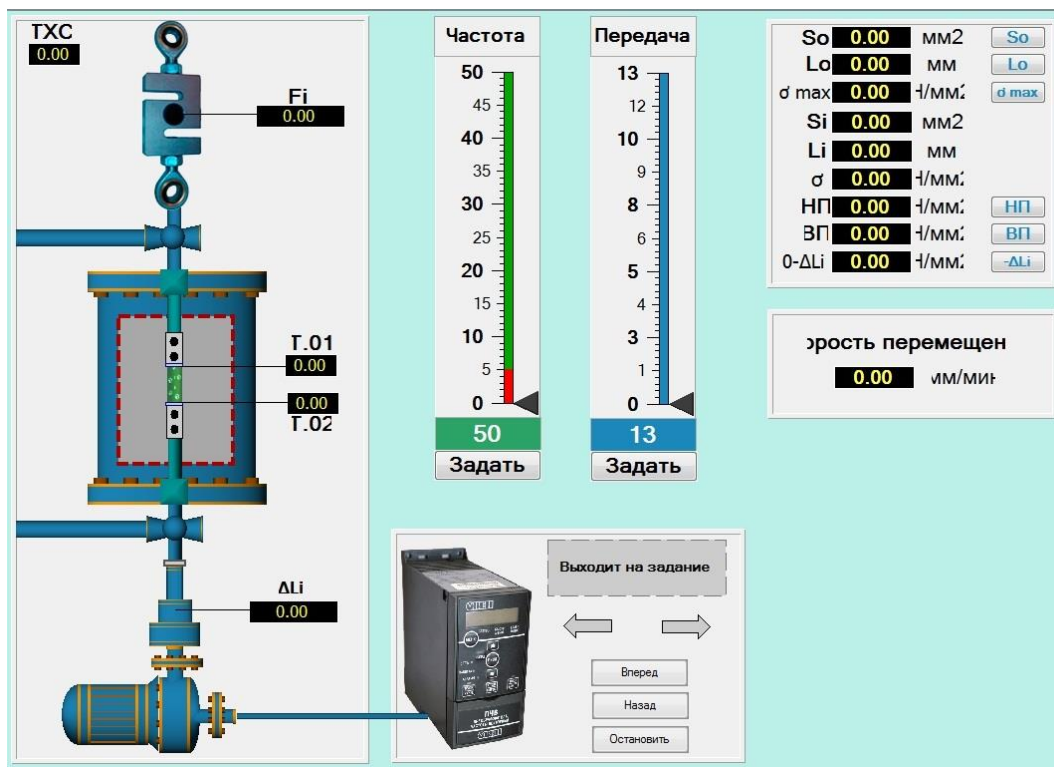


Рисунок 4. Экран оператора

По итогам реализации указанного проекта обеспечено выполнение всех указанных в настоящей статье технических требований к измерительной и управляющей системе экспериментальной установки «КОРИНА-2». В разработанной ИУС применены эргономические оформленные рабочие места операторов управления установкой, в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50923-96 [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Изучение поведения отработавших топливных сборок ядерных реакторов при их длительном сухом хранении: отчет о НИР (заключительный): 02.02.05 / ДГП ИАЭ РГП НЯЦ РК; рук. Б.Д. Уткелбаев. – Курчатов, 2009. 20 с. – № ГР 0105РК00017.
2. Исследование изменений структурно-фазового состояния и коррозионной стойкости конструкционных материалов ОТВС РУ БН-350 в результате реакторного облучения, и последующего термического и механического воздействия: отчет о НИР (промежуточный) / Филиал ИАЭ РГП НЯЦ РК; В.В. Бакланов, Е.Т. Коянбаев, Е.Е. Сапатаев [и др.]. – Курчатов, 2015. – ГР № 0115РК02012.
3. Установка «КОРИНА-2»; Техническое задание на разработку / Филиал ИАЭ РГП НЯЦ РК; №744вн/12-230-02. – Курчатов, 2015 г.
4. Разработка установки «КОРИНА-2». Қызатов А.С., Сапатаев Е.Е., Каражигитов Д.Б. – Ядерный потенциал Республики Казахстан: Сборник докладов, выпуск 13 - Астана, 2017 г.
5. Акт о вводе в эксплуатацию установки «КОРИНА-2» / Филиал ИАЭ РГП НЯЦ РК; №12-230-02/2368вн – Курчатов, 2019 г.
6. ADAM 4000 Series Data Acquisition Modules User's Manual, Edition 10.3 – 2006 Advantech Co., Ltd.
7. Интегрированная среда разработки Trace Mode 6; AdAstra Research Group. Ltd.; Москва. – 2016.
8. Руководство пользователя SCADA Trace Mode 6. Том 1. 14 издание. – Москва 2011.
9. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. – М.: Изд-во стандартов, 1988.

Выводы

В результате проделанной работы разработана ИУС установки «КОРИНА-2», предназначенная для ввода сигналов первичных преобразователей (датчиков), регистрации и представления данных в виде измеряемых физических величин, а также вывода управляющего сигнала на асинхронный двигатель, удовлетворяющая требованиям технического задания.

«КОРИНА-2» ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ АҚПАРАТТЫҚ-БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Р.Ж. Наурызбаев, А.В. Сысалетин, В.А. Ермаков, С.А. Ильиних, А.Б. Кудранова, Е.Е. Сапатаев

ҚР ҰЯО РМК «Атом энергиясы институты» филиалы, Курчатов, Қазақстан

2019 жылы ҚР ҰЯО РМК «Атом энергиясы институты» филиалында «КОРИНА-2» қондырғысының ақпараттық-басқару жүйесін (АБЖ) әзірлеу бойынша жұмыстар жүргізілді. Аталған жобаны іске асыру нәтижесінде межелі міндеттер шешілді, бастапқы түрлендіргіштерден алынған деректерді өңдеу алгоритмдері, оператордың жұмыс экранына ақпаратты визуализациялау және ұсыну тәсілдері әзірленді. Бұл жұмыстың қорытындысы «КОРИНА-2» қондырғысында эксперименттік ақпаратты өлшеу, есептеу, басқару, тіркеу және көрсету сияқты функцияларды жүзеге асыратын жүйе болып табылады.

INFORMATION AND MANAGEMENT SYSTEM DEVELOPMENT FOR “KORINA-2” FACILITY

R.Zh. Nauryzbayev, A.V. Sysaletin, V.A. Yermakov, S.A. Ilyinykh, A.B. Kudranova, E.E. Sapatayev

Branch “Institute of Atomic Energy” RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

In 2019 members of the “Institute of Atomic Energy” branch of RSE NNC RK carried out work on Information and Management System (IMS) development for “KORINA-2” facility. Tasks were defined, solved as a result of indicated project implementation, data processing algorithms from primary converters, methods for information visualization and presentation on operator’s display screen were developed. The outcome of this work was a system, in which functions such as measurement, calculation, management, registration and display of experimental information at “KORINA-2” facility were implemented.