

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АКТИВНЫХ ЗОН НА КРИТИЧЕСКИХ СТЕНДАХ

М. А. Соснин, А. В. Белин

ОАО «Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И. И. Африкантова», г. Нижний Новгород

ОАО «ОКБМ Африкантов» – один из ведущих исследовательских институтов атомной отрасли, располагает обширной исследовательской и экспериментальной базой. В состав организации входит Научно-исследовательский испытательный комплекс (НИИК), включающий в себя пять исследовательских лабораторий и более 70 экспериментальных установок различной специализации. Среди них особенно стоит выделить комплекс критических стенов, состоящий из стенов «холодных» (СТ-659) и «горячих» (СТ-1125) испытаний. Уникальное измерительное оборудование, а также комплекс систем и механизмов позволяют проводить на критических стенов предприятия весь спектр экспериментальных исследований, необходимых для изучения нейтронно-физических характеристик как штатных, так и модельных активных зон водо-водяных реакторов.

Для повышения представительности эксперимента, а также в рамках плановой модернизации стеновой базы, начиная с 2000 года на критических стенов предприятия идет внедрение комплексной автоматизированной системы научных исследований (АСНИ). Работа проводится в несколько этапов.

На подготовительном этапе была создана защищенная локально-вычислительная сеть (ЛВС) физической лаборатории, закуплено и смонтировано оборудование, необходимое для связи существующих аналоговых измерительных устройств и современной цифровой вычислительной техники (ПЭВМ).

В дальнейшем были разработаны информационно-измерительные комплексы критических стенов, обеспечивающие опрос измерительных каналов и отображение полученной информации на мониторах ЭВМ персонала критических стенов. Силами сотрудников физической лаборатории разработаны специализированные программные продукты, осуществляющие предварительную обработку и хранение данных. Разработана структура базы данных для долгосрочного хранения полученной информации.

Схема существующей на настоящий момент АСНИ комплекса критических стенов представлена на рис. 1.

Разработанная система обеспечивает измерение следующих параметров критсборки:

- нейтронный поток;
- период удвоения мощности;

- реактивность;
- положение компенсирующих органов;
- температура в активной зоне и ее приращение;
- температуры в механизмах стенов;
- расходы жидкостей;
- давления.

Данный объем информации позволяет определить следующие основные характеристики активных зон:

- дифференциальная эффективность РО КР;
- подкритичность активной зоны в различных состояниях;
- запас реактивности активной зоны;
- эффективность органов СУЗ;
- температурный и барометрический коэффициенты реактивности;
- температурный эффект реактивности;
- распределения энерговыделения по объему и высоте активных зон.

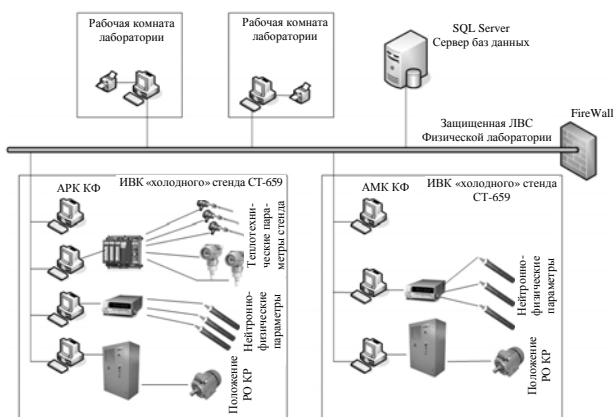


Рис. 1. Структурная схема АСНИ комплекса критических стенов физической лаборатории

АСНИ комплекса критических стенов состоит из АСНИ «горячего» критического стенов СТ-1125 и АСНИ «холодного» критического стенов СТ-659. Эти системы практически идентичны с той лишь разницей, что в состав «холодного» стенов не входит система контроля теплотехнических параметров сборки, так как эксперименты на нем проводятся при температуре и давлении окружающей среды. Так что для понимания принципа работы достаточно рассмотреть АСНИ «горячего» стенов.

АСНИ полномасштабного критического стенда СТ-1125 предназначена для автоматизации научных исследований нейтронно-физических характеристик различных активных зон (и их фрагментов) водо-водяных ядерных реакторов в холодном состоянии и при разогреве активной зоны до рабочей температуры внешним источником тепла.

Система реализована в виде распределенной автоматизированной системы. Структурная схема АСНИ представлена на рис. 2.

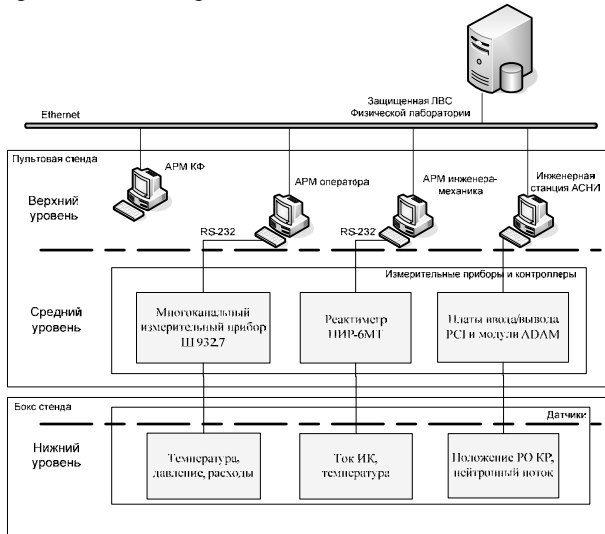


Рис. 2. Структурная схема АСНИ «горячего» критического стенда

АСНИ обеспечивает измерение до 100 аналоговых сигналов от датчиков, а также сбор, расчет и архивацию физических параметров.

Функции АСНИ:

- сбор и преобразование в цифровую форму данных от первичных датчиков;
- проверка работоспособности измерительных каналов;
- архивация в базе данных результатов эксперимента;
- обработка и оперативное отображение информации о состоянии объекта исследования в виде мнемосхем, графиков и таблиц в реальном масштабе времени;
- контроль нахождения параметров в границах, заданных соответствующими уставками, и сигнализация нарушения этих границ;
- постэкспериментальная обработка данных с выдачей информации в виде таблиц и графиков.

Структурно АСНИ представляет собой трехуровневую иерархическую систему.

Нижний уровень состоит из:

- датчиков теплотехнических, технологических и нейтронно-физических параметров;
- датчиков указателей положения рабочих органов компенсации реактивности (РО КР).

Средний уровень состоит из:

- многоканального измерительного прибора Ш-932.7;

- реактиметра ПИР-6М;
- штатной пультовой аппаратуры контроля потока нейтронов КАРПАТЫ.

Верхний уровень реализован на РС-совместимых персональных ЭВМ с необходимым периферийным оборудованием. На верхнем уровне реализовано четыре рабочих места:

- АРМ инженера-механика;
- АРМ оператора критического стенда;
- АРМ контролирующего физика;
- инженерная станция АСНИ.

Все ПЭВМ соединены между собой локальной сетью Ethernet. Связь со средним уровнем осуществляется через интерфейс RS-232.

Также к локальной сети подключена серверная ЭВМ, на которой установлена SQL совместимая база данных, работающая под управлением MS SQL Server 2005.

Программное обеспечение АСНИ.

Для реализации функций верхнего уровня используются:

- операционная система MS Windows XP;
- сервер баз данных SQL Server 2005;
- пакет программ MS Office 2003;
- специализированное программное обеспечение, разработанное сотрудниками физической лаборатории. При разработке использовались NI LabView и MS Visual Studio.

Для хранения результатов экспериментов была разработана и внедрена универсальная база данных. В качестве сервера базы данных был выбран SQL Server 2005. Структура базы данных обеспечивает надежное хранение следующей информации:

- данные, позволяющие однозначно определить исследуемую сборку (тип активных зон, дата эксперимента, обозначение активных зон, ...);
- набор алгоритмов и характеристик, исследуемых в эксперименте (аналог рабочей программы);
- массив «сырых» данных от измерительных каналов;
- необходимый для дальнейших расчетов пакет данных, прошедших предварительную обработку (усреднение, отбраковку грубых промахов, ...);
- материалы отчетов по результатам экспериментов.

Функция контроля целостности базы данных ограничивает возможность ошибочного или некорректного ввода либо использования информации.

Гибкая система контроля несанкционированного доступа к базе данных позволяет разделить пользователей на несколько групп:

- администратор БД;
- разработчик программы испытаний;
- оператор-испытатель;
- контролирующий физик (функция обработки результатов).

Такая система доступа предотвращает возможность некомпетентного (в т. ч. и случайного) ввода или редактирования данных. Кроме того, используемая система доступа, а также наличие защищенной локально-вычислительной сети физической лаборатории позволяют подключить сервер к ЛВС лаборатории и использовать пользовательские приложения на любом зарегистрированном ПЭВМ для разработки программы испытаний или анализа результатов измерений.

Специализированное программное обеспечение, разработанное для системы АСНИ критического стенда, предоставляет персоналу всю полноту информации о состоянии сборки, позволяет оперативно обра-

батывать полученные результаты, а также предоставляет доступ к архиву данных.

Дальнейшее развитие комплекса предполагает проведение в период до 2015 года комплексной замены оборудования критических стендов на современные аналоги, замены систем управления и защиты, а также внедрение автоматизированной системы управления. Также планируется создание вычислительных программ для финальной обработки экспериментальных данных.

Для реализации заявленных мероприятий в ОАО «ОКБМ Африкантов» разработана и реализуется программа комплексной модернизации критических стендов.