

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Установки измерения выгорания ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок МКС-01 ВВЭР

Назначение средства измерений

Установки измерения выгорания ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок МКС-01 ВВЭР (далее – установки) предназначены для измерения выгорания ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) реакторов типа ВВЭР.

Описание средства измерений

Функционально установки состоят из нескольких каналов регистрации излучений.

Блок установки детекторов вместе с размещенными на нем блоками детектирования гамма-излучения спектрометрическими (БДС), блоками детектирования гамма-излучения дозиметрическими (БДД) и блоками детектирования нейтронного излучения (БДН) образуют блок детекторов (БД). 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 измерения скорости счета импульсов, пропорциональных плотности потока тепловых нейтронов от ОТВС. На основе измеренных значений скорости счета импульсов определяется программно выгорание в диапазоне 10-70 МВт-сут/кг. Время выдержки ОТВС должно составлять от 2 до 50 лет.

Каналы регистрации гамма-излучения спектрометрические предназначены для измерения энергетических спектров гамма-излучения от ОТВС, на основе которых определяется программно выгорание по соотношению активностей радиоизотопов ^{134}Cs и ^{137}Cs в ОТВС в диапазоне 5-70 МВт-сут/кг. Время выдержки ОТВС должно быть от 2 до 6 лет.

Каналы регистрации гамма-излучения дозиметрические предназначены для измерения мощности поглощенной дозы гамма-излучения вблизи ОТВС. На основе измеренной мощности поглощенной дозы гамма-излучения определяется программно выгорание ОТВС в диапазоне 5-70 МВт-сут/кг. Время выдержки ОТВС должно быть при этом от 10 до 50 лет.

В каналах регистрации нейтронного излучения используются импульсные камеры деления типа КНК-15-1 (или КНТ-54-1) 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 свинцовом коллиматоре для уменьшения дозовой нагрузки от гамма-излучения на детектор 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 измерения мощности поглощенной дозы. Блок детектирования размещен в свинцовой защите с щелевым коллиматором, обеспечивающим «просмотр» ОТВС.

Комплект монтажных частей предназначен для размещения блоков детектирования и свинцовых коллиматоров относительно ОТВС. Комплект монтажных частей включает в себя блок установки детекторов и противовес. С помощью перегрузочной машины ОТВС

перемещаются вдоль блоков детектирования непрерывно с заданной скоростью или с остановками в фиксированных точках для проведения измерений. Перемещение ОТВС осуществляется по сигналу с блока управления и обработки данных установки.

В состав электронного модуля, располагаемого в помещении реакторного отделения (РО) и соединенного с блоками детектирования герметичными кабелями, входит набор электронных блоков для обеспечения работы блоков детектирования и обработки данных.

Внешний вид блока детекторов приведен на рисунке 1.

Внешний вид модуля электронного приведен на рисунке 2.

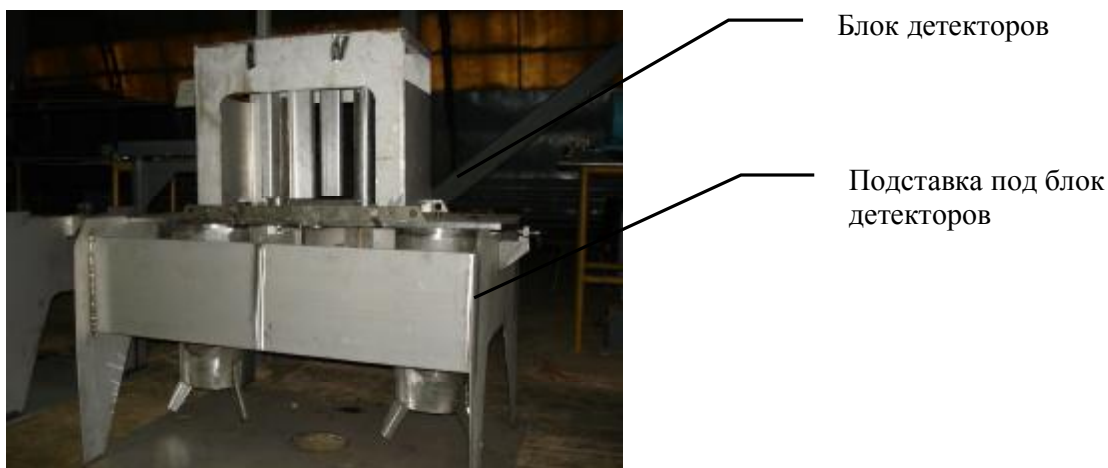


Рисунок 1 - Внешний вид блока детекторов



Рисунок 2 - Внешний вид модуля электронного

Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) МКС-01 ВВЭР FLAME-WWR состоит из следующих функциональных блоков:

- Flame-wwr.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-WWR обеспечивает:

- градуировку и проверку каналов регистрации нейтронного и гамма-излучения;
- 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
FLAME-WWR	flame-wwr.exe	3.1.0.0	5A0DE404C3C6D ED2889FBFB3480 EA9FAFEE0090F	SHA-1

Защита ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «А» по МИ 3286-2010.

Метрологические и технические характеристики

Метрологические и технические характеристики установок приведены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование параметра	Значение параметра
<i>Канал регистрации нейтронного излучения</i>	
Диапазон измерений выгорания, МВт·сут/кг	от 10 до 70
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений выгорания при доверительной вероятности 0,95, %	±10
Время измерений выгорания одной ОТВС, мин, не более	10
Диапазон измерений скорости счета импульсов F, имп./с	от 1 до 10 ⁴
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений скорости счета импульсов, %	±[0,1+5/F], где F – числовое значение измеренной величины
Диапазон чувствительности каналов к нейтронам источника типа ИБН в водородосодержащем замедлителе вспомогательного устройства ВУ-1, имп./нейтр.	(0,2-1,0)·10 ⁻⁴

Наименование параметра	Значение параметра
Пределы допускаемой относительной погрешности чувствительности каналов регистрации нейтронного излучения к тепловым нейтронам, %	± 5
Мощность поглощенной дозы сопутствующего гамма-излучения, Гр/ч, не более	10^3
Габаритные размеры блока детектирования (длина x диаметр), мм, не более	450 x 65
<i>Канал регистрации гамма-излучения спектрометрический</i>	
Диапазон измерений выгорания, МВт·сут/кг	от 5 до 70
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений выгорания при доверительной вероятности 0,95, %	± 10
Время измерений выгорания одной ОТВС, ч, не более	2
Энергетический диапазон регистрируемого гамма-излучения, МэВ	от 0,05 до 1,0
Абсолютное энергетическое разрешение: - при энергии гамма-излучения E=60 кэВ и температуре 25 °С, кэВ, не более - при энергии гамма-излучения E=662 кэВ и температуре 25 °С, кэВ, не более - при энергии гамма-излучения E=898 кэВ и температуре 25 °С, кэВ, не более	10 15 18
Максимальная входная статистическая нагрузка, имп./с	10^4
Диапазон мощности поглощенной дозы гамма-излучения с энергией 0,662 МэВ при максимальной входной статистической нагрузке, Гр/ч	от 0,01 до 0,1
Пределы нестабильности чувствительности и энергетического разрешения в течение времени непрерывной работы, %	± 5
Диапазон чувствительности каналов к гамма-квантам источника ^{137}Cs типа ОСГИ в жесткой геометрии вспомогательного устройства ВУ-2, имп./Бк	$(0,2-1,0) \cdot 10^{-6}$
Пределы допускаемой относительной погрешности чувствительности к гамма-излучению, %	± 10
Габаритные размеры блока детектирования (длина x диаметр), мм, не более	145 x 12,5
<i>Канал регистрации гамма-излучения дозиметрический</i>	
Диапазон измерений выгорания, МВт·сут/кг	от 5 до 70
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений выгорания, %	± 10
Время измерений выгорания одной ОТВС, мин, не более	15
Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения, МэВ	от 0,08 до 25
Диапазон измерений мощности поглощенной дозы гамма-излучения, Гр/с	от $2 \cdot 10^{-4}$ до 0,2
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности поглощенной дозы гамма-излучения (с доверительной вероятностью 0,95), %	± 5

Наименование параметра	Значение параметра
Габаритные размеры блока детектирования (длина x диаметр), мм, не более	60 x 7,5
<i>Общие характеристики</i>	
Время установления рабочего режима установок, мин, не более	30
Характеристики сети переменного тока, обеспечивающей питание установок	(50±3) Гц, (220±22) В
Потребляемая мощность, В·А, не более	1000
Габаритные размеры блока установки детекторов и противовеса, мм, не более:	
- длина	1300
- ширина	440
- высота	908
Габаритные размеры электронного модуля, мм, не более:	
- длина	560
- ширина	600
- высота	2030
Масса механической части, кг, не более	160
Масса электронного модуля, кг, не более	100
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	5000
Рабочие условия эксплуатации:	
- рабочая среда	воздух, вода с концентрацией борной кислоты от 12 до 26 г/л
- температура окружающего воздуха, °С	от 18 до 40
- температура воды, °С	до 50
- относительная влажность воздуха, %	до 80
- режим работы	периодический

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится на титульный лист руководства по эксплуатации НПОК.011.00.00.000РЭ типографским способом.

Комплектность средства измерений

Комплект поставки приведен в таблице 3.

Таблица 3

Наименование	Количество
Установка в составе:	
– блока детектирования нейтронного излучения	2 шт.
– блока детектирования гамма-излучения:	
спектрометрического	2 шт.
дозиметрического	2 шт.
– модуля электронного в составе:	1 компл.
блока вторичной аппаратуры	1 компл.
блока управления и обработки данных	1 компл.
– комплекта монтажных частей (механическая часть) в составе:	1 компл.

Наименование	Количество
блока установки детекторов	1 шт.
противовеса	1 шт.
–вспомогательных устройств ВУ-1 и ВУ-2 для проверки каналов регистрации нейтронного и гамма-излучения	1 компл.
Паспорт НПОК011.00.00.000 ПС	1 шт.
Руководство по эксплуатации НПОК.011.00.00.000 РЭ	1 шт.
Свидетельство о поверке	1 шт.

Поверка

осуществляется по документу НПОК.011.00.00.000 РЭ (раздел «Методика поверки») «Установка измерения выгорания ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок МКС-01 ВВЭР. Руководство по эксплуатации», утвержденному руководителем ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИФТРИ» 14.12.2007 г.

Основные средства поверки:

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

- источник гамма-излучения ^{137}Cs типа ОСГИ (ТУ 7018-001-08627537-06) с активностью не менее 10^5 Бк, пределы допускаемой относительной погрешности активности $\pm 3 \%$ при доверительной вероятности 0,99 (аттестованный в установленном порядке);

- дозиметр клинический на основе алмазного детектора для радиотерапевтических установок ДКДа-01-«ИФТП», Рег. № 25006-03, пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности поглощенной дозы гамма излучения $\pm 3 \%$ при доверительной вероятности 0,95.

Сведения о методиках (методах) измерений

«Установка измерения выгорания ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок МКС-01 ВВЭР. Руководство по эксплуатации. НПОК.011.00.00.000 РЭ».

«Методика выполнения измерений выгорания ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок реакторов ВВЭР с помощью установки МКС-01 ВВЭР. МВ-06.2007».

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к установкам измерения выгорания ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок МКС-01 ВВЭР

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-01 РБМК. Технические условия. НПОК.011.00.00.000ТУ.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

Осуществление деятельности в области использования атомной энергии.

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

Государственный центр испытаний средств измерений Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений»

141570, Московская обл., Солнечногорский р-н, г.п. Менделеево, ФГУП «ВНИИФТРИ», главный лабораторный корпус.

Аттестат аккредитации от 04.12.2008 г., рег. № 30002-08. Действителен до 01.11.2013 г.

Заместитель

Руководителя Федерального
агентства по техническому
регулированию и метрологии

Ф.В. Булыгин

«___» _____ 2013 г.

М. п.