

# ОСНОВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ СИСТЕМ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ НА БАЗЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗ СОСТАВА АСРК-2000™

*В. В. Снигерев, А. Г. Калимуллин*

ФГУП «Приборостроительный завод», г. Трёхгорный Челябинской обл.

## Введение

Большинство радиационно-опасных объектов на территории России (АЭС, предприятия ядерного топливного цикла, исследовательские реакторы и т. д.) оснащены аппаратурой радиационного контроля, которая успешно функционирует на протяжении нескольких десятков лет.

ФГУП «Приборостроительный завод» с 70-х годов прошлого века выполняет работы по созданию систем радиационного контроля (СРК). Сначала это была аппаратура контроля радиационной безопасности (АКРБ-03 и АКРБ-06), при создании которой ФГУП «Приборостроительный завод» выполнял роль изготовителя оборудования. Затем при создании АКРБ-08 завод выступал в качестве не только изготовителя, но и разработчика отдельных технических средств. Несмотря на высокую надежность и большие потенциальные возможности, заложенные при проектировании, возникают непреодолимые проблемы, не позволяющие продолжать эксплуатацию подобной аппаратуры. В первую очередь, это – несоответствие аппаратуры современной нормативной базе и недоступность комплектующих изделий для ее ремонта. Вместе с тем на существующих предприятиях вводятся новые объекты, требующие наращивания охвата системами радиационного контроля. Постоянно увеличивающиеся темпы строительства новых радиационно-опасных объектов требуют внедрения современных СРК.

Исходя из приведенной выше информации, а также учитывая современные тенденции построения автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), на ФГУП «Приборостроительный завод» было разработано новое поколение аппаратуры для автоматизированной системы радиационного контроля АСРК-2000. Целями создания новой СРК были:

- минимизация количества и унификация оборудования;
- увеличение функциональной насыщенности отдельных устройств;
- уменьшение массогабаритных размеров;
- сокращение объемов кабельных линий;
- увеличение гибкости системы для адаптации к любому объекту.

## Структура построения АСРК-2000

АСРК-2000 (рис. 1) была разработана на основе следующих базовых принципов:

- архитектура системы является двухуровневой (нижний и верхний уровни);
- базовым элементом нижнего уровня СРК являются «интеллектуальные» датчики и исполнительные механизмы (световые и звуковые сигнализаторы, клапаны пробоотборной арматуры и т. д.);
- связь верхнего уровня с нижним обеспечивается без промежуточного оборудования;
- каждая точка контроля должна содержать минимальное количество оборудования и нести максимальную функциональную нагрузку;
- оборудование обладает высокими надежностными характеристиками;
- оборудование соответствует требованиям действующих нормативных документов;
- предусмотрена возможность выполнения сервисных работ с оборудованием нижнего уровня с автоматизированного рабочего места (АРМ) инженерного персонала.

## Нижний уровень системы

Основные функции, реализованные в «интеллектуальных» датчиках:

- измерение радиационного параметра и формирование сигнала достоверности измерения с применением алгоритмов автоматического переключения поддиапазонов, «скользящего» среднего, линеаризации, статической и динамической компенсации, расчета статистической погрешности и т. д.;
- формирование сигналов превышения пороговых уровней;
- диагностика аппаратных неисправностей, формирование сигнала «Неисправность» и кодов неисправностей;
- управление пробоотборным оборудованием;
- энергонезависимое сохранение конфигурационных настроек и архива;
- управление тревожной светозвуковой сигнализацией, как по месту размещения, так и удаленно;

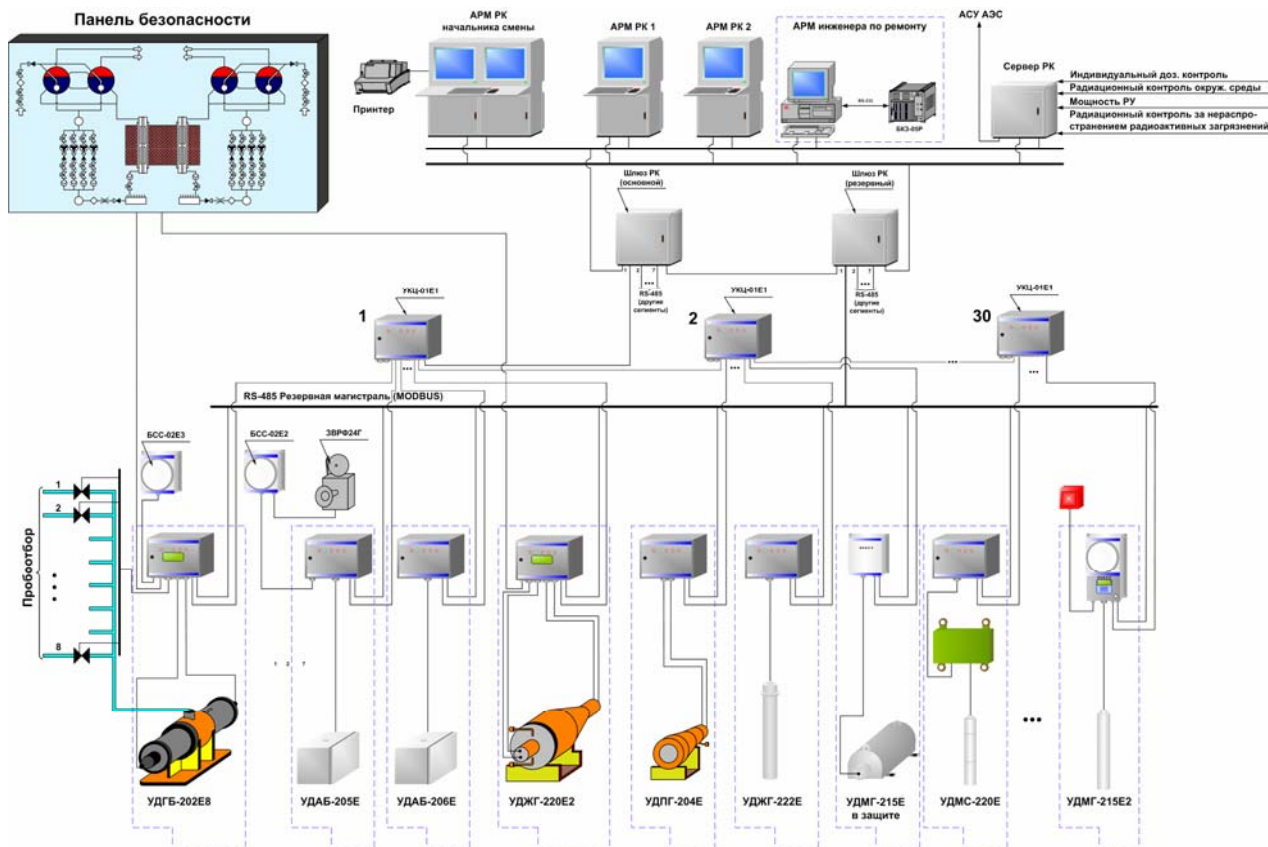


Рис. 1. Структурная схема АСПК-2000

– прием двух сигналов, передаваемых однополярным напряжением, или сигналов типа «сухой контакт»;

- выдача четырех сигналов типа «сухой контакт»;
- связь с верхним уровнем по двум интерфейсам RS-485.

Основные особенности «интеллектуальных» датчиков:

- низковольтное питание (48 В постоянного тока);
- возможность совмещения линий питания и передачи данных в одном кабеле;
- резервирование каналов электропитания;
- резервирование каналов связи;
- прямое управление пробоотборным оборудованием (до 8 каналов силовой коммутации с током до 0,5 А и напряжением до 250 В в одном устройстве);
- конфигурируемый алгоритм управления пробоотборным оборудованием;
- удаленная проверка работоспособности без использования контрольных источников излучения;
- расширенный диапазон измерения (например, для мощности поглощенной дозы гамма-излучения от  $10^{-7}$  до  $10^2$  Гр/ч).

Все перечисленные функции и особенности стали возможны, благодаря применению специалистами ФГУП «Приборостроительный завод» современной элементной базы, благодаря разработке собственного

процессорного ядра и гибкого программного обеспечения, которое позволяет легко расширять функциональные возможности системы.

## Верхний уровень системы

Подсистема верхнего уровня (ВУ) СРК (рис. 2) представляет собой набор связанных между собой программно-технических средств, выполняющих функции сбора, обработки информации, ее представления, архивирования и удаленного управления работой СРК. Базовый набор включает в себя АРМ, выполненные на базе одно- и двухмониторных пультов, шлюзы, сервера, информационные панели и коммуникационное оборудование.

Основные функции, реализованные в подсистеме верхнего уровня СРК:

- обмен информацией с нижним уровнем СРК;
- отображение информации о контролируемых радиационных параметрах, состоянии контролируемого объекта и состоянии оборудования СРК;
- прием команд операторов и обеспечение их выполнения;
- авторизованный доступ и разграничение полномочий управления.

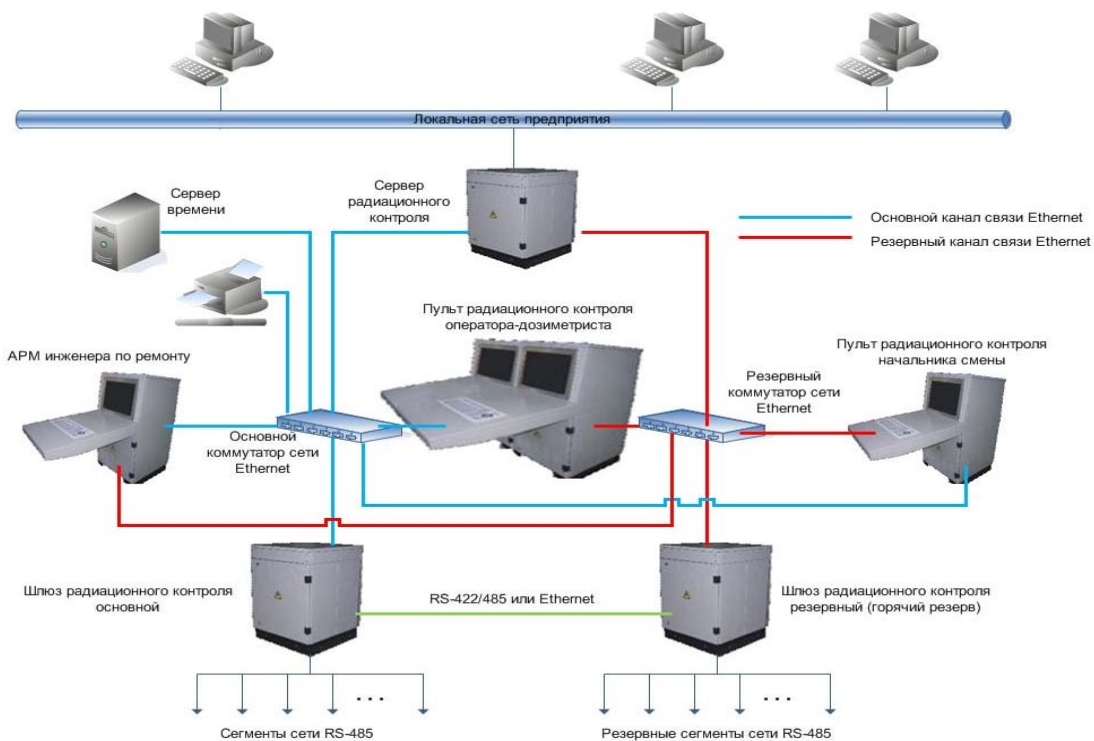


Рис. 2. Подсистема верхнего уровня СРК

- управление оборудованием нижнего уровня по заданным алгоритмам;
- формирование сообщений оператору при изменении состояния контролируемого объекта или при возникновении неисправности оборудования;
- обеспечение механизма квитирования событий операторами (подтверждение факта обнаружения события);
- архивирование информации и ведение базы данных;
- формирование отчетов установленной формы по запросу оператора;
- обмен информацией с другими информационными системами контролируемого объекта.

В состав подсистемы верхнего уровня СРК входят специализированные АРМ для выполнения диагностических работ и удаленного конфигурирования оборудования СРК. Кроме того, диагностика и конфигурирование оборудования могут быть выполнены на месте размещения оборудования, например, с помощью переносной ЭВМ.

Программное обеспечение, установленное в программно-технические средства верхнего уровня СРК, построено в соответствии со следующими принципами:

- многозадачность;
- иерархичность (различные приоритеты для задач разного уровня важности);
- гибкость (возможность быстрой перенастройки под конкретное применение);
- открытость (данные для взаимодействия между программными модулями могут представляться в

различном виде по различным протоколам), это позволяет легко интегрировать в СРК оборудование других производителей;

- надежность (процесс разработки и верификации программного обеспечения осуществлялся согласно МЭК 60880).

Программное обеспечение верхнего уровня СРК выполнено на единой программной платформе, функционирующей под управлением ОС семейства Linux, разрешенной к применению в оборудовании классов 3 и 4 по ОПБ-88/97.

В результате тесного взаимодействия с персоналом атомных станций, на которых осуществлялась интеграция оборудования, и выбранного подхода к проектированию, оборудование и программное обеспечение получили ряд дополнительных возможностей:

- модульный принцип построения прикладного программного обеспечения, который позволяет адаптировать программное обеспечение к различным структурам СРК, задачам эксплуатирующих СРК служб, а также с минимальными затратами интегрировать в СРК оборудование сторонних производителей, осуществляя, при этом, распределенную обработку информации и/или дублирование отдельных функций СРК;
- автоматическое управление переключением на резервное оборудование (режим горячего резерва);
- подсистема поддержки принятия решений для операторов СРК;
- механизм нарядов;
- ввод и хранение данных периодического радиационного контроля;

- объектная модель описания конфигурации системы (подсистема конфигурирования СРК);
- управление конфигурацией оборудования нижнего уровня;
- подсистема планирования и выполнения задач СРК.

### **Этапы построения подсистемы верхнего уровня**

Процесс построения подсистемы верхнего уровня ведется в тесном взаимодействии со специалистами организации заказчика и проектной организации. Он разделен на следующие этапы:

- получение исходных данных от заказчика или проектной организации;
- анализ исходных данных и построение объектной модели подсистемы верхнего уровня (выбор оптимального набора программно-технических средств и способа их взаимодействия);
- разработка видеокладов с использованием САПР AutoCAD;
- конфигурирование параметров устройств и заполнение объектной модели подсистемы верхнего уровня;
- разработка, при необходимости, драйверов для сбора и адаптации данных оборудования сторонних организаций;
- формирование отчетных и входных форм на основе исходных данных;
- проведение испытаний подсистемы верхнего уровня.

### **Интеграция СРК с другими автоматизированными системами**

Оборудование АСРК-2000 предоставляет возможность информационного обмена с другими автоматизированными системами объекта, как на нижнем уровне, так и на верхнем уровне.

На нижнем уровне в «интеллектуальных» датчиках реализована функция логической обработки дискретных сигналов. Данная функция позволяет формировать по заданным правилам специальные сигналы и передавать их напрямую между «интеллектуальными» датчиками или между «интеллектуальными» датчиками и смежными системами (например, для формирования сигналов управления подключенной сигнализацией, индикации состояний на щите управления, управления клапанами, газовыми и т. п.).

Информационный обмен на верхнем уровне организуется посредством сетей передачи данных с интерфейсами RS-485/422 и Ethernet.

Организация информационного обмена с АСУ ТП позволяет:

- выдавать сигналы для включения и выключения технологических блокировок;
  - выдавать информацию для выполнения расчетов и принятия решений начальниками смен смежных подсистем АСУ ТП;
  - принимать информацию для вычисления значений косвенных параметров;
  - информировать инженерный и административный персонал контролируемого объекта (энергоблока, АЭС в целом и т. п.);
  - передавать информацию о состоянии контролируемого объекта в ситуационно-кризисный центр;
  - формировать отчеты;
  - передавать информацию о возникающих неисправностях в автоматизированную систему учета дефектов для управления их устранением.
- Интеграция АСРК-2000 в АСУ ТП осуществляется посредством сервера с использованием:
- Web-технологии доступа к данным;
  - электронной почты;
  - SMS-сообщений на мобильные телефоны;
  - SQL-запросов к архиву.

### **Процесс поставки и внедрения СРК**

В процессе внедрения СРК осуществляются следующие мероприятия с участием специалистов ФГУП «Приборостроительный завод»:

- разработка технического задания (ТЗ);
- разработка проектных решений;
- разработка программно-аппаратных решений по интеграции в ВУ СРК оборудования сторонних производителей;
- разработка программно-аппаратных решений по интеграции СРК в АСУ ТП или АСУ производством (АСУП) эксплуатирующей организации;
- разработка, верификация и валидация нового уникального программного обеспечения;
- изготовление и испытания технических средств;
- формирование, верификация и валидация массива рабочих данных (с помощью подсистемы конфигурирования СРК);
- разработка эксплуатационной документации;
- автономные испытания на заводе изготовителе;
- поставка заказчику;
- монтаж и наладка;
- автономные испытания на месте эксплуатации;
- комплексные испытания СРК совместно с другими подсистемами;
- обучение специалистов эксплуатирующей организации в учебном центре;
- опытная эксплуатация;
- приемочные испытания;
- промышленная эксплуатация.

Все этапы жизненного цикла создания СРК сертифицированы в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2001(ИСО 9001:2000).

Разработка ТЗ осуществляется с привлечением специалистов заказчика и проектной организации. В качестве основы используется типовое ТЗ, в которое вносятся особенности данного проекта. На основе требований ТЗ разрабатываются проектные решения по модернизации или созданию новой СРК. При модернизации проводится анализ документации на существующую систему, анализ фактического состояния оборудования и кабельных линий связи и вырабатываются решения по оптимальному использованию существующего оборудования. При отсутствии готовых программных или аппаратных решений создаются частные ТЗ на их разработку, выполняется разработка и освоение производства новых программно-аппаратных средств. Опытные образцы технических средств проходят испытания (функциональные, климатические, сейсмические, испытания на электромагнитную совместимость), программные средства проходят верификацию и валидацию. Технические средства производятся на ФГУП «Приборостроительный завод». Весь процесс разработки и изготовления происходит под надзором постоянно действующего на предприятии отдела инспекций федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Изготовленные изделия собирают в комплекс на полигоне, где происходят окончательная отладка и валидация программного обеспечения и функциональные автономные испытания. Для отработки совместной рабо-

ты верхнего уровня СРК с другим оборудованием применяются имитаторы или фрагменты реального оборудования. После монтажа и наладки оборудования на объекте производятся автономные испытания СРК и комплексные испытания СРК с сопрягаемым оборудованием. Персонал монтажных организаций, ремонтный и оперативный персоналы эксплуатирующей организации перед началом работ проходят обучение в учебном центре ФГУП «Приборостроительный завод».

## Заключение

Описанные решения построения СРК позволяют в минимальные сроки создавать и модернизировать существующие системы радиационного контроля с максимальным удовлетворением требований заказчика. Модульная структура программного обеспечения позволяет сконфигурировать ВУ СРК, как на одном компьютере для маломасштабной системы из нескольких точек контроля, так и на десятках компьютеров для крупных систем радиационного контроля таких предприятий, как АЭС или предприятий ядерного топливного цикла. В настоящее время эти решения успешно внедрены на Ленинградской АЭС, Курской АЭС, Балаковской АЭС, ФГУП «ГХК». При этом достигнутый срок (от начала подготовки технического задания до отгрузки полностью готовых к эксплуатации программно-технических средств) – 6 месяцев.