

Автоматизированная система радиационно-метеорологического мониторинга окружающей среды в зоне влияния Белорусской АЭС

В статье представлено описание созданной НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ совместно с предприятием «АТОМТЕХ» автоматизированной системы радиационно-метеорологического мониторинга окружающей среды в зоне влияния Белорусской АЭС, расположенной вблизи г. Островец Гродненской области. Приведены описание структуры системы, функции программного обеспечения, технические параметры блоков детектирования гамма-излучения, примеры данных о радиационной обстановке.

Ключевые слова:

Белорусская АЭС, радиационно-метеорологический мониторинг, окружающая среда, спектрометрический блок детектирования, GSM-канал связи.

**А.Н.Новик^{1,2}, П.В.Кучинский¹,
В.А.Кожемякин², Е.В.Быстров²**

¹ Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь;

² Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ», г. Минск, Республика Беларусь.

В связи с вводом в эксплуатацию Белорусской АЭС, актуальной является задача разработки и развертывания на прилегающих территориях системы радиационного контроля окружающей среды [1-3].

Согласно рекомендациям Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), проведение радиационного мониторинга вокруг АЭС на всех этапах жизни станции (строительство, эксплуатация, вывод из эксплуатации) является необходимым [6]. Выбор места размещения АЭС инициировал проведение исследований состояния окружающей

среды в Островецком районе Гродненской области [7].

В качестве контролируемых параметров выбраны основные техногенные радионуклиды, присутствующие в сбросах, выбросах и радиоактивных отходах в период эксплуатации АЭС [8,9].

Разработана, изготовлена и развернута независимая автоматизированная система радиационно-метеорологического мониторинга окружающей среды в зоне влияния Белорусской АЭС [5]. Система имеет в своем составе 10 автоматических пунктов измерения (АПИ) и центр реагирования (ЦР). АПИ размещены в зоне влияния Белорусской АЭС в населенных пунктах Гродненской и частично Минской области: Островец, Гудогай, Ошмяны, Гервьяты, Трокеники-1, Михалишки, Лынтупы, Кемелишки, Нарочь, Котловка. ЦР размещен на территории Государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белгидромет, г. Минск).

Канал связи АПИ с ЦР – GSM/GPRS – выполнен с двойным дублированием. Коммуникационные модули программного обеспечения (ПО) производят обмен информацией АПИ с удален-

ным ЦР через сеть интернет, используя различные протоколы стека TCP/IP. Метеорологический мониторинг осуществляется метеостанциями WXT-530 (Финляндия), установленными в местах развертывания АПИ.

В состав АПИ входят [4]:

а) высокочувствительный сцинтилляционный спектрометрический интеллектуальный блок детектирования (БД) гамма-излучения БДКГ-11М (или БДКГ-211М), предназначенный для быстрого обнаружения источников гамма-излучения, измерения спектра гамма-излучения с последующим проведением идентификации радионуклидного состава, а также для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения;

б) широкодиапазонный дозиметрический интеллектуальный БД гамма-излучения БДКГ-22 (или БДКГ-23), выполненный на комбинированном газоразрядном детекторе (табл.1).

Дозиметрический и спектрометрический БД гамма-излучения из состава АПИ, совместно с каналом измерения метеоданных, по своим метрологическим характеристикам позволяют получить исчерпывающую информацию о радиационной обстановке. Применяемые средства измерений соответствуют требуе-

мым параметрам по мощности дозы гамма-излучения, по чувствительности спектрометрического канала, по метеопараметрам (давление, относительная влажность, скорость ветра, направление ветра, температура воздуха, жидкие и твердые осадки). Возможность управления настройками АПИ посредством удаленного доступа позволяет все действия по управлению и диагностированию компонентов АПИ проводить оперативно.

Отличительной особенностью разработанной системы является использование в составе АПИ высокочувствительных быстродействующих спектрометрических БД гамма-излучения, что позволяет накапливать измеренные спектры гамма-излучения в базе данных центра реагирования и производить автоматическую идентификацию радионуклидов, при этом фиксировать малейшие изменения радиационного фона благодаря высокой чувствительности БД.

Спектрометрические БД являются блоками детектирования сцинтилляционного типа с использованием кристалла NaI(Tl) в качестве детектора. В БД реализован спектрометрический метод измерения мощности дозы гамма-излучения с помощью операционной функции «спектр-доза».

Табл.1. Основные технические характеристики блоков детектирования гамма-излучения.

Блок детектирования	БДКГ-22 (БДКГ-23)	БДКГ-11М (БДКГ-211М)
Детектор	Счетчик Гейгера-Мюллера с энергокомпенсирующим фильтром, 2 секции	Сцинтилляционный NaI(Tl) Ø63×63 мм
Диапазон энергий	60 кэВ – 3 МэВ	20 кэВ – 3 МэВ
Диапазон измерения мощности амбиентного эквивалента дозы	0,1 мкЗв/ч – 10 Зв/ч (0,1 мкГр/ч – 100 Гр/ч)	30 нЗв/ч – 150 мкЗв/ч
Предел основной относительной погрешности измерения МД	±20%	±20%
Энергетическая зависимость чувствительности относительно энергии 662 кэВ	от –25% до +35% 60 кэВ – 3 МэВ	±20% 40 кэВ – 3 МэВ
Чувствительность к гамма-излучению ¹³⁷ Cs, имп·с ⁻¹ /мкЗв·ч ⁻¹	4 (4,6 имп·с ⁻¹ /мкГр·ч ⁻¹)	2450
Степень защиты	IP67	IP54 (IP68)
Количество каналов АЦП		1024
Интерфейс	RS422/RS485	USB/RS232/RS485
Диапазон рабочих температур	–40 – +70 °С	–20 – +50 °С (–35 – +55 °С)
Относительная влажность воздуха (≤35°С без конденсации влаги)	≤98%	≤95% (≤98%)
Габаритные размеры, масса	Ø60×255 мм, 0,5 кг (Ø60×255 мм, 0,55 кг)	Ø78×320 мм, 1,7 кг (Ø90×350 мм, 2 кг)

Данная функция отражает взаимодействие гамма-излучения с материалом чувствительного объема детектора и элементами конструкции, а также учитывает аппаратные эффекты в системе спектрометра. Каждый БД гамма-излучения спектрометров калибруется по энергии и энергетическому разрешению. Для каждого блока также определяется стабилизационная зависимость и температурная характеристика, позволяющая учесть зависимость световых выходов от температуры для NaI(Tl)-сцинтиллятора. Градуировочная характеристика спектрометров по энергии аппроксимируется кубическим сплайном на основе измерений спектров

12 источников из набора образцовых спектрометрических гамма-источников (ОСГИ), а также ²²⁶Ra и ⁴⁰K [10,11].

На рис.1 приведен пример окна отображения мощности дозы гамма-излучения на электронной карте контролируемой территории.

По состоянию на 25 апреля 2022 г. среднее значение мощностей доз в пунктах размещения АПИ:

- 1) Гервяти – 0,05 мкЗв/ч;
- 2) Трокеники – 0,05 мкЗв/ч;
- 3) Михалишки – 0,07 мкЗв/ч;
- 4) Ошмяны – 0,07 мкЗв/ч;
- 5) Гудогай – 0,06 мкЗв/ч;
- 6) Лынтупы – 0,12 мкЗв/ч;
- 7) Кемелишки – 0,06 мкЗв/ч;
- 8) Островец – 0,05 мкЗв/ч;
- 9) Нарочь – 0,06 мкЗв/ч;
- 10) Котловка – 0,06 мкЗв/ч.

Накопление информации сервер ЦР осуществляет в базах данных клиент-серверной архитектуры типа *FireBird*. Там же происходит обработка спектра гамма-излучения, принятого с АПИ. Отдельный программный модуль осуществляет идентификацию радионуклидов. Алгоритм идентификации радионуклидов основан на поиске пиков по результату свертки спектра со второй производной функции Гаусса. Обнаруженные пики отфильтровываются по признаку статистической значимости и форме. Прошедшие фильтрацию пики сравниваются с библиотечными энергетическими линиями. Библиотека радионуклидов содержит параметры энергетиче-

висимой памяти контроллера АПИ;

- поддержка протоколов UDP/IP, IP-адресации.

ПО системы имеет распределенную архитектуру и состоит из встроенного ПО АПИ и ПО ЦР, которые используют векторные многослойные электронные карты в формате ГИС *MapInfo* и современную СУБД, имеющую клиент-серверную архитектуру.

Под управлением встроенного ПО АПИ функционируют аппаратные средства терминального контроллера АПИ (рис.3). Одной из основных особенностей ПО контроллера АПИ является обеспечение высокой надежности его функционирования, что обеспечивается структурой построения как аппаратной, так и программной части.

Аппаратные средства модулей коммуникаций контроллера используют GSM/GPRS каналы связи, функционирующие с учетом обеспечения 100% горячего резерва при дублировании. Программные средства разработаны с учетом этого дублирования и поддерживают заданную аппаратную конфигурацию.

АПИ представляет собой многоканальное средство измерения и имеет три измерительных канала со следующими средствами измерения:

- в дозиметрическом канале – БДКГ-22 или БДКГ-224;

- в спектрометрическом канале – БДКГ-211М или БДКГ-11М;
- в канале измерения метеоданных – метеостанция WXT530.

Структура аппаратного шкафа приведена на рис.4.

АПИ имеет два канала проводной связи:

- проводной канал RS-485 для вывода информации на табло ТЭИ-АТ, подключение табло позволяет наблюдать результаты радиационной обстановки;
- проводной консольный канал RS-232 для подключения к ПЭВМ, используется для настройки и проверки АПИ.

Блок управления (БУ) предназначен для сбора, накопления и обработки данных, далее – для передачи по каналам связи по запросу ЦПК (центральный пост контроля), и имеет следующие функциональные возможности:



Рис.3.
Общий вид АПИ.



- 6 независимых последовательных COM-порта (2 – RS-485, 4 – RS-232);
- микросхема флэш-памяти для архивирования информации за последние 72 часа;
- питание +12 В стабилизированное;
- внутренние часы с возможностью синхронизации по каналу GSM;
- температурный датчик в качестве индикатора температуры внутри шкафа;
- аналоговые датчики для измерения входной первичной сети 230 В и вторичного постоянного напряжения питания 13,8 В.

ПО ЦР обеспечивает функционирование сервера узлов контроля и обработки информации в иерархической информационной сети. Аппаратная структура сервера построена с учетом обеспечения 100% горячего резерва и состоит

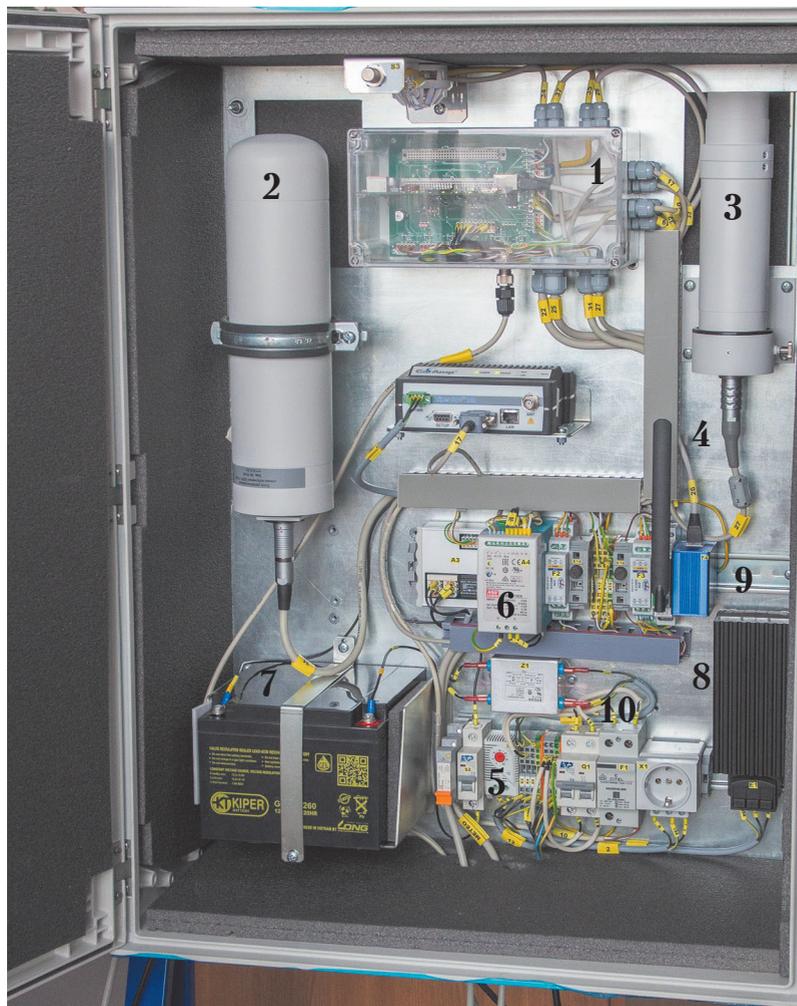


Рис.4. Структура аппаратного шкафа АПИ.
1 – БУ; 2, 3 – БД; 4 – GSM-антенна; 5 – термостат; 6 – блок питания; 7 – аккумулятор; 8 – нагреватель конвекционный; 9 – GSM-модем; 10 – устройство защиты от импульсного перенапряжения.

из двух ПЭВМ, объединенных в локальную сеть с установленным ПО зеркального накопления информации в базах данных.

ПО ЦР обеспечивает функционирование сервера узлов контроля и обработки информации в иерархической информационной сети. Аппаратная структура сервера построена с учетом обеспечения 100% горячего резерва

и состоит из двух ПЭВМ, объединенных в локальную сеть с установленным ПО зеркального накопления информации в базах данных.

Основные функции ПО:

- два режима работы АСКРО – «нормальный» и «тревожный»;
- обмен информацией с АПИ по технологии GSM/GPRS с применением протоколов UDP/IP;

- переход АСКРО в режим работы «нормальный» – «тревожный» и обратно автоматически;
- надежность и помехозащищенность передачи данных;
- звуковая и цветовая индикация в случае превышения пороговых значений;
- индикация нештатных событий (отсутствие данных более 1 часа, несанкционированное открытие АПИ, технические проблемы, коммуникационные проблемы и т. п.);
- полная адресная диагностика работоспособности оборудования;
- измерение спектра гамма-излучения в точке расположения АПИ;
- измерение метеорологических параметров (направление и скорость ветра, осадки (количество, текущие осадки, интенсивность, продолжительность), атмосферное давление, температура, относительная влажность);
- обеспечение горячего резервирования сервера на базе использования блочной зеркальной технологии;
- ПО в автоматическом режиме выполняет сбор, передачу, обработку и анализ данных, включая архивацию;
- информационная интеграция с другими системами радиационного контроля;

- обеспечение возможности функционирования ПО в составе системы АСРК;
- дистанционное изменение параметров и установок системы АСКРО по санкционированному доступу;
- отображение оперативных данных и информации на серверах; обеспечение удобного сервиса просмотра данных измерений, технического состояния компонентов системы АСКРО, статистики событий в работе системы, в т. ч. для выяснения причин отказа работы компонентов системы;
- взаимодействие с современной СУБД клиент-серверной архитектуры, обеспечение автоматического поддержания функционирования БД;
- автоматический аудит технического состояния компонентов системы АСКРО по отдельности и в целом по АПИ, ЦР; ПО должно отслеживать своевременность поступления данных в ЦР и формировать соответствующие сообщения оператору;
- обеспечение возможности просмотра (по указанным параметрам) истории поступления данных и действий оператора (перезапуск, изменение параметров работы и т. п.);
- выбор данных по запросам из базы и формирование в файлы общепринятых форматов *MS Office*.

Заключение

Разработанная система успешно функционирует с 2016 г. по настоящее время и позволяет в автоматическом режиме контролировать радиационную обстановку в зоне влияния БелАЭС с высокой степенью достоверности и информативности.

Литература

1. Новик А.Н., Белый И.В., Тамашевич С.Г., Кучинский П.В. Автоматизированная система контроля радиационной обстановки окружающей среды с открытой архитектурой построения. Материалы I Международной научно-технической конференции «Автоматизированные системы управления технологическими процессами АЭС и ТЭС». 2015. С. 131.
2. Новик А.Н., Белый И.В., Тамашевич С.Г., Кучинский П.В. Программно-аппаратные средства автоматизированной системы контроля радиационной обстановки окружающей среды в зоне наблюдения АЭС с применением спектрометрических блоков детектирования гамма-излучения. Материалы международной конференции «Приборостроение 2014». 2014. С. 137-138.
3. Новик А.Н., Белый И.В., Тамашевич С.Г., Кучинский П.В. Программно-аппаратные средства автоматического пункта измерения АСКРО АЭС с применением спектрометрических блоков детектирования гамма-излучения. Материалы республиканского научного семинара «Атомная энергетика, ядерные и радиационные технологии». Объединенный институт энергетических и ядерных исследований. 2014. С. 59.
4. Кожемякин В.А. Линейка интеллектуальных блоков детектирования гамма-излучения для использования в составе роботизированных и других систем. Материалы XIII Международного совещания «Проблемы прикладной спектрометрии и радиометрии». 2015. С. 101-105.
5. Новик А.Н., Белый И.В., Быстров Е.В., Кожемякин В.А., Кучинский П.В. Автоматизированная система контроля радиационной обстановки в зоне влияния Белорусской АЭС. 6-я Международная конференция «Ядерные технологии XXI века». Сборник докладов НАНБ. 2016. С. 36-40.
6. Мониторинг окружающей среды и источников для целей радиационной защиты МАГАТЭ. Серия норм безопасности МАГАТЭ, N RS-G-1.8. Вена. 2016.

7. Кадацкая М.М. Требования к организации радиационного мониторинга в зоне наблюдения Белорусской АЭС для целей оценки дозы репрезентативного человека. В сборнике: Здоровье и окружающая среда. Сборник материалов республиканской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» в 2 томах.
8. Николаенко Е.В. Анализ основных аспектов организации радиационно-гигиенического мониторинга на этапе строительства Белорусской АЭС // Здоровье и окружающая среда. 2015. Т. 1. N 25. С. 75-78.
9. Николаенко Е.В., Кляус В.В. Радиационно-гигиенический мониторинг для оценки «нулевого» фона вокруг Белорусской АЭС // Здоровье и окружающая среда. 2016. N 26. С. 49-53.
10. Антонов А.В., Антонов В.И., Барченко А.Г., Быстров Е.В., Кожемякин В.И., Лукашевич Р.В. Спектрометрическая система радиационного мониторинга. Материалы международного совещания по проблемам прикладной спектрометрии и радиометрии. 2015.
11. Антонов А.В., Антонов В.И., Барченко А.Г., Быстров Е.В., Кожемякин В.И., Лукашевич Р.В. Спектрометрические сцинтилляционные блоки детектирования гамма-излучения для жестких условий эксплуатации. Материалы международного совещания по проблемам прикладной спектрометрии и радиометрии. 2015.

Automated System for Radiation and Meteorological Monitoring of Environment Near the Belarusian NPP

Novik Aleksandr^{1,2}, Kuchinsky Peter¹, Kozhemyakin Valery², Bystrov Evgeniy²

¹ Scientific-Research Institution «A.N. Sevchenko Institute of Applied Physical Problems» of Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus;

² «АТОМТЕХ» Scientific and Production Enterprise, Minsk, Republic of Belarus.

Abstract. This paper describes the automated system for radiation and meteorological monitoring of environment near the Belarusian NPP located close the town of Ostrovets, Grodno region, that was developed in close cooperation of A.N. Sevchenko Institute of Applied Physical Problems of BSU and «АТОМТЕХ» SPE. The description of system structure, software functions, specifications of gamma radiation detection units, and sample data on the radiation environment are provided.

Key words: Belarusian NPP, radiation and meteorological monitoring, environment, spectrometric detection unit, GSM data link.

П.В.Кучинский (д.ф-м.н., доц., директор) – Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь.

В.А.Кожемякин (к.т.н., с.н.с., директор), А.Н.Новик (вед.инж.), Е.В.Быстров (нач.лаб.) – Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ», г. Минск, Республика Беларусь.

Контакты: тел. +375 (17) 270-68-31; e-mail: info@atomtex.com, alexnoviknik@gmail.com.