

УДК 541.11

СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ ЖИДКИХ СРЕД АО “СНИИП” И ИХ РАЗВИТИЕ

© 2022 г. А. В. Редкоус^а, *, А. А. Иванов^а, А. В. Калинин^а,
М. Д. Дерябина^а, М. К. Савельев^а, В. Р. Минниханов^а

^аАО “Специализированный научно-исследовательский институт приборостроения”, Москва, 123060 Россия

*E-mail: AVRedkous@sniip.ru

Поступила в редакцию 07.07.2022 г.

После доработки 07.07.2022 г.

Принята к публикации 18.07.2022 г.

Представлен сравнительный анализ средств контроля объемной активности жидких сред различных производителей и области их применения. Подробно рассмотрены устройства детектирования измерения объемной активности жидких сред разработки АО “СНИИП” различного назначения. На основании рассмотренных устройств детектирования описано решение о модернизации текущих устройств детектирования и результат разработки нового устройства. Озвучиваются актуальные требования к контролю объемной активности жидких сред, в том числе по реперному радионуклиду ^{24}Na , и предпринятые шаги к реализации устройства удовлетворяющего данным требованиям. В заключение уделяется внимание рассмотрению дальнейших перспектив развития аппаратуры контроля объемной активности жидких сред.

Ключевые слова: объемная активность, сцинтиллятор, устройство детектирования, новые разработки

DOI: 10.56304/S2079562922030393

ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг объемной активности (ОА) жидких сред на объектах использования атомных энергетических установок является показателем технического состояния и важным, а в некоторых случаях ключевым, критерием оценки влияния работы этих объектов на окружающую среду.

Оборудование радиационного контроля ОА жидких сред атомных электростанций (АЭС) применяются для решения широкого класса задач, начиная от контроля теплоносителя первого контура до мониторинга остаточной активности воды в сбросном канале. Многочисленные точки контроля ОА жидких сред позволяют должным образом поддерживать радиационную безопасность на территории атомной электростанции и за ее пределами [1].

Само оборудование можно разделить по методу контроля на проточное, погружное и бесконтактное. В статье представлены программно-аппаратные средства разработки АО “СНИИП”, предназначенные для решения упомянутых выше задач.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ КОНТРОЛЯ ОА ЖИДКИХ СРЕД

Технические характеристики устройств детектирования (УД) контроля ОА жидких сред проточным методом различных производителей при-

ведены в табл. 1. Информация об устройствах взята из открытых источников и актуальна на день публикации, однако, учитывая постоянно ужесточающиеся требования к объему радиационного контроля, следует иметь в виду, что производители постоянно совершенствуют свою продукцию, улучшая метрологические и эксплуатационные характеристики устройств.

Для контроля ОА жидких сред в продуктовой линейке АО “СНИИП” предусмотрено несколько технических решений: УЖГ-35Р в проточном исполнении, БДЖГ-13Р в погружном исполнении и БДРГ-42Р для бесконтактного контроля. Внешний вид УД приведен на рис. 1.

Из табл. 1 можно сделать вывод, что УДЖГ-35Р разработки АО “СНИИП”, не имея принципиальных конструктивных доработок и модернизаций с двухтысячных годов, по-прежнему обладает достаточными метрологическими и эксплуатационными характеристиками, что обеспечивает его конкурентоспособность среди средств контроля ОА жидких сред. За свою долгую, для технического средства, историю УДЖГ-35Р зарекомендовало себя как надежное устройство, соответствующее всем проектным требованиям, которые предъявлялись ранее для подобных устройств. УДЖГ-35Р является средством измерения утвержденного типа СИ, имеет широкую референтность и приме-

Таблица 1. Сравнение характеристик УД контроля ОА жидких сред

УД	Тип детектора	Диапазон измерений ОА, Бк/м ³	Диапазон регистрируемых энергий, МэВ	Погрешность, не более, %
УДЖГ-35Р АО “СНИИП”	Пластиковый сцинтиллятор	От $3.7 \cdot 10^3$ До $3.7 \cdot 10^7$	0.01–0.30	30
УДЖГ-20Е ФГУП “ПЭСЗ”	NaI(Tl)	От $2.0 \cdot 10^3$ До $3.0 \cdot 10^7$	0.30–1.50	35
УДЖГ-211 НПП “Радико”	NaI(Tl)	От $3.7 \cdot 10^4$ До $3.7 \cdot 10^9$	0.15–3.00	30
УДГП-01 НПП “Доза”	CsI(Tl)	От $4.0 \cdot 10^2$ До $4.0 \cdot 10^8$	0.05–1.50	20

няется на Калининской АЭС, Ростовской АЭС, а также на ПЭБ (плавучем энергоблоке) “Академик Ломоносов”. Учитывая длительный положительный опыт эксплуатации устройства, было принято решение о его применении в качестве основного технического средства для контроля ОА жидких сред в составе автоматизированной системы радиационного контроля (АСРК) АЭС “Руппур” в Республике Бангладеш.

Конструкция УДЖГ-35Р представляет собой сцинтиблок, погруженный в сосуд Маринелли, которые защищены от внешнего гамма-фона свинцовой защитой. Выбор органического сцинтиллятора и его геометрических размеров обусловлены следующими факторами: малым временем высвечивания для регистрации излучений при высокой загрузке высокорadioактивных жидких сред, а также высокой чувствительностью за счет объема сцинтиллятора, что позволяет зарегистрировать низкие значения ОА жидких сред. Схематическим преимуществом УДЖГ-35Р является частотный выход, который подходит для модернизации ранее поставляемых систем АСРК, не предусматривающих УД с цифровым выходом.

Для решения специализированных задач контроля ОА жидких сред погружным методом применяются БДЖГ-13Р, конструктивным исполнением которого является сцинтиблок помещенный в штангу. Такое

исполнение позволяет интегрировать УД в трубопроводы или размещать его в сбросных каналах. Чувствительным элементом БДЖГ-13Р является пластиковый сцинтиллятор, аналогичный применяемому в УДЖГ-35Р. Диапазон измерений БДЖГ-13Р от $1.0 \cdot 10^3$ до $1.0 \cdot 10^8$ Бк/м³.

Бесконтактный способ контроля ОА в технологических трубопроводах АЭС в линейке устройств осуществляется БДРГ-42Р в свинцовой защите. БДРГ-42Р работает на полупроводниковом детекторе и имеет диапазон измерений от $1.0 \cdot 10^8$ до $2.0 \cdot 10^{14}$ Бк/м³.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ОА ЖИДКИХ СРЕД АО “СНИИП”

Ввиду ограничений по применению УДЖГ-35Р и с целью совершенствования продуктовой линейки АСРК последовало решение о разработке новых устройств контроля ОА жидких сред в рамках инвестиционного проекта, реализуемого в АО “СНИИП”. Результатом разработки стало устройство детектирования УДЖГ-43Р.

К знаниям и опыту предыдущих поколений были добавлены современные подходы решения задач, что позволило предотвратить критические ошибки на этапе макетирования. Были проведе-



УДЖГ-35Р

БДЖГ-13Р

БДРГ-42Р

Рис. 1. Внешний вид УД контроля ОА жидких сред “СНИИП”.

Таблица 2. Отличительные особенности УДЖГ-43Р и их назначение

Особенность	Назначение
Встроенный микроконтроллер	Проведение операций по регулировке, настройке и диагностики устройства без разборки Пересчет полученных данных в итоговое значение ОА с учетом мертвого времени детектора
Цифровой выход с интерфейсом RS-485	Обеспечение надежной и устойчивой связи УД с техническими средствами верхнего уровня
Унифицированные электронные узлы	Электронные узлы из состава УДЖГ-43Р разработаны таким образом, что имеют возможность работать с другими сцинтилляционными детекторами
Конструкция блока детектирования	Блок детектирования унифицирован для применения в проточном и погружном исполнении
Устройство обработки данных	Устройство обработки данных находится сразу в составе УД и предназначено для управления УД и отображения информации в реальном времени. Устройство обработки информации может находиться удаленно, до 500 м от УД.

ны работы по части моделирования поведения жидкости в сосуде Маринелли, которые способствовали оценке предпочтительного размещения патрубков в сосуде. Осуществлялось компьютерное SPICE-моделирование аналоговых схемотехнических решений, которое позволило рассмотреть и оптимизировать предварительные расчеты параметров схем, не прибегая к макетированию. Написание встраиваемого программного обеспечения проводилось в современных средах разработки, что сократило отладку алгоритмов работы и настройку периферии устройства.

При разработке УДЖГ-43Р были учтены как преимущества УДЖГ-35Р, к которым можно отнести применение пластикового сцинтиллятора, в виду многолетнего опыта успешного применения, а также устранены недостатки: например, сборная защита сменила монолитную, что увеличило практичность сборки, разборки и транспортировки устройства. Отличительные особенности и назначение УДЖГ-43Р приведены в табл. 2.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

УДЖГ-43Р предназначается для поставки на строящиеся Курскую АЭС-2 и АЭС "Аккую". Для устройства детектирования УДЖГ-43Р разработан полный комплект конструкторской документации и запущен процесс изготовления опытного образца. В текущем 2022 г. планируется проведение приемочных испытаний и испытаний в целях утверждения типа средств измерений с последующим внесением УДЖГ-43Р в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства средств измерений. Все испытания, в том числе испытания в целях утверждения типа, будут проведены на базе аккредитованных лабораторий центра

метрологии и испытаний АО "СНИИП" (ЦМИ). Возможности ЦМИ позволяют подтвердить основные метрологические характеристики средств контроля ОА жидких сред с применением образцовых радиоактивных растворов и твердых образцовых источников. Область аккредитации ЦМИ для радиометров жидкости от $1.0 \cdot 10^3$ до $1.0 \cdot 10^{13}$ Бк/м³.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РАЗРАБОТКИ

В начальной стадии разработки находится устройство контроля ОА жидких сред с функцией измерения реперного радионуклида ²⁴Na. Необходимость создания подобного устройства продиктована установлением в проектах новых АЭС требований к измерению ОА нуклида ²⁴Na в системе продувки парогенератора, свидетельствующего о потере герметичности тепловыделяющих элементов. На данный момент для спектрометрического УД выполнены работы по выбору детектора, произведены расчеты и моделирование оптимальной геометрии измерительной емкости с учетом необходимости измерения требуемого диапазона ОА и импульсной загрузки детектора, также произведен расчет геометрии и массы защиты от внешнего гамма-фона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

АО "СНИИП" имеет значительный опыт в разработке устройств детектирования ОА жидких сред, но в условиях необходимости повышения безопасности и технологичности АЭС, строящихся по российским проектам, ключевым является совершенствование УД с применением современных подходов: математического моделирования на различных стадиях разработки, использования

современных сцинтилляторов и элементной базы, организации цифровых интерфейсов связи и управления УД. Дальнейшее увеличение точности контроля ОА жидких сред подразумевает взаимодействие и совместные работы с проектными институтами и эксплуатирующими организациями, проведение научных исследований с использованием современных инструментов и сопоставление

их результатов с экспериментальными данными, создание новых методик выполнения измерений и их аттестацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Фертман Д.Э., Чебышов С.Б. Радиометрия сред. 2017. Москва: ФИД Деловой экспресс.

Means of Monitoring The Volumetric Activity of Liquid Media of JSC “SNIP” and Their Development

A. V. Redkous^{1, *}, A. A. Ivanov¹, A. V. Kalin¹, M. D. Deryabina¹, M. K. Savelev¹, and V. R. Minnihanov¹

¹JSC “Specialized Scientific Research Institute of Instrument Engineering”, Moscow, 123060 Russia

*e-mail: AVRedkous@sniip.ru

Received July 7, 2022; revised July 7, 2022; accepted July 18, 2022

Abstract—A comparative analysis of the means of controlling the volumetric activity of liquid media from various manufacturers and their application areas is presented. Devices for detecting and measuring the volumetric activity of liquid media developed by JSC “SNIIP” for various purposes are considered in detail. Based on the considered detection devices, the decision to modernize the current detection devices and the result of the development of a new device are described. The current requirements for monitoring the volumetric activity of liquid media, including the reference radionuclide ^{24}Na , and the steps taken to implement a device that meets these requirements are announced. In conclusion, attention is paid to the consideration of further prospects for the development of equipment for monitoring the volumetric activity of liquid media.

Keywords: volumetric activity, scintillator, detection device, new developments