

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ЗАО НПО «КВАНТ»

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального
директора – заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»


А.И. Сомов



09

2014 г.


А.Н. Щипунов



09

2014 г.

Инструкция

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

Методика поверки
651-14-15 МП

2014 г.

1 Вводная часть

1.1 Настоящий документ устанавливает методику поверки установок измерения выгорания ядерного топлива отработавших тепловыделяющих сборок МКС-03 РБМК в ХОЯТ АЭС с РБМК (далее – установок).

1.2 Методика поверки разработана в соответствии с РМГ 51-2002 «Документы на методики поверки средств измерений. Основные положения» и МИ 2526-99 «Нормативные документы на методики поверки средств измерений. Основные положения».

1.3 Настоящая методика регламентирует первичную и периодическую поверку установок.

1.4 Интервал между поверками два года.

2 Операции поверки

2.1 Операции поверки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Но- мер опера- ции	Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
			первич- ной поверке	периоди- ческой поверке
1	Внешний осмотр	7.1	+	+
2	Опробование	7.2	+	+
3	Определение относительной погрешности чувствительности каналов регистрации нейтронного излучения к нейтронам источника быстрых нейтронов типа ИБН, размещенного в водородосодержащем замедлителе	7.3.2	+	+
4	Определение относительной погрешности чувствительности каналов регистрации гамма-излучения спектрометрических	7.3.3	+	+
5	Определение энергетического разрешения каналов регистрации гамма-излучения спектрометрических при энергии гамма-излучения 60 кэВ	7.3.3	+	+
6	Определение относительной погрешности измерений каналов регистрации гамма-излучения дозиметрических	7.3.4	+	+

2.2 Нормы времени при проведении операций при поверке установки составляют:

- 2 смены (по 7 часов) – для операций 1-5;
1 смена (7 часов) – для операции 6.

3 Средства поверки

3.1 Средства поверки приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки.

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
	<i>Основные средства</i>
7.3.2	Источник быстрых нейтронов типа ИБН 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).
7.3.3	Источник гамма-излучения ^{241}Am типа ОСГИ с активностью не менее $5 \cdot 10^4$ Бк, пределы допускаемой относительной погрешности активности $\pm 3\%$ при доверительной вероятности 0,95 (аттестованный в установленном порядке).
7.3.4	Рабочий эталон поглощенной дозы гамма-излучения в воде (цезий-137 или кобальт 60), пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1,5\%$ при доверительной вероятности 0,99.
7.3.4	Эталонный дозиметр гамма-излучения, пределы основной относительной погрешности измерений поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы в воде $\pm 2,5\%$ при доверительной вероятности 0,95.
	<i>Вспомогательные средства</i>
7.3.2	Вспомогательное устройство ВУ-1 для проверки и поверки каналов регистрации нейтронного излучения.
7.3.2	Вспомогательное устройство ВУ-2 для проверки каналов регистрации нейтронного излучения вне блока детекторов (БД).
7.3.3	Вспомогательное устройство ВУ-3 для проверки каналов регистрации гамма-излучения спектрометрических.
7.3.4	Фантом водный, размером не менее (30 x 30 x 30) см.

3.2 Вспомогательное устройство ВУ-1 представляет собой конструкцию, имеющую канал для размещения источника нейтронов типа ИБН. При проведении измерений в рамках проверки и поверки ВУ-1 вместе с содержащимся в нем источником нейтронов устанавливается в БДР в строго фиксированном положении в местах размещения БДН на каркасе.

Вспомогательное устройство ВУ-2 представляет собой конструкцию, имеющую крепления для размещения БДН. Источник нейтронов типа ИБН

внутри ВУ-2 размещается в строго фиксированном положении относительно БДН.

3.3 Вспомогательное устройство ВУ-3 относится к измерительным принадлежностям и представляет конструкцию, в которой обеспечивается минимальное фиксированное расстояние между источником гамма-излучения типа ОСГИ и БДС.

3.4 При проведении поверки возможно применения средств, не приведенных в перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью.

4 Требования безопасности

4.1 Работы по поверке установок относятся к особо вредным условиям труда.

4.2 Все работы с установками должны проводиться в соответствии с:

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

– «НП-061-05. Правила безопасности при хранении и транспортировке ядерного топлива на объектах ядерной энергетики».

4.3 К работе с установками допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности и имеющие квалификационную группу не ниже 2 по работе с электроустановками напряжением до 1000 В.

4.4 Во избежание поражения электрическим током, корпуса всех узлов установки перед началом работы необходимо заземлить и строго выполнять «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. ПТЭ» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. ПТБ».

4.5 В работающем состоянии нельзя вынимать блоки из крейта, выполнять эти операции можно через 15 минут после выключения питания каналов регистрации нейтронного и гамма-излучения.

Все работы по перемещению электронных блоков и блоков детектирования нейтронного и гамма-излучения проводить при выключенных блоках высокого напряжения.

4.6 При работе с источниками ионизирующих излучений необходимо выполнять требования радиационной безопасности, изложенные в «НРБ-99/2009. Нормы радиационной безопасности» и «ОСПОРБ-99/2009. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности».

4.7 Перед демонтажем блока детекторов и ремонтом изделия при необходимости должна производиться дезактивация.

5 Условия поверки

5.1 Условия поверки установок:

- рабочая среда.....воздух;
- температура воздуха, °С.....от 18 до 40;
- относительная влажность воздуха, %.....до 80.

6 Подготовка к поверке

6.1 Перед проведением поверки установки обеспечивают, чтобы на все используемое поверочное оборудование имелись действующие сертификаты.

6.2 Для проведения поверки установку размещают на подставке, расположенной на плитном настиле центрального зала реакторного отделения.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 Проверить комплектность оборудования, отсутствие механических повреждений.

7.2 Опробование

7.2.1 Подсоединить все шнуры питания установки к сети питания.

7.2.2 Включить тумблеры питания на панелях оборудования установки.

7.2.3 Установить высокое напряжение на блоках БНВ-09. Конкретные значения напряжения указаны в паспорте на установку.

7.2.4 По световой индикации на панелях оборудования установки определить работоспособность оборудования.

7.2.5 Провести поверку программного обеспечения (ПО).

7.2.5.1 Выполнить сверку идентификационного наименования ПО, указанного в меню «Свойства файла» (Flame-rbmk), с идентификационным наименованием ПО, указанным в документации на ПО.

7.2.5.2 Выполнить сверку идентификационного номера ПО, указанного в меню «Свойства файла» (1.0.0.0), с идентификационным номером ПО, указанным в документации на ПО.

7.2.5.3 С использованием алгоритма SHA-1, реализованного в общепринятой программе HashTable версии 3.0.0.0, провести вычисление цифрового идентификатора четырех модулей ПО:

- FLAME-RBMK-03.exe – основного исполняемого модуля;
- AsTract.dll – модуля управления блоками детектирования нейтронного и гамма-излучения, аналого-цифровыми преобразователями АЦП-8к-2М и счетчиками-интенсметрами СЧМ-32;
- DirectUse.dll – модуля для обеспечения интерфейса с пользователем и связи с модулем AsTract и другими блоками установки;
- done.mdb – базы данных.

Полученные значения цифрового идентификатора сравнить со значением, приведенным в документации на ПО.

7.3 Определение (контроль) метрологических характеристик

7.3.1 Активизировать ПО «FLAME-RBMK». В Главном окне ПО открыть окно «Параметры», нажать кнопку «Поверка» - появится окно поверки.

7.3.2 *Определить относительную погрешность чувствительности каналов регистрации нейтронного излучения к нейтронам источника типа ИБН, размещенного в водородосодержащем замедлителе.*

7.3.2.1 ВУ-1 с источником нейтронов в центре поместить в канале БДР в строго фиксированном положении относительно верхней пары БДН. При использовании вспомогательного устройства ВУ-2 в канал ВУ-2 поместить БДН №1 и источник нейтронов типа ИБН.

7.3.2.2 В выпадающем списке «Каналы регистрации» окна «Поверка» выбрать опцию «Нейтронный 1». В поле «Чувствительность» должно отобразиться паспортное значение чувствительности канала регистрации нейтронного излучения №1 [имп./н].

В поле «Активность источника» задать поток нейтронов используемого источника. В поле «Экспозиция» задать время измерений (не менее 100 с), в поле «Количество замеров» задать количество измерений (не менее 5).

7.3.2.3 Нажать кнопку «Начать». Измерение должно остановиться по истечении заданного времени.

После окончания измерений автоматически вычислится чувствительность канала регистрации нейтронного излучения, равная средней скорости счета канала регистрации нейтронного излучения 1, делённой на поток нейтронов источника [имп./н].

В поле «Разность» окна «Поверка» отобразится разность между измеренным и паспортным значениями чувствительности.

7.3.2.4 Повторить операции в соответствии с п.п.7.3.2.1-7.3.2.3 для остальных каналов регистрации нейтронного излучения.

7.3.2.5 Извлечь источник нейтронов из ВУ-1 (или ВУ-2).

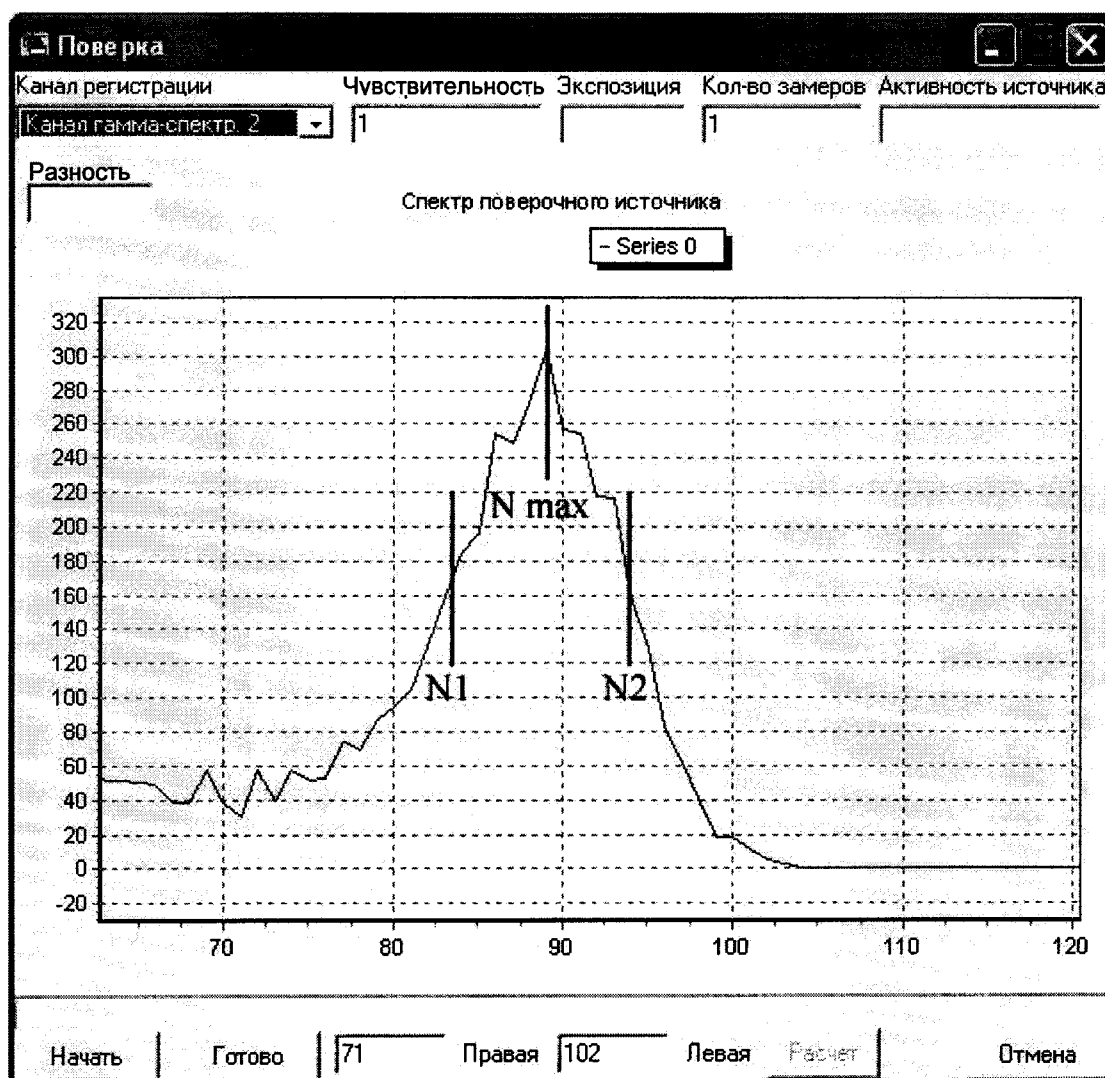
7.3.2.6 Результаты поверки каналов регистрации нейтронного излучения считать положительными, если для каждого из каналов регистрации нейтронного излучения значение в окошке «Разность» не превысит 10 %.

7.3.3 Определение относительной погрешности чувствительности каналов регистрации гамма-излучения спектрометрических. Определение энергетического разрешения каналов регистрации гамма-излучения спектрометрических для энергии гамма-излучения 60 кэВ

7.3.3.1 Разместить источник ^{241}Am и блок детектирования гамма-излучения спектрометрический БДС №1 в ВУ-3.

7.3.3.2 В выпадающем списке «Каналы регистрации» окна «Поверка» выбрать «Спектрометрический 1». В поле «Чувствительность» отобразится паспортное значение чувствительности канала регистрации гамма-излучения №1 (имп./Бк·с). В поле «Активность» задать активность источника гамма-излучения (Бк). В поле «Экспозиция» задать время набора спектра (не менее 2000 с).

7.3.3.3 Нажать кнопку «Начать». Измерение остановится по истечении заданного времени. В окне «Поверка» отобразится набор спектра гамма-излучения каналом регистрации гамма-излучения спектрометрическим №1 (см. рисунок).



Рисунок

По окончании измерений в окне «Поверка» отобразится фрагмент измеренного спектра гамма-излучения с пиком, соответствующим энергии 60 кэВ. В окошках «Левая» и «Правая» отобразятся левая и правая границы пика с энергией 60 кэВ, соответственно, которые программа определит автоматически.

Нажать кнопку «Готово» и автоматически вычислится площадь под пиком с энергией 60 кэВ и чувствительность БДС №1 для энергии гамма-излучения 60 кэВ. В поле «Разность» окна «Поверка» будет отображена разность между измеренным и паспортным значениями чувствительности.

Примечание: Чувствительность вычисляется программой по формуле:

$$\eta = S/(A \cdot t), \quad (1)$$

где S – площадь под пиком с энергией 60 кэВ, имп;

t – время измерений, с;

A – активность источника гамма-излучения, Бк (распад/с);

η – чувствительность, имп./распад.

7.3.3.4 Относительное энергетическое разрешение для энергии гамма-излучения 60 кэВ определить следующим образом:

- на графике спектра гамма-излучения установить маркеры и определить величины N_1 и N_2 – номера каналов анализатора, соответствующие границам пика на его полувысоте (см. рисунок), а также N_{\max} – номер канала, соответствующий максимуму пика;
- учитывая линейную связь номера канала анализатора и энергии пика, вычислить относительное энергетическое разрешение по формуле:

$$\delta E = \frac{N_2 - N_1}{N_{\max}} \quad (2)$$

7.3.3.5 Извлечь источник ^{241}Am и блок детектирования гамма-излучения спектрометрический №1 из ВУ-2.

7.3.3.6 Повторяют операции в соответствии с п. 7.3.3.2 – 7.3.3.5 для каналов регистрации гамма-излучения спектрометрических №2 и №3.

7.3.3.7 Результаты поверки каналов регистрации гамма-излучения спектрометрических считать положительными, если для каждого из трех каналов регистрации гамма-излучения спектрометрических значение в окошке «Разность» не превысит 20 %, а значение энергетического разрешения не превысит 10 кэВ.

7.3.4 Определение относительной погрешности измерений каналов регистрации гамма-излучения дозиметрических

7.3.4.1 Разместить блок детектирования гамма-излучения дозиметрический №1 в водном фантоме в поле излучения таким образом, чтобы центр чувствительного объема блока детектирования находился на глубине 5 см.

7.3.4.2 Обеспечить мощность поглощенной дозы гамма-излучения в месте размещения чувствительного объема детектора в диапазоне 0,1-3,0 сГр/с.

7.3.4.3 В выпадающем списке «Каналы регистрации» окна «Поверка» программы выбрать «Дозиметрический 1». В поле «Чувствительность» ввести аттестованные значения мощности поглощенной дозы гамма-излучения (сГр/с). В поле «Экспозиция» задать время измерения (10 с), количество измерений (не менее 5-ти). Поле «Активность» не заполнять.

7.3.4.4 Нажать кнопку «Начать». Измерение остановится по истечении заданного времени.

По окончании измерений в поле «Разность» записать относительную разность между показаниями канала регистрации гамма-излучения дозиметрического №1 и аттестованным значением мощности поглощенной дозы гамма-излучения.

7.3.4.5 Провести операции в соответствии с п.п. 7.3.4.1 – 7.3.4.4 для каналов регистрации гамма-излучения дозиметрических №2 и №3.

7.3.4.6 Результаты поверки каналов регистрации гамма-излучения дозиметрических считать положительными, если для трех каналов регистрации гамма-излучения дозиметрических значения в поле «Разность» не

превысят 5 %.

7.3.4.7 Если полученные в ходе поверки результаты признаны положительными, то считать подтвержденными также следующие метрологические характеристики установки:

- диапазон измерений выгорания ядерного топлива (5 – 40 МВт·сут/кг);
- пределы относительной погрешности измерений выгорания ядерного топлива (± 10 %);
- пределы допускаемой относительной погрешности измерений суммарной массы изотопов урана и плутония при доверительной вероятности 0,95 (± 15 %);
- пределы допускаемой относительной погрешности измерений остаточного тепловыделения при доверительной вероятности 0,95 (± 10 %).

7.4 При проверке метрологических характеристик протокол допускается вести по произвольной форме.

8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты поверки оформляются в соответствии с ПР 50.2.006-94 в виде свидетельства о поверке или в виде извещения о непригодности к применению.

Начальник НИО-4
ФГУП «ВНИИФТРИ»,
к.т.н



О.И. Коваленко

Начальник лаборатории
нейтронных измерений
ФГУП «ВНИИФТРИ»,
д.т.н., с.н.с.



В.Д. Севастьянов