

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

### Установка измерения выгорания ядерного топлива отработавших твэлов ДАВ-90 МКС-01 ДАВ

#### Назначение средства измерений

Установка измерения выгорания ядерного топлива отработавших твэлов ДАВ-90 МКС-01 ДАВ (далее – установка) предназначена для измерения выгорания и изотопного состава (масса изотопов урана и плутония) ядерного топлива отработавших твэлов ДАВ-90 реакторов типа АДЭ.

#### Описание средства измерений

Функционально установка состоит из нескольких блоков.

Блок установки детекторов градуировочный вместе с размещенными на нем блоками детектирования гамма-излучения образуют градуировочный блок детекторов. Блок установки детекторов рабочий вместе с размещенными на нем блоками детектирования нейтронного излучения образуют блок детекторов рабочий. Блок детектирования нейтронного излучения в совокупности с электронными блоками БВА и БУ образует канал регистрации нейтронного излучения. Блок детектирования гамма-излучения спектрометрический в совокупности с электронными блоками БВА и БУ образует канал регистрации гамма-излучения спектрометрический. Блок детектирования гамма-излучения дозиметрический в совокупности с электронными блоками БВА и БУ образует канал регистрации гамма-излучения дозиметрический.

В каналах регистрации нейтронного излучения используются импульсные камеры деления типа КНК-15-1 с компенсацией фона гамма-излучения. В верхней части блока детектирования нейтронного излучения (БДН) размещена свинцовая защита для уменьшения дозовой нагрузки от гамма-излучения на предусилитель. БДН в свинцовой защите работает при мощности поглощенной дозы гамма-излучения до  $10^2$  Гр/ч.

В каналах регистрации гамма-излучения спектрометрических используются CdZnTe-детекторы. Блоки детектирования гамма-излучения спектрометрические (БДС) размещены в свинцовой защите для уменьшения дозовой нагрузки от гамма-излучения на детектор и предусилитель. На уровне эффективного центра CdZnTe-детектора находится отверстие диаметром 6 мм, направленное на твэл ДАВ-90. 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 используются блоки детектирования дозиметрические (БДД) на основе алмазного детектора типа ПДПС для измерения мощности поглощенной дозы гамма-излучения. На уровне эффективного центра детектора в защите находится конический коллиматор, обеспечивающий «просмотр» всего твэла ДАВ-90 и защиту от фонового гамма-излучения.

Комплект монтажных частей предназначен для размещения блоков детектирования нейтронного и гамма-излучения для проведения измерений с отдельными твэлами ДАВ-90 и кубелями, содержащими твэлы ДАВ-90. В состав комплекта монтажных частей входят блок установки детекторов градуировочный и блок установки детекторов рабочий.

Измерения выгорания ядерного топлива в отдельных твэлах ДАВ-90 включают в себя:

- градуировку каналов регистрации гамма-излучения дозиметрических установки МКС-01 ДАВ с использованием градуировочных твэлов ДАВ-90;
- измерения мощности дозы гамма-излучения от контролируемых твэлов ДАВ-90;
- вычисление выгорания ядерного топлива в контролируемых твэлах;
- вычисление среднего выгорания ядерного топлива по всем твэлам, входящим в состав данного кубеля.

Градуировка каналов регистрации гамма-излучения дозиметрических выполняется для получения градуировочных коэффициентов – коэффициентов пропорциональности между

мощностью поглощенной дозы гамма-излучения и активностью основных дозообразующих нуклидов в твэле ДАВ-90.

Измерения мощности поглощенной дозы гамма-излучения от отдельных твэлов ДАВ-90 производится при размещении твэлов ДАВ-90 между блоками регистрации гамма-излучения дозиметрическими в фиксированной геометрии.

Вычисления выгорания ядерного топлива в контролируемых твэлах ДАВ-90 производятся на основе мощности поглощенной дозы гамма-излучения, градуировочных коэффициентов и расчетных констант.

Измерения среднего выгорания ядерного топлива в твэлах ДАВ-90, размещенных в кубелях, включают в себя:

- градуировку каналов регистрации нейтронного излучения установки МКС-01 ДАВ с использованием градуировочного кубеля;
- измерения скорости счета импульсов каналов регистрации нейтронного излучения от контролируемых кубелей с твэлами ДАВ-90;
- вычисление выгорания ядерного топлива в контролируемых кубелях.

Градуировка каналов регистрации нейтронного излучения выполняется для получения градуировочных коэффициентов – коэффициентов пропорциональности между скоростью счета импульсов каналов регистрации нейтронного излучения и потоком нейтронов их кубеля с твэлами ДАВ-90.

В качестве градуировочного используется кубель с твэлами ДАВ-90, выгорание которого получено на основе результатов измерений выгорания всех твэлов ДАВ-90, входящих в состав данного кубеля.

Среднее значение выгорания ядерного топлива в кубеле с твэлами ДАВ-90 определяется, как среднее арифметическое значений выгорания для каждого из твэлов ДАВ-90 в данном кубеле.

Измерения скорости счета импульсов каналов регистрации нейтронного излучения от твэлов ДАВ-90 в кубелях производятся при размещении кубелей между блоками детектирования нейтронного излучения в фиксированной геометрии.

Вычисления среднего выгорания ядерного топлива в контролируемых кубелях с твэлами ДАВ-90 производятся на основе измеренной скорости счета каналов регистрации нейтронного излучения, градуировочных коэффициентов и расчетных констант.

Внешний вид блока детекторов градуировочного – на рисунке 1.



*Блок детекторов  
градуировочный*

Рисунок 1

Внешний вид модуля электронного приведен на рисунке 2.



Рисунок 2

### Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) FLAME-DAV состоит из следующих функциональных блоков:

- Flame-dav.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-DAV обеспечивает функционирование установки: градуировку, проверку и поверку каналов регистрации нейтронного и гамма-излучения установки; измерения скорости счета импульсов каналами регистрации нейтронного излучения, мощности дозы и энергетических спектров гамма-излучения; вычисление выгорания и количества ЯМ в отдельных твэлах ДАВ-90 и среднего выгорания твэлов ДАВ-90 в кубелях; связь с базой данных системы учета и контроля ЯМ.

ПО FLAME-DAV не требует применения специальных средств защиты от преднамеренных и непреднамеренных изменений.

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-DAV	flame-dav	1.0.0.0	241F9D2C1F9C46 B66C55CFFC712 3B52C3BB9BDB2	SHA-1

## Метрологические и технические характеристики

Диапазон определения выгорания, % .....	от 5 до 85.
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения среднего выгорания ядерного топлива в твэлах ДАВ-90, размещенных в емкости хранения (при доверительной вероятности $P=0.95$ ), % .....	$\pm 25$ .
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения выгорания ядерного топлива в отдельных твэлах ДАВ-90 (при доверительной вероятности $P=0.95$ ), % .....	$\pm 10$ .
Пределы допускаемой относительной погрешности определения изотопного состава в отдельных твэлах ДАВ-90 (при доверительной вероятности $P=0.95$ ), % .....	$\pm 15$ .
Время измерения среднего выгорания ядерного топлива в твэлах ДАВ-90, размещенных в емкости хранения твэлов, мин, не более .....	30.
Время измерения выгорания и изотопного состава в отдельных твэлах ДАВ-90, мин, не более .....	1.
Напряжение питания от сети переменного тока частотой $(50\pm 3)$ Гц, В .....	220.
Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм, не более:	
блока детекторов градуировочного .....	1277 x 829 x 420;
блока детекторов рабочего .....	1200 x 1100 x 7000;
электронного модуля .....	560 x 800 x 2031;
Масса, кг, не более:	
блока детекторов градуировочного .....	150;
блока детекторов рабочего .....	500;
электронного модуля .....	100.
Средняя наработка на отказ, ч, не менее .....	5000.
<u>Канал регистрации нейтронного излучения</u>	
Диапазон определения выгорания, % .....	от 5 до 85.
Диапазон чувствительности к нейтронам источника типа ИБН в водородосодержащем замедлителе вспомогательного устройства ВУ-1, имп./нейтр .....	$(0,2\div 1,0)\cdot 10^{-4}$ .
Пределы допускаемой относительной погрешности чувствительности к нейтронам источника типа ИБН в водородосодержащем замедлителе вспомогательного устройства ВУ-1, % .....	$\pm 10$ .
Мощность поглощенной дозы сопутствующего гамма-излучения, Гр/ч, не более .....	$10^2$ .
<u>Канал регистрации гамма-излучения спектрометрический</u>	
Диапазон определения выгорания, % .....	от 5 до 85.
Энергетический диапазон регистрируемого гамма-излучения, МэВ .....	от 0,05 до 1,0.
Абсолютное энергетическое разрешение:	
при энергии гамма-излучения $E=60$ кэВ, кэВ, не более .....	15;
при энергии гамма-излучения $E=662$ кэВ, кэВ, не более .....	20.
Максимальная входная статистическая загрузка, имп./с .....	$10^4$ .
Диапазон чувствительности к гамма-излучению источника $^{137}\text{Cs}$ типа ОСГИ в жесткой геометрии вспомогательного устройства ВУ-4, имп./Бк .....	$(0,2\div 1,0)\cdot 10^{-5}$ .
Пределы допускаемой относительной погрешности чувствительности к гамма-излучению, % .....	$\pm 10$ .
<u>Канал регистрации гамма-излучения дозиметрический</u>	
Диапазон определения выгорания, % .....	от 5 до 85.
Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения, МэВ .....	от 0,08 до 25.
Диапазон измерения 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), % .....	$\pm 5$ .
Рабочие условия эксплуатации:	
рабочая среда .....	вода, воздух;
температура 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 НПОК035.00.00.000РЭ типографским способом.

### Комплектность средства измерений

Установка в составе:	
– блок детектирования нейтронного излучения	2 шт.
– блок детектирования гамма-излучения: спектрометрический	2 шт.
дозиметрический	2 шт.
– модуль электронный	1 компл.
в составе:	
блок вторичной аппаратуры (БВА)	1 компл.
блок управления и обработки данных (БУ)	1 компл.
– комплект монтажных частей (механическая часть)	1 компл.
в составе:	
блок установки детекторов градуировочный	1 шт.
блок установки детекторов рабочий	1 шт.
– вспомогательные устройства ВУ-1 и ВУ-4 для проверки и поверки каналов регистрации нейтронного и гамма-излучения	1 компл.
– комплект ЗИП	1 компл.
Руководство по эксплуатации НПОК035.00.00.000 РЭ	1 шт.
Методика поверки	1 шт.
Методика выполнения измерений МВ-10.2011	1 шт.

### Поверка

осуществляется по документу МП 51249-12 «Инструкция. Установка измерения выгорания ядерного топлива отработавших твэлов ДАВ-90 МКС-01 ДАВ. Методика поверки», утвержденному руководителем ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИФТРИ».

Основные средства поверки:

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  $\pm 4\%$  при доверительной вероятности 0,95.

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  $^{241}\text{Am}$  типа ОСГИ (ТУ 7018-001-08627537-06) с активностью не менее  $10^5$  Бк, пределы допускаемой относительной погрешности активности  $\pm 3\%$  при доверительной вероятности 0,95 (аттестованный в установленном порядке).

### Сведения о методиках (методах) измерений

«Методика измерений выгорания и изотопного состава ядерного топлива отработавших твэлов ДАВ-90 с помощью установки МКС-01 ДАВ. МВ-10.2011». Свидетельство об аттестации № 43090.2Г522 от 24.04.2012г.

### Нормативные документы, устанавливающие требования к установке измерения выгорания ядерного топлива отработавших твэлов ДАВ-90 МКС-01 ДАВ

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. Нормы радиационной безопасности.

ОСПОРБ-99. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности.

ПТЭ. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.

ПТБ. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

### **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; выполнение государственных учетных операций; осуществление мероприятий государственного контроля (надзора).

#### **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.

#### **Испытательный центр**

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

141570, Московская область, Солнечногорский район, г.п. Менделеево

Тел./факс:(495)744-81-12

Аттестат аккредитации государственного центра испытаний средств измерений № 30002-08 от 04.12.2008 г.

Заместитель

Руководителя Федерального  
агентства по техническому  
регулированию и метрологии

Ф.В. Булыгин

«\_\_\_»\_\_\_\_\_2012 г.

М.П.