ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Установки измерения выгорания ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок МКС-03 РБМК в ХОЯТ АЭС с РБМК

Назначение средства измерений

Установки измерения выгорания ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок МКС-03 РБМК в ХОЯТ АЭС с РБМК (далее – установки) предназначены для измерений выгорания, изотопного состава и остаточного тепловыделения ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) реакторов типа РБМК, размещенных в ХОЯТ АЭС с РБМК.

Описание средства измерений

Функционально установка состоит из нескольких каналов регистрации излучений.

Каркас вместе с размещенными на нем блоками детектирования нейтронного излучения (БДН) образуют рабочий блок установки детекторов (БДР). БДР содержит 12 БДН – 6 пар по высоте топливной части ОТВС. БДН расположены под углом 180° относительно друг друга. Основание вместе с размещенными на нем блоками детектирования гамма-излучения спектрометрическими (БДС) и дозиметрическими (БДД) образуют градуировочный блок установки детекторов (БДГ). БДГ содержит 3 БДД и 3 БДС. Блоки детектирования каждого типа находятся под углом 120° относительно друг друга.

БДН в совокупности с электронным оборудованием блока вторичной аппаратуры (БВА) и блока управления и обработки данных (БУ) образует канал регистрации нейтронного излучения.

БДС в совокупности с электронным оборудованием БВА и БУ образует канал регистрации гамма-излучения спектрометрический.

БДД в совокупности с электронным оборудованием БВА и БУ образует канал регистрации гамма-излучения дозиметрический.

Каналы регистрации нейтронного излучения предназначены для измерений скорости счета импульсов, пропорциональных плотности потока тепловых нейтронов от ОТВС. На основе измеренных значений скорости счета импульсов вычисляется выгорание в диапазоне 10-40 МВт×сут/кг.

Каналы регистрации гамма-излучения спектрометрические предназначены для измерений энергетических спектров гамма-излучения от ОТВС, на основе которых вычисляется выгорание по соотношению активностей радиоизотопов ^{134}Cs и ^{137}Cs в ОТВС в диапазоне 25-40 МВт×сут/кг. Время от момента извлечения ОТВС из реактора до момента измерения выгорания (время выдержки ОТВС) должно быть от 2 до 4 лет.

Каналы регистрации гамма-излучения дозиметрические предназначены для измерений мощности поглощенной дозы гамма-излучения вблизи ОТВС. На основе измеренной мощности поглощенной дозы гамма-излучения вычисляется выгорание ОТВС в диапазоне 5-10 МВт×сут/кг.

В каналах регистрации нейтронного излучения используются импульсные камеры деления типа КНК-15-1 с компенсацией фона гамма-излучения. Блок детектирования нейтронного излучения работоспособен при мощности поглощенной дозы гамма-излучения до 10^3 Гр/ч.

В каналах регистрации гамма-излучения спектрометрических используются CdZnTe-детекторы. Блок детектирования гамма-излучения спектрометрический размещен в свинцовой защите для уменьшения дозовой нагрузки от гамма-излучения на датчик и предусилитель. Блок детектирования гамма-излучения в свинцовом коллиматоре работает при мощности поглощенной дозы гамма-излучения до 10^2 Гр/ч.

В каналах регистрации гамма-излучения дозиметрических используется алмазный детектор типа ПДПС для измерений мощности поглощенной дозы. Блок детектирования размещен в свинцовой защите со щелевым коллиматором, обеспечивающим «просмотр» ОТВС.

Каркас БДР представляет собой разрезной пенал, по высоте которого размещаются площадки для размещения БДН. Каркас закреплен на балках щелевого перекрытия вдоль каньона. В верхней части каркаса располагается устройство для исключения перемещения пенала с ОТВС в горизонтальной плоскости при проведении измерений. На каркасе выше уровня воды размещены разъемы для соединения БДН через кабельные линии связи с БВА.

Основание БДГ представляет собой разрезную конструкцию для установки пенала с ОТВС при проведении измерений. На основании размещены БДС и БДД в свинцовых защитах с коллиматорами. В верхней части каркаса располагается устройство для исключения перемещения пенала с ОТВС в горизонтальной плоскости при проведении измерений.

Основание устанавливается на балках щелевого перекрытия в месте перегрузки пенала с ОТВС по оси защитной камеры тележки перегрузочной тросовой на рельсовом пути устройства для пеналов. Конструктив основания снабжен траверсой для перемещения БДГ на место измерения и после измерения в место хранения.

На основании размещены разъемы для соединения блоков детектирования через кабельные линии связи с БВА.

БВА представляет собой металлический шкаф, внутри которого располагаются три крейта «Евромеханика» со вторичной электронной аппаратурой. БВА располагается на плитном настиле БВ ХОЯТ. Соединение блоков детектирования нейтронного и гамма-излучения, расположенных на блоке установки детекторов, с вторичной электронной аппаратурой осуществляется с помощью кабелей, объединенных в кабельном распределителе. БВА соединен комплектом кабелей с блоком управления и обработки данных, который располагается в этом же шкафу.

Внешний вид блока установки детекторов градуировочного и блока установки детекторов рабочего показан на рисунках 1 и 2, соответственно.

Внешний вид модуля электронного приведен на рисунке 3.

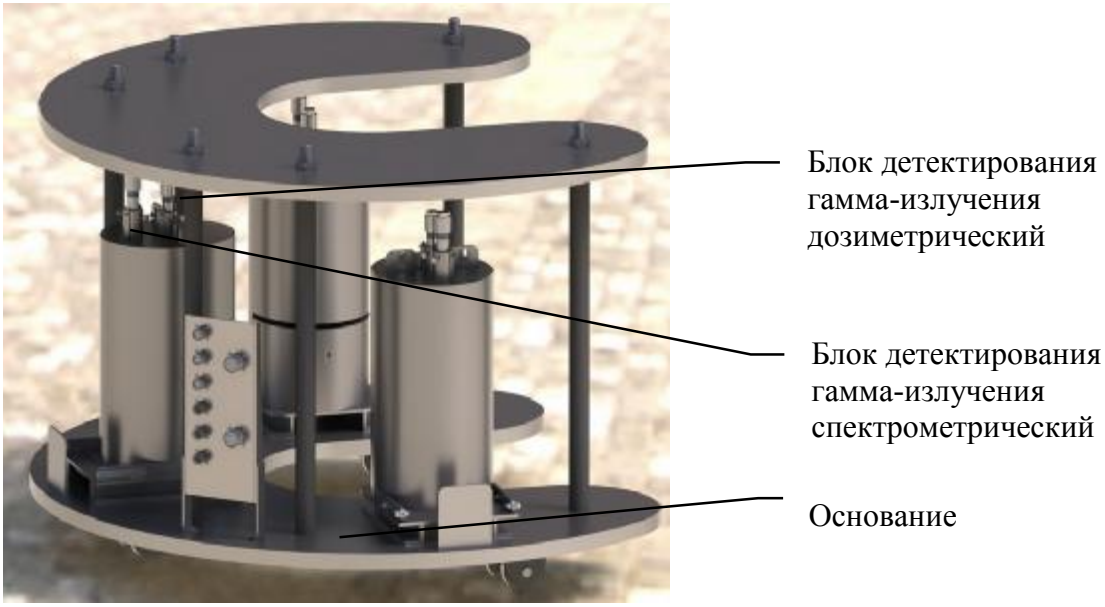

Рисунок 1- Внешний вид блока установки детекторов градуировочного

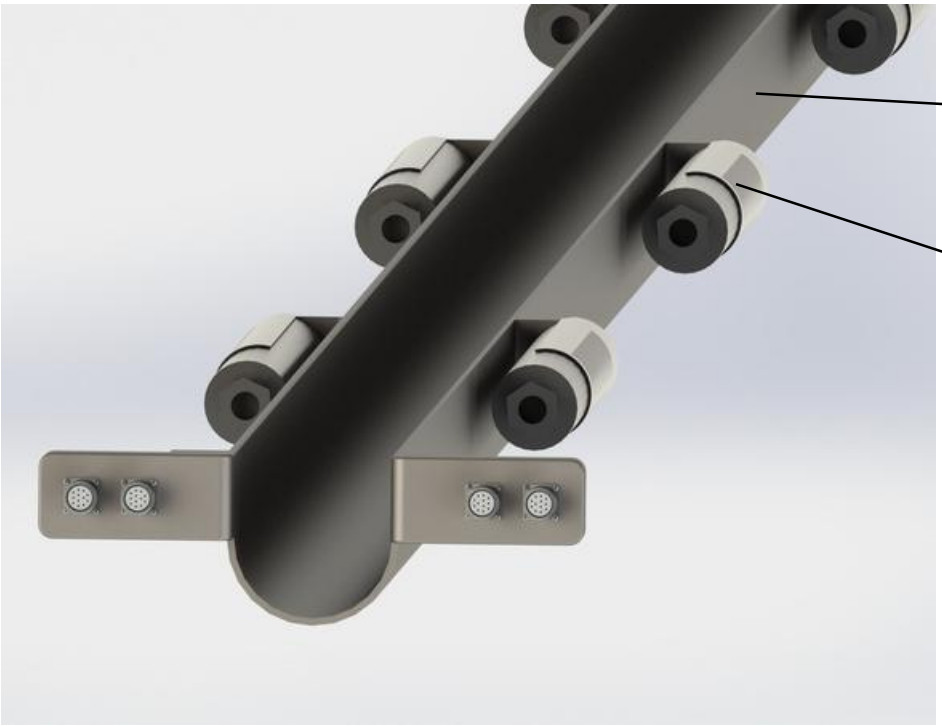

Рисунок 2- Внешний вид блока установки детекторов рабочего

Рисунок 3- Внешний вид модуля электронного

Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) «FLAME-RBMK-03» установки состоит из следующих функциональных блоков:

- Flame-rbmk.exe– основного исполняемого модуля;
- AsTract.dll – модуля управления блоками детектирования нейтронного и гамма-излучения, аналого-цифровыми преобразователями АЦП-1к-В8 и счетчиками-интенсиметрами СЧМ-32;
- DirectUse.dll – модуля для обеспечения интерфейса с пользователем и связи с модулем AsTract и другими блоками установки;
- done.mdb – базы данных.

ПО «FLAME-RBMK» обеспечивает:

- градуировку и проверку каналов регистрации нейтронного и гамма-излучения установок;
- измерения скорости счета импульсов блоков детектирования нейтронного излучения, мощности дозы и энергетических спектров гамма-излучения;
- вычисление выгорания ОТВС.

Идентификационные данные ПО приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
ПО «FLAME-RBMK-03»	flame-rbmk.exe	1.0.0.0	C7985D4C6D39AF2D99C9655B6B69A7E2E677B766	SHA-1
	AsTract.dll	1.0.0.0	563ED996A0FD22B33A5D10CAB36142A897C00E96	SHA-1
	DirectUse.dll	1.0.0.0	63FC3CFF6475518A3AEDDDADD8F745F0840F2C03	SHA-1
	done.mdb	1.0.0.0	E65EC9D3F0B42631C2792E4F106316BD48E16685	SHA-1

Защита ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «Высокий» по Р 50.2.077-2014 «ГСИ. Испытания средств измерений в целях утверждения типа. Проверка защиты программного обеспечения».

Метрологические и технические характеристики

Метрологические и технические характеристики установок приведены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование параметра	Значение параметра
Канал регистрации нейтронного излучения	
Диапазон измерений выгорания, МВт×сут/кг	от 10 до 40
Границы допускаемой относительной погрешности измерений выгорания при доверительной вероятности 0,95, %	±10
Границы допускаемой относительной погрешности измерений суммарной массы изотопов урана и плутония при доверительной вероятности 0,95, %	±15
Границы допускаемой относительной погрешности измерений остаточного тепловыделения при доверительной вероятности 0,95, %	±10
Время измерения выгорания одной ОТВС, мин, не более	5
Диапазон чувствительности каналов к нейтронам источника типа ИБН в водородосодержащем замедлителе вспомогательного устройства ВУ-2, имп./нейтр.	$(0,2\text{-}1,0)\cdot 10^{-4}$

Наименование параметра	Значение параметра
Пределы допускаемой относительной погрешности чувствительности к нейтронам источника типа ИБН в водородосодержащем замедлителе вспомогательного устройства ВУ-2, %	±10
Напряжение питания на линейном участке счетной характеристики, В	от 300 до 500
Габаритные размеры блока детектирования (длина х диаметр), мм, не более	450 х 65
Рабочий диапазон температуры блоков детектирования нейтронного излучения, °С	от 5 до 50
Канал регистрации гамма-излучения спектрометрический	
Диапазон измерений выгорания, МВт×сут/кг	от 25 до 40
Границы допускаемой относительной погрешности измерений выгорания при доверительной вероятности 0,95, %	±10
Границы допускаемой относительной погрешности измерений суммарной массы изотопов урана и плутония при доверительной вероятности 0,95, %	±15
Границы допускаемой относительной погрешности измерений остаточного тепловыделения при доверительной вероятности 0,95, %	±10
Время измерений выгорания, изотопного состава и остаточного тепловыделения ядерного топлива одной ОТВС, ч, не более	5
Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения, МэВ	от 0,05 до 1,0
Абсолютное энергетическое разрешение, кэВ, не более: - при энергии гамма-излучения Е=60 кэВ и температуре воздуха 25 ^{o}С - при энергии гамма-излучения Е=122 кэВ и температуре воздуха 25 ^{o}С - при энергии гамма-излучения Е=662 кэВ и температуре воздуха 25 ^{o}С	 10 12 15
Максимальная входная статистическая загрузка, имп./с	$2\cdot10^{4}$
Пределы нестабильности чувствительности и энергетического разрешения в течение времени непрерывной работы, %	±5
Чувствительность к гамма-квантам источника ^{137}Cs типа ОСГИ во вспомогательном устройстве ВУ-3, имп./Бк - интегральная, не более - по пику полного поглощения, не менее	 $2\cdot10^{-4}$ $2\cdot10^{-7}$
Пределы допускаемой относительной погрешности чувствительности по пику полного поглощения к гамма-излучению, %	±20
Габаритные размеры блока детектирования (длина х диаметр), мм, не более	245 х 15
Рабочий диапазон температуры блоков детектирования гамма-излучения спектрометрических, °С	от 5 до 50
Канал регистрации гамма-излучения дозиметрический	
Диапазон измерений выгорания, МВт×сут/кг	от 5 до 10
Границы допускаемой относительной погрешности измерений выгорания при доверительной вероятности 0,95, %	±10
Границы допускаемой относительной погрешности измерений суммарной массы изотопов урана и плутония при доверительной вероятности 0,95, %	±15
Границы допускаемой относительной погрешности измерений остаточного тепловыделения при доверительной вероятности 0,95, %	±10

Наименование параметра	Значение параметра
Время измерений выгорания, изотопного состава и остаточного тепловыделения ядерного топлива одной ОТВС, мин, не более	5
Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения, МэВ	от 0,08 до 25
Диапазон измерений мощности поглощенной дозы в воде гамма-излучения, Гр/с	от $2 \cdot 10^{-4}$ до 0,2
Границы допускаемой относительной погрешности измерений мощности поглощенной дозы в воде гамма-излучения (с доверительной вероятностью 0,95), %	±10
Величина темнового тока, А, не более	5×10^{-12}
Анизотропия чувствительности, %, не более	2
Пределы нестабильности показаний за время непрерывной работы, %	±1
Энергетическая зависимость чувствительности в диапазоне энергий фотонов 0,08 МэВ – 25 МэВ относительно чувствительности дозиметра при энергии 1,25 МэВ, %, не более	5
Доза предварительного облучения детектора, Гр, не более	10
Габаритные размеры блока детектирования (длина х диаметр), мм, не более	245 х 155
Рабочий диапазон температуры блоков детектирования гамма-излучения дозиметрических, °С	от 5 до 50
Общие характеристики	
Время установления рабочего режима установок, мин, не более	30
Время непрерывной работы, ч, не менее	24
Напряжение питания от сети переменного тока, В	от 198 до 242
Частота, Гц	от 47 до 53
Потребляемая мощность, В×А, не более	1000
Габаритные размеры: БДР (высота´ длина´ ширина), мм, не более БДГ (высота´ диаметр), мм, не более	 10000 ´ 300 ´ 300 670 ´ 400
Габаритные размеры электронного модуля, мм, не более: - длина - ширина - высота	 560 600 2030
Масса блока детекторов рабочих, кг, не более	250
Масса блока детекторов градуировочных, кг, не более	120
Масса электронного модуля, кг, не более	150
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	5000
Рабочие условия эксплуатации: - рабочая среда - температура окружающего воздуха, °С для модуля электронного для блока детектирования - температура воды, °С - относительная влажность воздуха, % - режим работы	 воздух, вода от 18 до 40 от 18 до 50 до 50 до 80 периодический

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится на титульный лист руководства по эксплуатации НПОК.051.00.00.000РЭ типографским способом.

Комплектность средства измерений

Комплект поставки приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Комплект поставки

Наименование	Количество
Установка в составе:	
- блока детектирования нейтронного излучения	12 шт.
- блока детектирования гамма-излучения:	
спектрометрического	3 шт.
дозиметрического	3 шт.
- электронного модуля в составе:	1 компл.
блока вторичной аппаратуры	1 компл.
блока управления и обработки данных	1 компл.
блока дистанционного управления	1 компл.
- комплекта монтажных частей (механическая часть) в составе:	1 компл.
каркаса	1 компл.
основания	1 компл.
- вспомогательных устройств ВУ-1, ВУ-2 и ВУ-3 для проверки каналов регистрации нейтронного и гамма-излучения	1 компл.
- комплекта ЗИП	1 компл.
Паспорт. НПОК.051.00.00.000 ПС	1 шт.
Руководство по эксплуатации. НПОК.051.00.00.000 РЭ	1 шт.
Свидетельство о поверке	1 шт.

Поверка

осуществляется в соответствии с документом 651-14-15 МП «Инструкция. Установки измерения выгорания ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок МКС-03 РБМК в ХОЯТ АЭС с РБМК. Методика поверки», утверждённым ФГУП «ВНИИФТРИ» в сентябре 2014 г.

Основные средства поверки:

- источник быстрых нейтронов типа ИБН (ТУ 95 1075-83 или ТУ 95 504-83) с потоком нейтронов не менее 5×10^5 нейтр./с, пределы допускаемой относительной погрешности потока нейтронов ± 5 % при доверительной вероятности 0,95 (аттестованный в установленном порядке);

- источник гамма-излучения ^{241}Am типа ОСГИ (ТУ 7018-001-08627537-06) с активностью не менее 5×10^4 Бк, пределы допускаемой относительной погрешности активности ± 3 % при доверительной вероятности 0,95 (аттестованный в установленном порядке);

- рабочий эталон поглощенной дозы гамма-излучения в воде (цезий-137 или кобальт 60), пределы допускаемой относительной погрешности ± 1,5 % при доверительной вероятности 0,99;

- эталонный дозиметр гамма-излучения, пределы основной относительной погрешности измерений поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы в воде ± 2,5 % при доверительной вероятности 0,95.

Сведения о методиках (методах) измерений

Установка измерения выгорания ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок МКС-03 РБМК в ХОЯТ АЭС с РБМК. Руководство по эксплуатации. НПОК.051.00.00.000 РЭ.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к установкам измерения выгорания ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок МКС-03 РБМК в ХОЯТ АЭС с РБМК

ГОСТ 12.2.007.0-75. ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

ГОСТ 27451-87. Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические условия.

НП 061-05. Правила безопасности при хранении и транспортировании ядерного топлива на объектах использования атомной энергии.

НП 001-97. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (ОПБ-88/97).

РД 50-691-89. Поглощенные дозы фотонного (1-50 МэВ) и электронного (5-50 МэВ) излучений в лучевой терапии. Методы определения.

НРБ-99/2009. Нормы радиационной безопасности.

ОСПОРБ-99/2010. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности.

ПТЭ. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.

ПТБ. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

Установка измерения выгорания ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок МКС-03 РБМК в ХОЯТ АЭС с РБМК. Технические условия. НПОК.051.00.00.000ТУ.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

Осуществление производственного контроля за соблюдением установленных законодательством Российской Федерации требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта.

Изготовитель

Закрытое акционерное общество Научно-производственное объединение «КВАНТ» (ЗАО НПО «КВАНТ»).

Адрес: 249035, Калужская обл., г. Обнинск, ул. Королева, д.6, оф. 225

Тел. (48439) 62771, E-mail: nppkvant@mail.ru

Испытательный центр

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»)

Юридический адрес: 141570, Московская область, Солнечногорский район, городское поселение Менделеево, Главный лабораторный корпус

Почтовый адрес: 141570, Московская обл., Солнечногорский район, п/о Менделеево

Тел./факс: (495) 526-63-00, E-mail: office@vniiftri.ru

Аттестат аккредитации ФГУП «ВНИИФТРИ» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30002-13 от 07.10.2013 г.

Заместитель Руководителя
Федерального агентства
по техническому
регулированию и метрологии Ф.В. Булыгин

М.п.

«___»_____2014 г.