

УДК 504.064.37:621.039.766

Н.П. Буданов¹, П.Ф. Буданов², Б.А. Демидов¹Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков²Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ТЕРРИТОРИИ АЭС

Рассмотрены тенденции развития технических средств и комплексов непрерывного контроля параметров радиационной обстановки как внутри, так и на территории АЭС в режиме реального времени, которые позволяют осуществлять оперативный контроль за образованием и количественным и качественным составом твердых, жидких, аэрозольных и газообразных радиоактивных веществ, которые требуют сбора, переработки, очистки, утилизации и хранения, с использованием подсистем контроля радиационной обстановкой технологических процессов ядерно-радиационного объекта (измерение МЭД, удельной активности радиоактивных газов и йода) и подсистем контроля территории санитарно-защитной зоны (многофункциональные дозиметрические лазерные приборы, передвижные измерительные средства, центр обработки первичной информации системы дистанционного лазерного зондирования).

Ключевые слова: радиационная обстановка, средства радиационного контроля.

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы.

С началом использования ядерного топлива для производства электроэнергии, возникла проблема контроля технологических процессов происходящих в ядерных реакторах и радиоактивности в окружающей среде территории АЭС. Экологический контроль радиоактивного загрязнения нижних слоев атмосферы в шлейфе выбросов перерабатывающих предприятий радиохимического цикла и АЭС стал особенно актуальным после аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году [1].

Аварии и катастрофы на АЭС характеризуются процессами техногенного характера (возгорания, аварийные взрывы, выбросы радиоактивных и токсичных продуктов) и являются скоротечными процессами импульсного характера. Особенности эксплуатации АЭС вытекают из специфики их технологической схемы. Источником тепловой энергии на АЭС является ядерный реактор, в котором теплота выделяется в результате деления ядерного топлива. Высокая теплотворная способность ядерного топлива позволяет свести до минимума расходы по доставке его на станцию и по его переработке. Однако, принципиально невозможно полное сжигание ядерного топлива. Отработавшие твэлы содержат невыгоревший уран, вновь образовавшийся плутоний и другие продукты деления. Поэтому, в процессе работы ядерного реактора, в нём образуется большое количество радиоактивных веществ в топливе, конструкционных материалах и теплоносителе. Наличие в отработавшем топливе радиоактивных веществ, а также различных твердых, жидких и газообразных радиоактивных отходов требует решения проблемы сбора, переработки, очистки, утилизации и хранения таких отходов и главным образом проведение своевременного радиационного контроля

при их утечке и несанкционированном распространении на территории АЭС [2].

Таким образом, контроль и, главное, предупреждение аварийных выбросов радиоактивных веществ в атмосферу становится главной задачей по безопасной эксплуатации АЭС и недопущению загрязнения окружающей среды.

В современных условиях, для решения разнообразных задач, связанных с контролем параметров радиационной обстановки в районе зоны АЭС (измерением ионизирующих излучений), специалистами в области радиационного контроля, успешно разрабатываются и производятся серийные и оригинальные приборы для определения активности, качественного и количественного состава радионуклидов, не превышения допустимых уровней их содержания в пробах и объектах, приборы для индивидуального контроля персонала.

Новые разработки позволяют решать ряд проблем в области радиационной безопасности, задач охраны окружающей среды и здоровья человека. Однако, все существующие технические средства и комплексы радиационного контроля, используемые на сегодняшнее время не имеют единой общей структуры системы управления и не сопрягаются с известными программно-аппаратными реализациями автоматизированной системы управления атомных электростанций (АСУ АЭС), которая в основном решает задачи управления и контроля параметров технологического процесса. Это не позволяет обеспечить всех пользователей АСУ АЭС первичной оперативной информацией единого формата с целью выработки командной информации по созданию оптимальных вариантов режима безопасности в зоне АЭС в режиме реального времени.

Целью статьи является разработка структуры системы контроля радиационной обстановки СКРО территории АЭС и сопряжения с системой АСУ АЭС.

Изложение основного материала

В процессе работы АЭС образуются жидкие, газообразные, аэрозольные и твёрдые радиоактивные отходы. Поэтому при эксплуатации АЭС необходимо осуществлять оперативный непрерывный контроль за образованием радиоактивных отходов, а на пути поступления их в окружающую среду контролировать их качественный и количественный состав.

В последнее время созданы новые разработки по различным направлениям. Для радиационного контроля на АЭС предназначено устройство детектирования УДЖГ-А06Р, которое применяется в составе измерительного канала аппаратуры контроля радиационной безопасности (АКРБ) на АЭС с целью измерения объёмной активности гамма-излучающих нуклидов в жидкости технологических контуров АЭС по их гамма-излучению.

Для радиационного технологического контроля в труднодоступных малообслуживаемых узлах и помещениях АЭС, а также для работы в полевых условиях, в условиях мобильной лаборатории или аварийной ситуации разработан многоканальный амплитудный анализатор «АБА-П-07».

Спектрометрический гистограммный амплитудно-цифровой преобразователь АЦП-АК служит для измерения амплитуд импульсных сигналов путем аналого-цифрового преобразования с последующей регистрацией полученного цифрового кода в памяти ПК. Анализаторы АЦП-АК позволяют проводить накопление, обработку и выдачу информации на внешние устройства. «АЦП-АК» имеет вход признака сигнала на четыре состояния, что позволяет производить измерение от четырех источников излучения и работу в режиме антисовпадений.

Для определения содержания гамма-излучающих радионуклидов в теле человека, ингаляционной составляющей внутреннего облучения человека разработаны и выпускаются спектрометры излучения человека «СИЧ-АКП». Приборы выпускаются различной модификации и могут применяться как средство индивидуального контроля персонала и населения.

Спектрометрический комплекс СТПК-01 ориентирован на обеспечение дискретно-непрерывного оперативного контроля удельной активности радионуклидов йода ($^{131-135}\text{J}$) в широком диапазоне значений в теплоносителе 1-го контура (ТПК) ВВЭР-1000, а также периодического контроля удельной активности ряда реперных радионуклидов, важных для оценки состояния ТПК. Создана серия сцинтилляционных блоков детектирования типа БДЕГ-АК для регистрации гамма-излучения, применяемые в спектрометрах энергии гама-излучения.

Устройство детектирования «УДПП-01-АКП» предназначено для определения протечек между первым и вторым контуром в парогенераторах посредством регистрации радионуклида ^{16}N на выходе парогенератора на трубопроводе второго контура. Данный метод обнаружения течей считается наиболее современным, оперативным и чувствительным.

Автоматизированные комплексы АКИДК-201 и АКИДК-301 предназначены для измерения индивидуального эквивалента дозы в полях фотонного излучения и в смешанных гамма - нейтронных полях. Комплексы относятся к средствам измерений, применяемым для контроля внешнего облучения персонала на предприятиях ядерного топливного цикла, атомных станций, в научно-исследовательских и медицинских учреждениях и населения проживающего на территориях с повышенным радиационным фоном.

Однако, все выше перечисленные и другие известные технические средства и системы контроля радиационной обстановки территории АЭС в основном ориентированы на предупреждения аварийных ситуаций и не дают представления о динамике скоротечных аварийных процессов в режиме реального времени. Особенно сложной является проблема защиты окружающей среды от АЭС при переменных и аварийных режимах. Анализ существующих систем управления и комплексов радиационного контроля территории АЭС показывает, что для быстропротекающих процессов характерных для режимов АЭС, важным критическим параметром является время принятия решений ($t_{\text{реш}}$), от которого зависит величина нанесённого ущерба и безвозвратных потерь персонала АЭС. Поэтому, авторы считают целесообразным, для разработки системы контроля радиационной обстановки (СКРО) территории АЭС, введение трёх режимов работы технических средств входящих в АСУ АЭС:

1. Режим наблюдения (ждущий режим) – для обнаружения отклонений характеристик параметров от нормы (например, превышение ПДК);

2. Режим непрерывного контроля – сравнения отклонение норм параметров с характеристиками параметров с признаками аварийного процесса;

3. Режим регистрации – анализ динамики изменения характеристик параметров.

Авторами при разработке состава технических средств радиационного контроля зоны АЭС были реализованы следующие подходы:

– многоуровневая, многоступенчатая, сетевая конфигурация процесса контроля (возможность компоновать комплексы с разным количеством и различными типами измерительных устройств без дополнительного ПО АСУ АЭС) с получением различной оперативной информации на каждом уровне;

– на каждом режиме (ступени) контроля сбор обобщённой первичной информации производится на основании корреляции данных по отдельно наблюдаемым параметрам и их характеристикам;

– переход от одного режима (ступени) контроля к другому определяется адаптивно по полученной информации, при этом целесообразно выделить отдельно динамику развития аварийной ситуации на территории АЭС и вне её;

– интеллектуальные измерительные устройства (дистанционные датчики радиационного контроля, позволяют проводить первичную цифровую обра-

ботку інформації по заданій програмі в реальному масштабі часу і перетворювати вимірюваний параметр в електричний сигнал);

- використання єдиного фізичного інтерфейсу і ПО АСУ АЭС;

- програмне задання параметрів і режимів роботи всіх вимірних пристроїв комплексу АСУ АЭС;

- можливість віддаленого доступу до налаштувань вимірних пристроїв;

- можливість архівування даних вимірювань різних вимірних пристроїв в єдиній базі даних АСУ АЭС;

- підтримка прийняття рішення оператором в системі АСУ АЭС в разі виникнення небезпечних режимів функціонування АЭС.

Виходячи з вимог, авторами запропонована загальна структурна схема системи контролю радіаційної обстановки (СКРО) АЭС (рис.1).

В склад СКРО АЭС входять наступні структурні елементи:

1. Підсистема контролю радіаційної обстановки технологічних процесів об'єкта АЭС (ПСКРО-О), яка виконує наступні функції:

- ядерно-фізичний контроль (ядерно-фізичні розрахунки для технологічного обладнання АЭС);

- технологічний радіаційний контроль обладнання АЭС;

- технологічний радіаційний контроль ядерного реактора;

- контроль обробленого ядерного палива в приміщеннях АЭС (вимірювання МЭД, питомої активності радіоактивних газів, радіоактивного йода);

- прогнозування аварійних режимів роботи;

- установка параметрів елементів системи;

- зображення мнемосхем контролюваного об'єкта (пром площа АЭС);

- архівування поточних даних вимірювань, даних вимірювань і відеороликів тривожних подій в єдиній базі даних, генерація звітів.

2. Підсистема контролю радіаційної обстановки території (санітарно-захисної зони) АЭС (ПСКРО-Т), яка виконує такі функції:

- неперервний контроль РО території (санітарно-захисна зона) з використанням системи дистанційного контролю (СДК);

- радіаційний контроль сховищ відходів на території АЭС;

- радіаційний контроль газообразних радіоактивних речовин;

- радіаційний контроль аерозольних радіоактивних речовин;

- радіаційний контроль твердих радіоактивних речовин;

- радіаційний контроль рідких радіоактивних речовин;

- збір, обробка, аналіз даних про РО в режимі реального часу;

- формування прогнозу розвитку РО в разі аварійних ситуацій;

- інформаційне обслуговування місцевих і віддалених користувачів;

- радіаційний контроль питтєвої води;

- радіаційний контроль ґрунту;

- контроль іонізуючих випромінювань аномальних зон, пов'язаних з земними (природними) джерелами радіонуклідів;

- контроль регіональних сховищ радіоактивних відходів;

- збір інформації про радіаційні метеоданні;

- розробка рекомендацій по необхідності проведення захисних заходів для населення, потрапившого в зону аварії.

Для рішення цих завдань, авторами запропоновано комплекс технічних засобів контролю РО (рис. 1): БДС-Г, БДС-Б, УДС-Г – сцинтиляційні інтелектуальні блоки і пристрої детектування; РСКВ-01 – радіометр-спектрометр рідких серед; СКГ-02 – паспортизатор радіоактивних відходів; АСНС – активний лічильник нейтронних збігів; МКС-05А – дозиметр-радіометр пошуковий; УДЖГ-А06Р – пристрій детектування рідкості по гамма-випромінюванню; АБА-П-07 – багатоканальний амплітудний аналізатор; СГАЦП-АК – спектрометричний гістограмичний АЦП; БДЕГ-АК – блок детектування енергії гамма-випромінювання; СІЧ-АКП – спектрометри випромінювання людини; СТПК-01 – спектрометричний комплекс періодичного контролю; УДПП-01-АКП – пристрій детектування протічків парогенераторів; АКІДК-201(301) – автоматизовані комплекси індивідуального контролю. Крім того, авторами, для рішення завдань місцевих вимірювань характеристик джерел іонізуючого випромінювання (ІІ) і просторового розподілу інтенсивності ІІ, запропоновано СДК, на основі методу зондування радіаційних параметрів, з використанням властивостей лазерного випромінювання при взаємодії з радіоактивними речовинами [3].

Застосування цього методу дозволяє, в режимі реального часу, отримувати інформацію про динаміку швидкотечних аварійних процесів в разі викиду рідких, газообразних, аерозольних і твердих радіоактивних відходів як всередині, так і поза АЭС.

Система дистанційного контролю (СДК) включає (рис. 1): багатифункціональні дозиметричні дистанційні лазерні пристрої (ДДЛП), які розміщуються на стаціонарних пунктах контролю (СПК) санітарно-захисної зони і на пересуваних вимірних засобах (ПИС); центр обробки первинної інформації (ЦОПІ).

Первинна інформація, поступаюча з ДДЛП, передається на ЦОПІ, де проводиться обробка, аналіз і збереження накопчених даних, для їх подальшої передачі в систему АСУ СКРО АЭС для прийняття рішення в разі виявлення небезпечних викидів рідких, газообразних, аерозольних і твердих радіоактив-

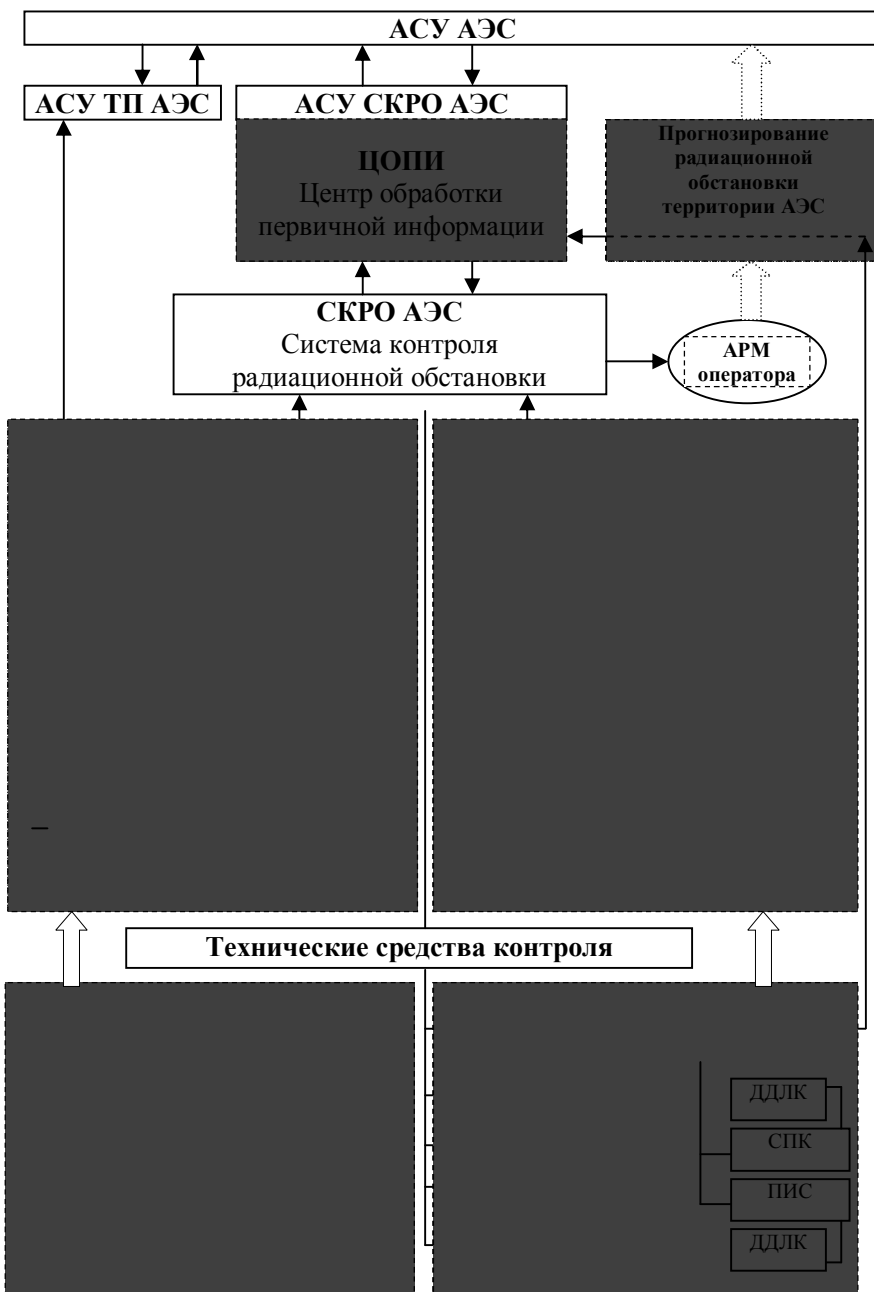


Рис. 1. Общая структурная схема системы контроля радиационной обстановки территории АЭС

ных веществ. Кроме того, прогнозирование РО может осуществляться оператором АРМ на основе данных поступающих с СКРО АЭС (рис. 1).

Выводы

Предложенная система контроля радиационной обстановки территории АЭС позволяет определять динамику изменений характеристик радиационных параметров. Программно-аппаратные решения, использованные при разработке технических средств контроля радиационной обстановки и комплексов на их основе, позволяют осуществить интеграцию комплексов любой конфигурации и практически любого территориального образования, в том числе промплощадки и санитарно-защитной зоны АЭС.

Список литературы

1. Підлісна М.С. Екологічна безпека військ. – К.: МОУ, 1998. – 130 с.
2. Букринский А.М. Безопасность атомных электростанций по стандартам МАГАТЭ. – М.: НТЦ ЯРБ, 2007. – 347 с.
3. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование. – М.: Мир, 1987. – 550 с.

Поступила в редколлегию
18.02.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.И. Карпенко, Харьковский университет Воздушных сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ ТЕРИТОРІЇ АЕС

М.П. Буданов, П.Ф. Буданов

Розглянуті тенденції розвитку технічних засобів і комплексів безперервного контролю параметрів радіаційної обстановки як усередині, так і на території АЕС в режимі реального часу, які дозволяють здійснювати оперативний контроль за освітою і кількісним і якісним складом твердих, рідких, аерозольних і газоподібних радіоактивних речовин, які вимагають збору, переробки, очищення, утилізації і зберігання, з використанням підсистем контролю радіаційною обстановкою технологічних процесів ядерно-радіаційного об'єкту і підсистем контролю території санітарно-захисної зони.

Ключові слова: радіаційна обстановка, засоби радіаційного контролю.

PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF METHODS AND CONTROLS RADIATION SITUATION OF TERRITORY OF AES

N.P. Budanov, P.F. Budanov

Progress of hardwares and complexes of continuous control of parameters of radiation situation trends are considered both inwardly and on territory of AES in the real-time mode, which allow to carry out operative control after education and quantitative and high-quality composition of hard, liquid, aerosol and gaseous radio-active matters, which require collection, processing, cleaning, utilization and storage, with the use of subsystems of control of technological processes of nuclear-radiation object and subsystems of control of territory of buffer area a radiation situation.

Keywords: radiation situation, facilities of radiation control.