

# Автоматизированная система радиационного контроля

для Тяньваньской АЭС (КНР)



**“НИТИ** ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
имени А.П. Александрова”

В период 1996 - 2005 г. ФГУП "НИТИ имени А.П. Александрова" совместно с ФГУП СПБАЭП создали комплексную автоматизированную систему радиационного контроля (АСРК) для Тяньваньской АЭС с двумя блоками ВВЭР-1000.

СПБАЭП являлся Генеральным проектировщиком, НИТИ выполнял функции Главного конструктора и Комплектного поставщика АСРК.

Созданная АСРК успешно функционирует в течении семи реакторо-лет (на декабрь 2008 г.).

## АСРК - современная интегрированная система, реализующая весь объём радиационного контроля на АЭС

Система предназначена для получения, обработки, регистрации и представлений информации о параметрах, характеризующих радиационное состояние АЭС, и о дозовых нагрузках на персонал при нормальном режиме эксплуатации АЭС и при авариях.

Функционирование АСРК обеспечивает оперативное обнаружение отклонения контролируемых параметров от нормируемых значений с целью предупреждения переоблучения персонала, населения и загрязнения окружающей среды выше допустимых уровней.

В АСРК интегрированы программно-технические средства обеспечивающие:

- радиационный технологический контроль систем энергоблока, включая контроль герметичности всех защитных барьеров, а также водных сбросов и газозеролевых выбросов;
- непрерывный контроль расхода, температуры и влажности воздуха в выбросной трубе;
- контроль радиационной обстановки в помещениях;
- индивидуальный дозиметрический контроль, включая оперативный контроль с использованием цифровых персональных дозиметров (ЦПД), текущий контроль с использованием термолуминесцентных дозиметров (ТЛД) и контроль внутреннего облучения персонала с использованием измерительного спектрометра излучений человека (СИЧ);
- контроль радиоактивного загрязнения персонала и транспорта на границе зоны контролируемого доступа;
- контроль радиоактивного загрязнения персонала и транспорта, покидающего территорию АЭС;
- контроль радиационных параметров (по гамма-, бета-, альфа-, нейтронному излучению) носимыми приборами;
- контроль проб (фильтров, мазков) лабораторными приборами, в том числе спектрометрами бета-, гамма-излучения.
- регистрацию, отображение и хранение всех результатов радиационного контроля в базах данных системы.



## Функциональная структура

АСПК является основой системы радиационного контроля (СРК) Тяньваньской АЭС, которая включает в себя также автономные установки, носимые приборы и лабораторное оборудование.

**В состав АСПК входят следующие функциональные подсистемы:**

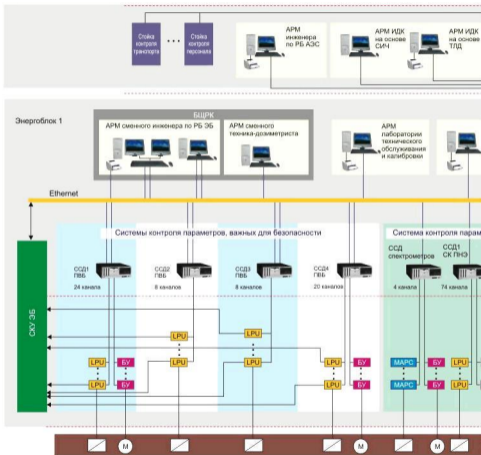
- автоматизированная подсистема радиационного технологического контроля (АСРТК), предназначенная для контроля состояния защитных барьеров и контроля утечки радиоактивных веществ в окружающую среду;
- автоматизированная подсистема контроля радиационной обстановки (АСКРО), предназначенная для контроля радиационной обстановки в производственных помещениях АЭС, своевременного выявления аварийных ситуаций и формирования сообщений об ухудшении радиационных показателей, обеспечения контроля радиационной обстановки в аварийный и послеварийный периоды в производственных помещениях АЭС;
- автоматизированная подсистема контроля радиоактивных загрязнений (АСКРЗ), предназначенная для контроля загрязнения радионуклидами производственных помещений, оборудования, транспорта и персонала;
- автоматизированная подсистема контроля индивидуальных доз (АСКИД), предназначенная для контроля, планирования и учета дозовых нагрузок на персонал во всех режимах эксплуатации АЭС, а также для контроля за допуском и учетом пребывания персонала в зоне контролируемого доступа.



**Интегральные показатели назначения АСПК**

Число точек автоматического контроля интегральных радиационных параметров	<b>139</b>
Число точек автоматического контроля дифференциальных радиационных параметров (гамма-спектрометрия)	<b>57</b>
Число точек автоматического контроля нерадиационных параметров	<b>12</b>
Число исполнительных механизмов в АСПК	<b>45</b>
Число внешних абонентов АСПК	<b>5</b>
Количество типов сигналов от средств автоматического контроля, включая сигналы о превышении предупредительных и аварийных уровней	<b>1056</b>
Количество типов сигналов от носимых лабораторных приборов, включая сигналы о превышении предупредительных и аварийных уровней	<b>СОТНИ ТЫСЯЧ</b>
Количество типов сигналов по управлению и характеристикам состояния исполнительных механизмов АСПК	<b>до 300</b>
Количество типов сигналов управления измерениями и сигналов о состоянии измерительных средств АСПК	<b>до 1000</b>

## Структурная схема

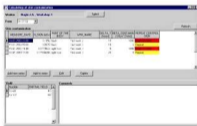
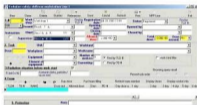
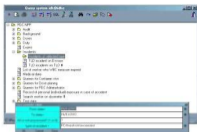






## Назначение

- оперативный контроль индивидуальных доз от внешнего фотонного облучения персонала и контроль неперевышения дозовых пределов;
- формирование базы данных по всему персоналу и привлекаемому контингенту;
- формирование и поддержка системы нарядов-допусков (по видам работ, помещениям, оборудованию и т.д.);
- ограничение допуска персонала в зону контролируемого доступа (пол, доза, запреты);
- учет нахождения персонала в зоне контролируемого доступа.



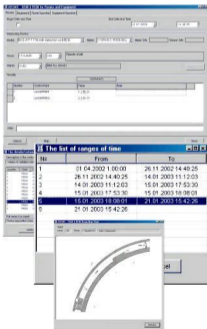
## Назначение

- ввод в базу данных значений радиационных параметров, получаемых с помощью носимых и лабораторных приборов; подготовка картограмм;
- учет и контроль образования и перемещения ТРО, нахождения и перемещения загрязненного радиоактивными веществами крупногабаритного оборудования;
- учет случаев срабатывания стоек контроля загрязнения персонала и транспорта на границе АЭС;
- работа со справочниками по контролируемому оборудованию и помещениям.

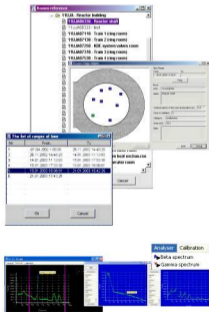
Экранные формы для контроля загрязненных материалов и радиоактивных отходов



Экранные формы для введения результатов РК, полученных с помощью переносных приборов в серверную БД АСРК



Экранные формы справочника по помещениям



## Назначение

- поддержка технического обслуживания и калибровка технических средств АСРК;
- формирование базы данных по техническим средствам, средствам калибровки и ЗИП;
- планирование и отслеживание графиков технического обслуживания и графиков проведения калибровок;
- выполнение калибровочных процедур;
- учет наличия и расходования ЗИП.



## АРМ ИДК на основе ТЛД

### Назначение

- текущий контроль и учет индивидуальных доз, полученных персоналом, измеренных с помощью ТЛД;
- контроль и учет доз, полученных вне АЭС;
- контроль и учет эффективных доз внутреннего облучения, измеренных с помощью СИЧ;
- планирование индивидуальных и коллективных доз.

Ведется база данных по всему персоналу АЭС, а также привлекаемому персоналу сторонних организаций.

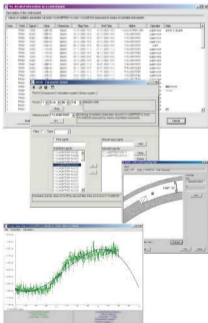


**Назначение**

- детальный анализ радиационной обстановки на АЭС;
- автоматизированная подготовка сводных отчетов;
- анализ динамики и временных трендов значений радиационных параметров (сутки, месяц, год);
- ведение БД со справочной информацией об оборудовании АСРК и помещениях АЭС, в которых предусмотрен контроль радиационной обстановки.

С помощью АРМ РБ АЭС формируются сводные отчеты (сутки, месяц, год) и вырабатываются рекомендации по всему спектру вопросов, касающихся радиационной обстановки на АЭС.

Экранные формы для запроса и отображения результатов радиационного контроля из серверной базы данных АСРК

**Назначение**

- расчет доз внутреннего облучения;
  - обслуживание СИЧ.
- Обеспечивает формирование БД по персоналу, отслеживание графика контроля доз внутреннего облучения персонала.

На всех АРМ реализуется система быстрого поиска информации из БД.

Система выборки позволяет осуществлять фильтрацию по любому доступному на данном АРМ признаку, возможен вывод на бумажный носитель.

Обеспечивается автоматическое формирование рабочих и отчетных документов с их фиксацией в серверной БД и выводом на бумажный носитель:

- наряда-допуска;
- протокола передачи смены;
- суточного отчета;
- месячного отчета;
- годового отчета;
- индивидуальных карточек учета облучаемости персонала;
- дополнительных отчетов по желанию пользователя.

### Назначение

- сбор и обработка измерительной и диагностической информации с устройств нижнего уровня;
- запись обработанной информации в серверную базу данных;
- предоставление обработанной информации для отображения на БЦРК;
- передача команд с БЦРК и пульта ССД на исполнительные механизмы в составе АСРК;
- резервирование функций АРМ инженера по РБ ЭБ в части контроля радиационных параметров, регистрируемых станцией сбора данных.

### Серверы баз данных

Серверы баз данных обеспечивают функционирование:

- БД радиационного контроля 1-го и 2-го блоков;
- БД ИДК в режиме горячего резервирования;
- формирование отчетов по радиационной безопасности энергоблока.

Созданный программно-технический комплекс верхнего уровня АСРК обеспечивает интеграцию измерительных устройств и исполнительных механизмов российских и зарубежных производителей оборудования, взаимодействие с которыми реализуется на основе различных принципов и протоколов.



Шкаф серверный



Шкаф коммутации



## Комплекс технических средств нижнего уровня

Основу комплекса технических средств нижнего уровня АСРК составляют вновь разработанные, высокоинформативные, унифицированные российские программно-технические средства.

- комплекс технических средств нижнего уровня по своим характеристикам сравним, а по ряду позиций превосходит зарубежные аналоги;
- по совокупным функциональным возможностям не имеет аналогов за рубежом;
- по критерию "функции/стоимость" превосходит отечественные и зарубежные аналоги.

Отработанная в НИТИ технология создания АСРК позволяет использовать **любые технические средства нижнего уровня**, отвечающие требованиям Заказчика.

Для контроля целостности защитных барьеров и контроля утечки радиоактивных веществ в окружающую среду, для своевременного выявления и формирования сообщений об ухудшении радиационной обстановки в производственных помещениях АЭС используются:

- спектрометрический монитор для контроля объемной активности радионуклидов инертных газов МАРС-010-СГГ;
- спектрометрический монитор для контроля объемной активности радионуклидов в теплоносителе МАРС-012-СУГ;
- установка для измерения параметров потока воздуха многоканальная УГПВМ;
- жидкостные гамма мониторы GLM201-1, GLM201-1/3, GLM201 (Im);
- йодный монитор IM201L;
- мониторы инертных газов NGM203L, NGM204L;
- мониторы гамма излучения GIM205, GIM206;
- альфа-бета аэрозольный монитор АВРМ201-М;
- монитор нейтронного излучения NIM201;
- аэрозольно-йодный монитор PIM204L;
- монитор протечек парогенератора SGLM201;
- комплекс средств контроля радиационной обстановки СКРО-01А.



Спектрометрический монитор МАРС-012-СУГ



Мониторы MGPI



Спектрометр сцинтилляционный  
НПЦ "АСПЕКТ"



БЛК-01 СКРО-01А  
НПЦ "АСПЕКТ"

Для контроля загрязнения радионуклидами производственных помещений, оборудования, транспорта и персонала, а также определения группы твердых радиоактивных отходов используются:

- установка контроля несанкционированного перемещения радиоактивных материалов персоналом с территории АЭС Янтарь-2П, Янтарь-2Л;
- спектрометр сцинтилляционный ГАММА-БЕТА-1С;
- монитор загрязнения тела RTM860TS.

Для контроля и учета дозовых нагрузок на персонал во всех режимах эксплуатации АЭС и их планирования, контроля за допуском и учетом нахождения персонала в зоне строгого режима используются:

- система дозиметрическая термолюминесцентная ДОЗАКУС;
- дозиметр рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1121;
- дозиметр-радиометр с блоками детектирования альфа- и бета-излучения МКС-АТ1117М;
- дозиметр-радиометр с блоком детектирования бета-излучения МКС-АТ1117М;
- дозиметр-радиометр с блоком детектирования нейтронного излучения МКС-АТ1117М;
- комплект прямопоказывающих цифровых дозиметров DMC2000S.

Для управления исполнительными механизмами (электромагнитными клапанами, клапанами с электроприводами и компрессорами системы отбора проб) используются:

- блоки управления БУ-2, БУ-3, БУ-4;
- блоки силовые БСБУ-3, БСБУ-4.



*Установка контроля Янтарь-2П*



*Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М*



*Компрессоры системы отбора проб*

К разработке и изготовлению АСРК были привлечены ведущие отечественные и зарубежные предприятия, организации и заводы:

ФГУП СПБАЗП (г. Санкт-Петербург)	Проект АСРК
ФГУП «НИИ имени А.П. Александрова» (г. Соновый Бор)	ПТК ВУ АСРК (архитектура и реализация интеграции системы, алгоритмическое, информационное, программное, техническое, организационное обеспечение). ПТК НУ АСРК (методическое, алгоритмическое, информационное, программное, техническое обеспечение спектрометрических технологических мониторов, цифровых исполнительных механизмов, специальное программное обеспечение для лабораторных бета-гамма-спектрометров)
MGPI (г. Ламанон, Франция)	ПТС НУ для радиационно-технологического контроля, ИДК на основе ЦПД и ПД, а также ТС для контроля радиоактивного загрязнения персонала на границе ЗКД
НПЦ «АСПЕКТ» (г. Дубна)	ТС НУ АСРК для контроля радиационной обстановки в помещениях, контроля загрязнения персонала и транспорта на границе АЗС, спектрометрического технологического и лабораторного контроля
НПП «Доза» (п. Менделеево)	ТС НУ для контроля параметров воздуха в вентрубе (расхода, температуры и влажности), лабораторное оборудование для отбора проб воздуха
ОАО «Завод «Старорусприбор»	ТС НУ для спектрометрических мониторов
НПО «САТУРН» (г. Рыбинск)	ТС НУ для спектрометрических мониторов
ОАО «Экзема труда» (г. Санкт-Петербург)	ТС НУ для спектрометрических мониторов
BSI (г. Рига, Латвия)	ТС НУ для спектрометрических мониторов
НПО «ИМПУЛЬС» (г. Санкт-Петербург)	ТС НУ для управления исполнительными механизмами
CANBERRA (США)	ТС НУ для ИДК на основе СИЧ
ОАО «Институт Электронных Управляющих Машин» (г. Москва)	ТС ВУ (стойные конструктивы ССД)
ОАО «Новая Зера» (г. Санкт-Петербург)	ТС ВУ (пультовые конструктивы)
НПП «РАДИКО» (г. Обнинск)	СПО ВУ для АРМ ИДК
ФГУП ТКЗ (г. Трёхгорный)	ТС НУ для пробоотборных систем

## Описание взаимосвязей с другими системами

Реализован обмен информацией АСРК с внешними абонентами:

- системой контроля и управления энергоблоком (СКУ ЭБ);
- автоматизированной системой контроля радиологической обстановки (АСКРЭО) в районе размещения АЭС;
- аварийным центром управления (АЦУ);
- станционной бойлерной;
- радиохимической лабораторией (РХЛ).

### Взаимодействие со СКУ энергоблока

Из АСРК в СКУ энергоблока передается информация о значениях контролируемых радиационных параметров, сигналы о превышении предупредительных и аварийных уровней.

Информация из АСРК поступает для отображения на БЩУ и РЩУ, а также служит для формирования сигналов в СКУ на переключение технологических систем.

Из СКУ энергоблока в АСРК поступают необходимые сигналы о состоянии технологического оборудования, мощности реактора и некоторых параметрах

технологических сред, а также метки для обеспечения поддержания единого времени в АСРК. Информация регистрируется в БД и отображается на БЩРК.

### Взаимодействие с АСКРЭО

В АСКРЭО передается текущая информация по выбросам активности в атмосферу, по сбросам активности с жидкими средами.

Из АСКРЭО поступает информация о мощности дозы гамма-излучения в местах расположения стационарных постов контроля, а также карта изодозных полей, формирующихся на местности при радиационных авариях.

### Взаимодействие с аварийным центром управления

В аварийный центр управления из АСРК передается текущая информация по выбросам активности в атмосферу, по сбросам активности с жидкими средами, информация о радиационной обстановке в помещениях гермообъема при проектных и запроектных авариях и о состоянии защитных барьеров, значения индивидуальных доз, полученных персоналом за сутки.

## Стенд отладки программного обеспечения

Разработка, отладка и сопровождение программного обеспечения ПТК верхнего уровня АСРК осуществляется на специальном **стенде отладки программного обеспечения (СОПО)**.

СОПО содержит все программно-технические средства, необходимые для авторского сопровождения штатного ПО ПТК ВУ АСРК на протяжении всего жизненного цикла:

- ПТС, идентичные по составу и техническим характеристикам ПТК верхнего уровня АСРК в объеме одного энергоблока, которые объединены в вычислительную систему на тех же принципах, что и ПТК верхнего уровня АСРК;
- программно-аппаратные имитаторы измерительных устройств нижнего уровня всех типов;
- моделирующий комплекс, обеспечивающий математическое моделирование процессов, включая аварийные процессы.

В ФГУП "НИТИ имени А.П. Александрова" разработана и функционирует **Internet-технология**, обеспечивающая сопровождение и оперативную поддержку эксплуатации АСРК.

Технология основана на созданном полигоне Главного конструктора, включающем СОПО.

На основании исходных данных, получаемых через **Internet** из Китая, моделируются проблемные ситуации, определяются причины и выдаются инструкции по их устранению.



188540, г. Сосновый Бор, Ленинградская обл.,  
тел. (813-69) 226-67  
факс. (813-69) 236-72  
e-mail: [foton@niti.ru](mailto:foton@niti.ru)  
[WWW.NITI.RU](http://WWW.NITI.RU)