

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Система секторная контроля герметичности оболочек твэл реактора БН-800 (ССКГО)

Назначение средства измерений

Система секторная контроля герметичности оболочек твэл реактора БН-800 (ССКГО) (далее - ССКГО) предназначена для измерений плотности потока нейтронов с целью оперативного контроля за состоянием оболочек твэл в активной зоне реакторной установки БН-800 (блок № 4 Белоярской АЭС).

Описание средства измерений

ССКГО состоит из подвески с ионизационной камерой ИК-8 (ПИК8 ССКГО), блока предварительной обработки информации (БПИ), блока сравнения сигналов (БСС) и кабельных линий связи.

ПИК8 ССКГО состоит из ионизационной камеры ИК-8, кабельной линии связи в металлорукаве и головки подвески.

Ионизационная камера ИК-8 представляет собой камеру деления с трубчатыми электродами. В качестве радиатора используется уран с обогащением по изотопу U^{235} равным 90 %. Режим работы камеры - импульсный. Скорость счёта импульсов прямо пропорциональна величине плотности потока нейтронов в месте установки камеры.

Кабельная линия связи между ионизационной камерой и головкой камеры выполнена из кабеля 2РК50-2-72 и помещена в гильзу диаметром 43 мм и длиной 5 м.

Подвеска с ионизационной камерой располагается в блоке детектирования, который в свою очередь расположен у выхода теплоносителя из активной зоны. Блок детектирования имеет защиту от гамма-излучения и фоновых нейтронов, отражённых от стен помещения. В случае разгерметизации оболочек твэл запаздывающие нейтроны, испускаемые теплоносителем, через коллиматор попадают в замедлитель, окружающий подвеску, а затем в ионизационную камеру. Импульсный сигнал с выхода ПИК8 ССКГО поступает на вход БПИ.

БПИ конструктивно выполнен в виде шкафа Rittal и содержит зарядовый усилитель сигнала с выхода ПИК8 ССКГО, модуль высоковольтного питания ПИК8 ССКГО, контроллер, модуль питания контроллера.

БПИ осуществляет усиление импульсного сигнала с выхода ПИК8 ССКГО, пересчёт скорости счёта импульсов в величину плотности потока нейтронов и передачу вычисленных значений в блок сравнения сигналов (БСС) и систему сбора данных автоматизированной системы радиационного контроля (ССД АСРК). Кроме того, с выхода БПИ на ПИК8 ССКГО подаётся напряжение питания.

БСС представляет собой промышленный компьютер стандарта PC/104. Конструктивно БСС выполнен в виде шкафа Rittal.

БСС выполняет следующие функции:

- прием сигналов от трёх БПИ, расположенных по принципу «звезда»;
- вычитание из принятых информационных сигналов от БПИ фоновых значений плотности потока нейтронов;
- вычисление скорости изменения плотности потока нейтронов по каждому измерительному каналу;
- формирование сигналов превышения предельно допустимых уровней плотности потока нейтронов и скорости изменения плотности потока нейтронов по каждому измерительному каналу;
- передачу дискретного сигнала типа «сухой контакт» о превышении предельно допустимых уровней плотности потока нейтронов и скорости его изменения, а также при

неисправностях от БСС-1, БСС-2, БСС-3 в СУЗ-1 и от БСС-4, БСС-5, БСС-6 в СУЗ-2 реактора соответственно;

– передача значений плотности потока нейтронов и скорости его роста по каждому измерительному каналу, передача сигналов превышения, формируемых в БСС и результатов самодиагностики по сети RS-485 в ССД АСРК.

Внешний вид БПИ, ПИК8 ССКГО и БСС представлен на рисунках 1 - 3.

Схема пломбировки от несанкционированного доступа и мест нанесения знака утверждения типа представлены на рисунке 4.



Рисунок 1 - Внешний вид БПИ



Рисунок 2 - Внешний вид ПИК8 ССКГО



Рисунок 3 - Внешний вид БСС



Для защиты от несанкционированного доступа на передней панели шкафов БПИ и БСС размещены запирающие устройства, а также имеются датчики открытия двери шкафа.

Рисунок 4 - Схема пломбировки от несанкционированного доступа и мест нанесения знака утверждения типа

Программное обеспечение

Функционирование БПИ и БСС обеспечивается прикладным программным обеспечением (ППО) БПИ и БСС.

ППО БПИ обрабатывает выходной сигнал ПИК8 ССКГО, передаёт информацию в БСС и ССД АСРК, диагностирует исправность технических средств БПИ.

ППО БПИ и ППО БСС является встраиваемым и структурно представляет собой отдельные модули, обеспечивающие выполнение вышеперечисленных задач.

Данные модули выполнены в виде файла, содержащего команды микропроцессора в бинарном виде. Содержимое файла записывается изготовителем в ПЗУ микропроцессора.

ППО БПИ и ППО БСС защищено от преднамеренных и непреднамеренных изменений, т.к. является встраиваемым в ПЗУ микропроцессора.

Идентификационные данные программного обеспечения (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
ППО БПИ	bn800mcu	1.0.0.0	D850EC2C917AE068127E2B 7708E2911107359DB4	SHA-1
ППО БСС	bn800mcc	1.0.0.0	R250EX2C826AE064527E3B E7708E2911107359DI7	SHA-1

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

Метрологические и технические характеристики

Метрологические и технические характеристики ССКГО приведены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон регистрируемой плотности потока нейтронов в импульсном режиме, н/(см ² ·с)	от 1 до 1,0·10 ⁵
Чувствительность ПИК8 ССКГО к плотности потока нейтронов в импульсном режиме, имп·см ² /н, не менее	2,0
Пределы допускаемой приведённой погрешности измерений плотности потока нейтронов, %	± 5,0
Пределы допускаемой приведённой погрешности измерений скорости счёта блоком предварительной обработки информации (БПИ), %	± 2,0
Выходной сигнал (ложный) ПИК8 ССКГО, А, не более	1,0·10 ⁻⁸
Устойчивость к электромагнитным воздействиям по ГОСТ Р 50746-2000	III группа исполнения для электромагнитной обстановки средней жёсткости, критерий качества функционирования «А»
Устойчивость к воздействию синусоидальной вибрации – БСС – БПИ – ПИК8 ССКГО	группа исполнения N1 по ГОСТ Р 52931-2008 группа устойчивости 2 по ГОСТ 29075-91 группа устойчивости 3 по ГОСТ 29075-91
Сейсмостойкость	I категория сейсмостойкости по НП-031-01, сейсмические воздействия ПЗ 6 баллов, МРЗ 7 баллов по шкале MSK-64, высотная отметка 20 м
Стойкость к обработке дезактивирующими растворами: – ПИК8 ССКГО – БПИ, БСС	составы № 1, 4, 9, 10 по ГОСТ 29075-91 состав № 8 по ГОСТ 29075-91
Степень защиты от доступа к опасным частям, попадания внешних твёрдых предметов и воды - БПИ - ПИК8 ССКГО, БСС	IP54 IP55
Напряжение питания от сети переменного тока, В	от 187 до 242
Частота, Гц	от 49 до 51
Потребляемая мощность, В·А, не более	100
Габаритные размеры БПИ и БСС (длина x ширина x высота), мм, не более	400 x 400 x 250

Наименование параметра	Значение параметра
Габаритные размеры ПИК8 ССКГО (диаметр×длина), мм, не более	43×5300
Масса, кг, не более	
- БПИ и БСС	20
- ПИК8 ССКГО	30
Рабочие условия эксплуатации:	
температура окружающего воздуха, °С	
- БПИ, БСС	от 10 до 35
- камера ПИК8 ССКГО	от 10 до 200
- металлорукав ПИК8 ССКГО	от 10 до 80
- головка ПИК8 ССКГО	от 10 до 60
- относительная влажность воздуха, %	до 80

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится на переднюю панель шкафов БПИ, БСС по технологии предприятия-изготовителя и на титульный лист руководства по эксплуатации типографским или иным способом.

Комплектность средства измерений

Комплект поставки приведен в таблице 3.

Таблица 3

Наименование	Количество
ССКГО в составе:	
- подвеска ПИК8 ССКГО еИЗ.399.066	18 шт.
- блок предварительной обработки информации Э.091.7350.01	18 шт.
- блок сравнения сигналов Э.091.7452.01	6 шт.
- кабельная линия связи КЛС-1 Э.091.7350.02	18 шт.
Руководство по эксплуатации. Э.091.7452 РЭ	1 шт.
Методика поверки. Э.091.7452 МП	1 шт.

Поверка

осуществляется в соответствии с документом Э.091.7452 МП «Инструкция. Система секторная контроля герметичности оболочек твэл реактора БН-800. Методика поверки», утвержденным ФГУП «ВНИИФТРИ» «10» декабря 2013 г.

Основные средства поверки:

- плутоний-бериллиевый источник нейтронов типа ТН-18-76 в составе метрологического стенда поверки измерительных каналов (МСПИК), пределы допускаемой относительной погрешности потока нейтронов $\pm 5\%$ при доверительной вероятности 0,95 (аттестованный в установленном порядке);

- генератор импульсов АК ИП-3303, Г/р №43317-09, с делителем 1:1000 (диапазон периода (частоты) выходного сигнала от 20 нс до 10000 с, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходного сигнала $\pm 5 \cdot 10^{-5} \cdot f$;

- мегаомметр Ф4102/2-1М, Г/р №9225-88, испытательное напряжение до 2500 В, пределы допускаемой относительной погрешности измерений $\pm 1,5\%$;

- миллиомметр цифровой АМ-6000, Г/р №21409-01, диапазон измерений сопротивления: 200, 2000 мОм; 20, 200, 2000 Ом, пределы допускаемой относительной погрешности измерений $\pm 1\%$;

- измеритель иммитанса Е7-20, Г/р №27904-12, диапазон измеряемых величин: емкость от 10^{-15} до 1 Ф, индуктивность от 10^{-11} до 10^4 Гн, активное сопротивление от 10^{-5} до 10^9 Ом, проводимость от 10^{-11} до 10 См, модуль комплексного сопротивления от 10^{-5} до 10^9 Ом, реактивное сопротивление от 10^{-5} до 10^9 Ом, пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,1$ %;

- вольтметр универсальный цифровой В7-22А, Г/р №5595-76, диапазон измерений напряжения: переменного тока от 100 мкВ до 300 В и постоянного тока от 100 мкВ до 1000 В, пределы измерений силы: переменного тока от 0,1 мкА до 2 А и постоянного тока от 0,1 мкА до А, пределы измерений сопротивления постоянному току от 0,1 Ом до 2 МОм, пределы допускаемой относительной погрешности измерений $\pm 0,5$ %;

- амперметр щитовой ЭА0704, Г/р №18699-04, диапазон измерений от 0 до 10 А, пределы допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 1,5$ %;

- осциллограф универсальный С1-96, Г/р №8256-81, полоса пропускания от 0 до 10 МГц, время нарастания 35 нс, коэффициент отклонения от 2 мВ/дел до 10 В/дел, коэффициент развертки от 0,04 мкс/дел до 0,1 с/дел (с 5-ти кратной растяжкой), пределы допускаемой относительной погрешности ± 3 %;

- установка пробойная УПУ-1М, выходное напряжение от 1,0 В до 10 кВ, пределы допускаемой относительной погрешности напряжения ± 5 % при доверительной вероятности 0,95 (аттестованная в установленном порядке).

Сведения о методиках (методах) измерений

Система секторная контроля герметичности оболочек твэл реактора БН-800 (ССКГО).
Руководство по эксплуатации. Э.091.7452 РЭ.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к системе секторной контроля герметичности оболочек твэл реактора БН-800 (ССКГО)

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

ГОСТ 29075-91 Системы ядерного приборостроения для атомных станций. Общие требования.

ГОСТ 8.105-80 ГСИ. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений плотности потока и флюенса нейтронов на ядерно-физических установках.

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).

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).

НРБ-99/2009 Нормы радиационной безопасности.

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

Система секторная контроля герметичности оболочек твэл реактора БН-800 (ССКГО).
Технические условия. Э.091.7452 ТУ.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

Осуществление деятельности в области использования атомной энергии.

Заявитель

Закрытое акционерное общество «СНИИП-АСКРО» (ЗАО «СНИИП-АСКРО»)
Адрес: 123060, г. Москва, ул. Расплетина, д. 5
Тел. +7 (499) 553-66-99, факс: +7 (499) 553-66-98

Изготовитель

Государственный научный центр Российской Федерации - Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского (ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ»)
Адрес: 249033, Калужская обл., г. Обнинск, пл. Бондаренко, д.1
Тел. (48439) 9-84-12, 9-89-61, факс: (48439) 6-82-25, 5-84-77

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.