

СЕКЦИЯ 6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

КОСТЮЧЕНКО А.Н., МЫТАРЕВ А.В.

ООО «НПФ «Сосны», г. Димитровград, Россия

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

В докладе представлен накопленный в ООО «НПФ Сосны» опыт проектирования автоматизированных систем контроля управления для АЭС и других предприятий ядерного топливного цикла. Рассмотрены вопросы проектирования технического, программного, метрологического и информационного обеспечения систем и показаны основные отличия от общепромышленных систем управления.

В настоящее время атомная энергетика России включает в себя более 30-ти научных и промышленных предприятий ядерного топливного цикла, выполняющих работы с ядерными материалами. Большинство из них имеют свою уникальную историю, основанную на многолетнем применении исследовательских, промышленных и опытно-промышленных установок различного назначения, потенциально являющихся источниками опасности для жизни населения. В процессе эволюции предприятий наряду с совершенствованием производственной базы осуществляется постоянная модернизация контролируемых систем и систем управления технологическим оборудованием с целью приведения их в соответствие с постоянно ужесточающимися требованиями по общепромышленной, ядерной и радиационной безопасности и уменьшения влияния ошибок персонала на эффективность и безопасность технологий.

В рамках работ по модернизации, обращению с ОЯТ и выводу из эксплуатации объектов ядерного топливного цикла в компании ООО «НПФ СОСНЫ» ведутся работы по обоснованию, проектированию, изготовлению и внедрению удовлетворяющих современным критериям безопасности автоматизированных систем контроля и управления для российских и зарубежных предприятий. К настоящему времени в компании накоплен большой опыт по созданию систем типа АСУ ТП, АСРК, САС СЦР, информационных систем различного назначения, радиационно стойких телевизионных систем и систем служебной связи.

В отличие от общепромышленных автоматизированных систем, к оборудованию, предназначенному для работы на АЭС и других предприятиях ядерного топливного цикла, предъявляются особые требования. Среди наиболее значимых документов, существенно ограничивающих применение типовых общепромышленных решений в этой отрасли следует упомянуть НП-001-97 [1], НП-016-05 [2], НП-026-04 [3], НП071-06 [4], ГОСТ 62138-2010 [5].

Оборудование, важное для безопасности, должно быть способно выполнять свои функции в условиях воздействия природных явлений и

внешних техногенных событий, свойственных выбранной для сооружения объекта и при возможных механических, тепловых, химических и прочих воздействиях проектных аварий. В связи с этим, необходимо проводить испытания головных образцов оборудования на сейсмостойкость, климатическую и электромагнитную совместимость и сертификацию оборудования в системе сертификации оборудования, изделий и технологии для ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения. Такие работы выполняются только в специально аккредитованных организациях; время и средства, затрачиваемые на сертификацию, значительны, что стимулирует проектанта изначально создавать универсальные средства, обладающие ресурсом, достаточным для успешного проведения всех испытаний. Следует также отметить, что, несмотря на широкую номенклатуру представленных на рынке промышленных контроллеров и других технических средств, большинство из них не сертифицированы для применения на АЭС, что существенно ограничивает разработчиков.

В проекте оборудования, важного для безопасности АЭС, должны быть представлены результаты анализа реакций системы управления на возможные отказы в системах управления; надежности функционирования систем управления и устойчивости контуров управления [5]. Таким образом, основной акцент в проекте делается не на применение новых технических средств на базе «модных» технологий, а на применение проверенных временем технических решений с многосторонним рассмотрением их надежности и безопасности изделия в целом.

При разработке программного обеспечения (ПО) автоматизированных систем разработчики, кроме традиционных этапов – спецификации требований, проектирования, кодирования, тестирования, документирования и сопровождения программных продуктов – учитывают ряд специфических требований, призванных обеспечить надежность ПО и безопасность системы в целом. Разработка ПО ведется в соответствии с каскадной моделью жизненного цикла безопасности с обязательной разработкой программы обеспечения качества, плана верификации, отчетов о верификации спецификации требований, проекта и плана валидации программного обеспечения [5].

Особое внимание уделяется метрологическому обеспечению проектов. Несмотря на то, что во многих случаях для решения поставленной задачи достаточно типовых средств измерения, и многие измерительные каналы не попадают в сферу государственного регулирования обеспечения единства измерений, заказчики, как правило, требуют обеспечения полного метрологического сопровождения всех измерительных каналов. Таким образом, даже в тех случаях, когда нижний и средний уровень системы представлены сертифицированными средствами измерений, наличие промежуточных компонентов – распределительных коробок, кабельной системы, коммутационной и другой аппаратуры – приводит к необходимости регистрировать новый тип средства измерения и проводить испытания в

уполномоченных органах. В связи с этим в состав проектной документации включаются документы, необходимые для утверждения нового типа средства измерения – проекты описания типа, программы испытаний для утверждения типа, методики первичной поверки, методики периодической поверки и др.

Одним из успешно реализованных в ООО «НПФ Сосны» проектов, прошедших этапы жизненного цикла от исходных требований до ввода в эксплуатацию, является система аварийной сигнализации о возникновении самоподдерживающейся цепной реакции для ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ», разработанная в рамках подготовки к вывозу на переработку облученных тепловыделяющих сборок исследовательских реакторов. Система создана на базе трёхканальных дозиметров-сигнализаторов ДГ производства ООО «СКБ НОВАТОР». Все каналы, сигнализирующие о нормальной радиационной обстановке и о работоспособности оборудования, дублированы, сигналы обнаружения отклонений от нормального режима вырабатываются при исчезновении хотя бы одного из двух сигналов. Интересной особенностью являлось то, что среди критериев приёмки системы было условие подтверждения соответствия быстродействия системы не только по индикаторным лампам, но и по достижению заданного звукового давления аварийного сигнала в зоне работы оператора через заданное время после обнаружения самоподдерживающейся цепной реакции.

В рамках создания технологии обращения с ОЯТ реакторов ЭГП-6 Билибинской АЭС был разработан комплект оборудования для обращения с ОЯТ, включающий в себя ряд технологических участков с локальными системами управления. Было разработано пять систем, предназначенных для управления оборудованием для выгрузки, пеналирования, инспекции и загрузки ОЯТ в контейнеры. На системы управления были возложены задачи контроля и управления перемещением аппаратов по заданным координатам, автоматизированное управление манипуляторами, захватными органами, металлорежущим и сварочным оборудованием, контроль герметичности пеналов, их веса, дистанционный визуальный контроль состояния пеналов с ОЯТ. В качестве исполнительных органов применены шаговые и асинхронные двигатели с частотным приводом, пневматические приводы, сварочный инвертор, вакуумные насосы. Состояние подвижных органов контролируется с использованием концевых выключателей и специализированных телевизионных систем. Контуры управления построены на базе контроллеров фирм Festo, Wago и Овен. Управление технологическим процессом может осуществляться как локально по месту, так и с автоматизированного рабочего места оператора. Испытания под наблюдением представителей государственной корпорации «Росатом» и концерна «Росэнергоатом» прототипов этих систем, проведенные на макетах ОЯТ в 2011 году, показали эффективность принятых технических решений и принципиальную работоспособность всего комплекта оборудования для обращения с ОЯТ.

В настоящее время в ООО НПФ «Сосны» подходит к завершению проект модернизации системы радиационного контроля зданий первой очереди Белоярской АЭС для обеспечения радиационной безопасности работ по выводу из эксплуатации. Территориально оборудование системы размещено в пяти зданиях промышленной площадки. Упрощенная структурная схема системы, содержащей более 200 устройств детектирования состояния радиационной обстановки на станции, показана на рис. 1.

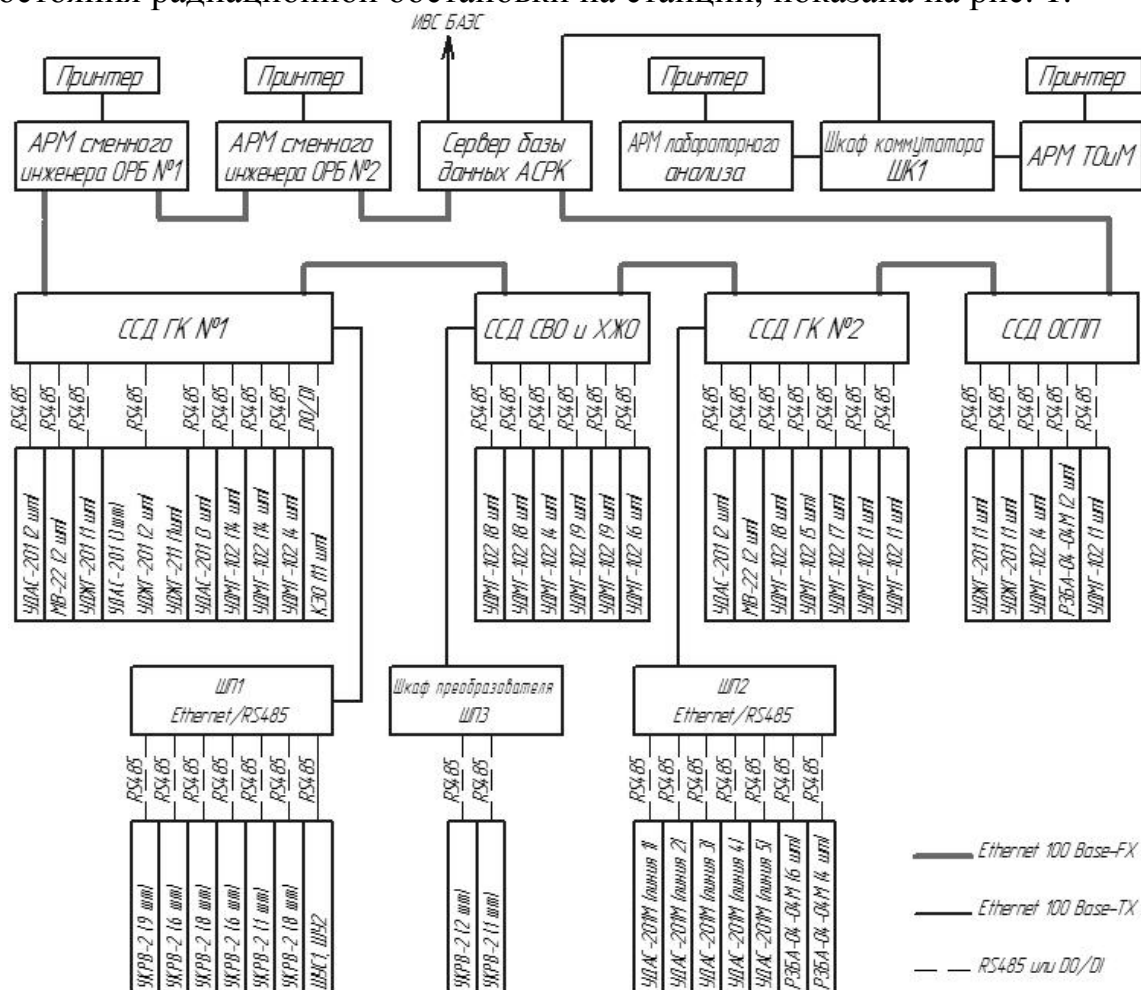


Рисунок 1. Структурная схема автоматизированной системы радиационного контроля зданий первой очереди Белоярской АЭС: АРМ – автоматизированное рабочее место; ССД – станция сбора данных; ТОиМ – техническое обслуживание и метрология; ГК – главный корпус; СВО – спецводоочистка; ХЖО – хранилище жидких отходов; ОСПП – очистные сооружения промышленной площадки; УДАС, УДЖГ, УДМГ, РЗБА – блоки детектирования; КЭО – электромагнитный клапан; УКРВ – расходомер

Комплект технических средств системы реализован на базе оборудования фирм ООО НПФ «Радико», ООО НПФ «Доза» и НПЦ «АСПЕКТ», программное обеспечение разработано с использованием сред Wonderware InTouch и Microsoft VisualStudio. В системе реализованы следующие функции:

- непрерывный контроль параметров радиационной обстановки;
- отображение информации радиационного контроля;

- контроль превышения границ предупредительных и аварийных уставок;
- опτικο-акустическая сигнализация о превышении предупредительных и аварийных уставок;
- изменение значений предупредительных и аварийных уставок контролируемых параметров;
- управление клапанами пробоотборных линий;
- организация базы данных архивных значений контролируемых параметров;
- автоматическая регистрация событий;
- просмотр архивных данных;
- диагностика технических средств системы;
- регистрация информации на печатающем устройстве;
- защита информации от несанкционированного доступа;
- синхронизация системного времени.

В составе проекта выполнена оценка надежности системы, разработаны и согласованы специализированные методики выполнения радиационного контроля, разработан комплект пробоотборного оборудования и монтажных приспособлений. Для всех программируемых компонентов системы разработано специализированное программное обеспечение, прошедшее все этапы верификации. Проект системы в целом согласован с генеральным проектантом АЭС – «Атомэнергопроект» (СПБАЭП), в настоящее время начались работы по подготовке и поставке оборудования на станцию.

В рамках работ по подготовке ОЯТ ВВЭР-440 к транспортировке с АЭС «Пакш» во ФГУП «ПО «Маяк» выполнен проект системы контроля и регистрации технологических параметров, предназначенной для автоматизированного выполнения управления оборудованием осушки пеналов с ОЯТ. Комплект технических средств системы реализован на базе оборудования фирм LG, Bronkhorst, Advantech и ОВЕН; программное обеспечение разработано с использованием среды разработки Microsoft Visual Studio. Система, построенная на принципах децентрализованного управления, обеспечивает выполнение следующих функций:

- индикация технологических параметров и управление исполнительными органами;
- контроль состояния термопар и нагревателей, автоматическое управление температурой нагревательных элементов по заданному алгоритму;
- автоматическое управление арматурой трубопроводов;
- автоматическое управление расходом и давлением газа;
- управление и контроль состояния подвижных элементов;
- контроль герметичности пеналов с ОЯТ;
- регистрация текущих данных и оперативных сообщений в дублированных архивах технологических параметров и журналах событий;

– выработка сигналов оповещения об обнаруженных отклонениях от нормального режима работы.

Оборудование (рис. 2) спроектировано в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оборудованию, размещаемому в центральном зале АЭС. Для проведения тестирования и комплексных испытаний программного обеспечения разработан комплект стенов для имитации различных режимов работы технологического оборудования. В настоящее время проект и рабочая конструкторская документация согласованы с заказчиком и ведутся подготовительные работы к изготовлению и поставке оборудования.

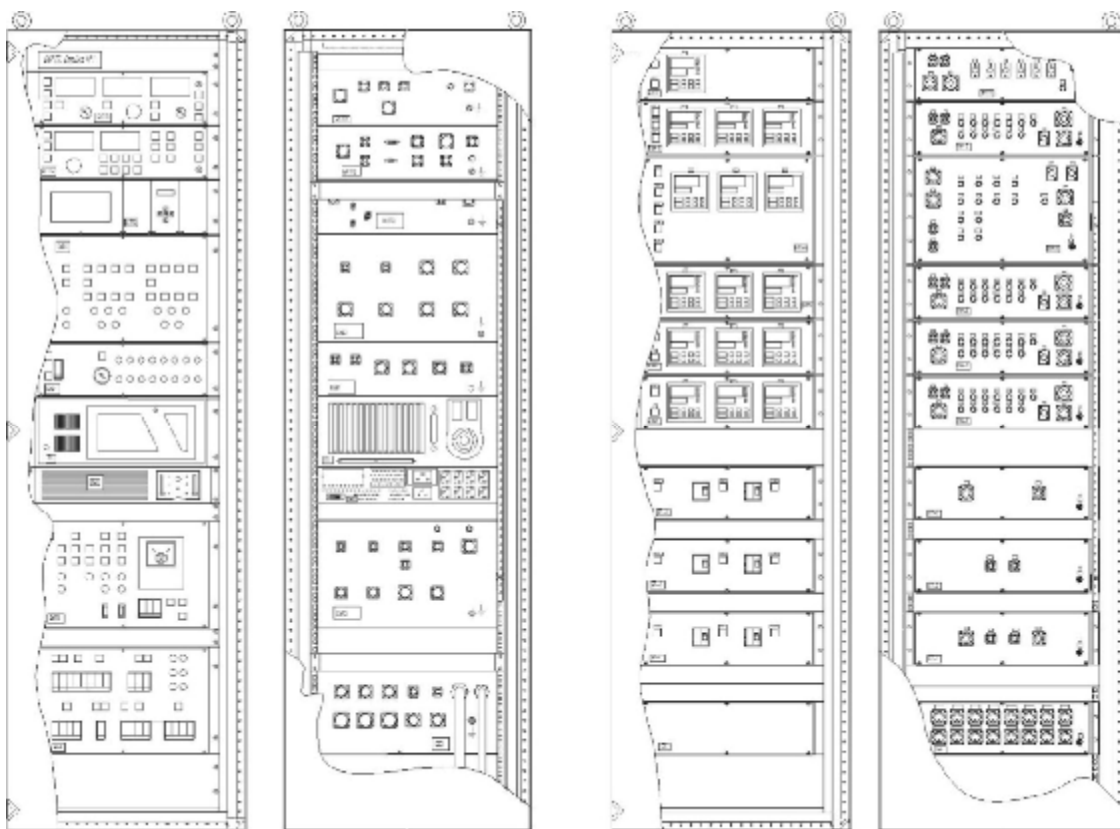


Рисунок 2. Шкафы системы контроля и регистрации технологических параметров

Таким образом, в ООО «НПФ «Сосны» разработан ряд автоматизированных систем контроля и управления для российских и зарубежных предприятий ядерного топливного цикла. Основной особенностью выполненных проектов являются применение надежных, многократно проверенных решений и контроль качества технического, программного, метрологического и информационного обеспечения изделий. Основные функциональные блоки и компоненты разработанного оборудования могут быть использованы в дальнейшем в качестве типовых при реализации новых проектов.

Библиографический список:

1. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций: ОПБ-88/97. НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97): утв. Госатомнадзором России 14.11.1997: введ. в д. с 01.07.98 – М., 1998. – 24 с.
2. Общие положения обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла (ОПБ ОЯТЦ): НП-016-05. – Взамен НП-016-2000: утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору 2.12.2005: введ. 01.05.2006. – М., 2006.
3. Требования к управляющим системам, важным для безопасности атомных станций: НП-026-04. – утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору 04.10.2004: введ. 05.01.2005. – М., 2004.
4. Правила оценки соответствия оборудования, комплектующих, материалов и полуфабрикатов, поставляемых на объекты использования атомной энергии: НП-071-06. – утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору 05.09.2006: введ. 01.07.2007. – М., 2006.
5. ГОСТ Р МЭК 62138-2010. Атомные электростанции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Программное обеспечение компьютерных систем, выполняющих функции категорий В и С. – введ. 2012-01-01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 43 с.

СЕМЕНОВА Т.В., ВОЛКОВ Н.А., ГУСЕВ Е.А., АРТЕМЬЕВА Е.В., ЖИТНИК А.К.,
ТУВАЕВА А.В.

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММЫ TDMCC. РАСЧЕТ ВЫГОРАНИЯ ТОПЛИВА

Доклад посвящен описанию новых возможностей, реализованных в программе TDMCC. Данный программный комплекс разработан во ФГУП «РФЯЦ ВНИИЭФ» для расчета нейтронных процессов в активных зонах реакторных установок методом Монте-Карло.

Сотрудничество с организациями, занимающими решениями реакторных задач, подтолкнуло нас на расширение функциональных возможностей программного комплекса TDMCC.

Во-первых, в программу введена возможность использования блоков с ячеистой структурой. Это позволило в некоторых задачах значительно ускорить счет. Во-вторых, создан программный модуль-конвертер данных MCNP в TDMCC, что, как мы предполагаем, должно значительно облегчить освоение нашей программы сторонними пользователями. В-третьих, в программу добавлены новые режимы счета.

Один из них, условно называемый «VAR_K», позволяет рассчитывать зависимости коэффициента размножения нейтронов от некоторых параметров активных зон РУ, таких как плотность веществ, концентрации отдельных изотопов или составных веществ, температуры, а также осуществлять подбор этих параметров для реализации в системе заданного значения $K_{эф}$.