

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Аппаратура контроля нейтронного потока АКНП

Назначение средства измерений

Аппаратура контроля нейтронного потока АКНП (далее - АКНП) предназначена для измерения плотности нейтронного потока в реакторе, а также измерительного преобразования частотных сигналов о расходе из подсистемы АФСЗ; вычисления на основе полученной измерительной информации технологических параметров работы реактора (относительной физической мощности реактора; периода реактора или времени удвоения мощности; реактивности реактора; отношения относительной мощности реактора к относительному расходу теплоносителя; аксиального офсета и аксиальных коэффициентов неравномерности) в режимах нормальной эксплуатации и в аварийных режимах, а также частоты следования импульсов во время загрузки/перегрузки топлива; сравнения вычисленных параметров с уставками для последующего формирования сигналов управления и защиты; отображения, архивирования и передачи в другие системы измерительной информации.

Описание средства измерений

АКНП представляет собой совокупность измерительных каналов (ИК), объединенных в комплекты. Комплекты идентичны и дублируют друг друга. Каждый ИК в составе комплекта АКНП состоит из трех (четырех) дублирующих каналов.

ИК АКНП состоят из: первичной части, включающей в себя первичные измерительные преобразователи (датчики), преобразующие плотность нейтронного потока в импульсный электрический сигнал, и вторичной (электрической) части ИК (далее - ВИК), осуществляющей аналого-цифровое преобразование сигнала, расчет указанных в назначении технологических параметров работы реактора, сравнение их с уставками, отображение и передачу в другие подсистемы измерительной информации.

Структурная схема АКНП показана на рисунке 1.

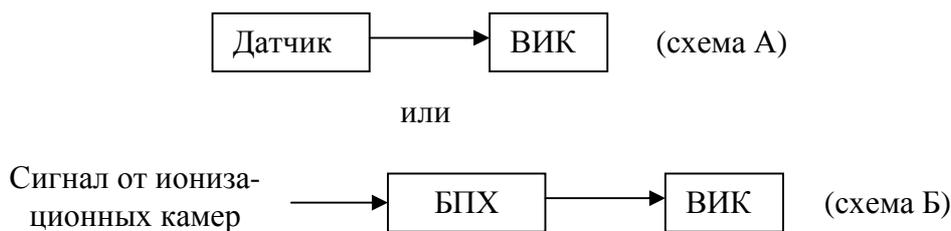


Рисунок 1 – Структурная схема АКНП

При работе АКНП по схеме А в ее состав входят следующие типы датчиков:

- устройства детектирования УДПН-32Р (Госреестр № 45141-10) в составе блока детектирования СРNB44/S22 и блока преобразования характеристик БПХ-86Р;
- устройства детектирования УДПН-33Р (Госреестр № 45141-10) в составе блока детектирования БДПН-43Р и блока преобразования характеристик БПХ-87Р;
- устройства детектирования УДПН-34Р (Госреестр № 45141-10) в составе блока детектирования БДПН-44Р и блока преобразования характеристик БПХ-88Р;
- устройства детектирования УДПН-35Р (Госреестр № 45141-10) в составе блока детектирования БДПН-45Р и блока преобразования характеристик БПХ-89Р;
- устройства детектирования УДПН-36Р (Госреестр № 45141-10) в составе блока детектирования БДПН-46Р и блока преобразования характеристик БПХ-92Р;

- устройства детектирования УДПН-37Р (Госреестр № 45141-10) в составе блока детектирования БДПН-47Р и блока преобразования характеристик БПХ-88Р.

Датчики преобразуют плотность нейтронного потока в частотный сигнал в диапазоне от 5 до 50000 Гц, который затем поступает через вспомогательный блок БХ в устройство накопления и обработки (УНО).

При работе по схеме Б АКНП принимает импульсные или токовые сигналы от ионизационных камер, в том числе подвесок ионизационных камер ПИК 52 290.00.00.000, ПИК 63 291.00.00.000. Блок преобразования характеристик (БПХ) преобразует эти сигналы в импульсный сигнал в диапазоне от 5 до 50000 Гц и передает через вспомогательный блок БХ в УНО.

Во вторичную часть ИК АКНП входят:

- связующее оборудование в составе двух блоков вспомогательных БХ необходимых для формирования, гальванической развязки и передачи в линии связи различных сигналов, а также самих линий связи;
- блок задания уставок (БКЦ);
- устройство накопления и обработки (УНО);
- цифровые дисплеи (БИЦ) для отображения измерительной информации на блочном и резервном пультах управления (БПУ и РПУ соответственно).

УНО осуществляет:

- аналого-цифровое преобразование сигналов, поступающих от БХ, а также частотных сигналов в диапазоне от 10 до 50 кГц, поступающих из АФСЗ, частоты следования импульсов во время загрузки/перегрузки топлива;
- вычисление относительной нейтронной мощности реактора; периода реактора или времени удвоения мощности; реактивности; отношения относительной мощности реактора к относительному расходу теплоносителя; аксиального оффсета и аксиальных коэффициентов неравномерности;
- сравнение этих величин с уставками, задающимися в блоке БКЦ;
- передачу измерительной информации на БИЦ для последующего вывода на БПУ и РПУ;
- также преобразование измерительной информации в частотный сигнал для передачи в другие подсистемы;
- архивирование информации.

Внешний вид УНО представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 - Внешний вид УНО АКНП

Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) АКНП состоит из программного обеспечения УНО, конструктивно представляющего собой запираемый на ключ шкаф. Ключ предоставляется ремонтному персоналу по наряду или допуску. Открытие двери УНО сигнализируется на пунктах управления. Уровень защиты ПО от преднамеренных и непреднамеренных изменений – «средний» в соответствии с п. 4.5 Р 50.2.077-2014.

Метрологические характеристики, указанные в таблице 2, нормированы с учетом влияния ПО.

Таблица 1 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	ПО узла управления ПУМ
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже РУНК.00826-01
Цифровой идентификатор ПО	по номеру версии

Метрологические и технические характеристики

Основные технические характеристики АКНП приведены в таблицах 2-4.

Таблица 2а – ИК плотности нейтронного потока

№ ИК	Тип ИК	Диапазон измерений	Структура ИК		Пределы допускаемой основной относительной погрешности ИК ¹
			Датчик	ВИК	
1	ИК плотности нейтронного потока	от $5,0 \cdot 10^{-2}$ до $1,0 \cdot 10^4$ $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	УДПН-32Р	УНО	± 25 %
		от 1,0 до $1,0 \cdot 10^6$ $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	УДПН-33Р		± 20 %
		от $5,0 \cdot 10^6$ до $2,1 \cdot 10^9$ $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	УДПН-33Р		± 10 %
		от $1,0 \cdot 10^5$ до $2,1 \cdot 10^9$ $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	УДПН-34Р		± 20 %
		от $3,0 \cdot 10^{-3}$ до $5,0 \cdot 10^2$ $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	УДПН-35Р		± 25 %
		от $2,0 \cdot 10^{-2}$ до $2,0 \cdot 10^3$ $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	УДПН-36Р		± 25 %
		от $1,0 \cdot 10^4$ до $2,1 \cdot 10^9$ $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	УДПН-37Р		± 20 %

Примечания:

1. Включает в себя погрешность аналого-цифрового преобразования.
2. Выходной сигнал является цифровым, разрядность – 12 бит.

Таблица 2б – ИК преобразования

№ ИК	Тип ИК	Диапазон входного сигнала	Пределы допускаемой основной относительной погрешности ИК ¹
2	ИК преобразования частотных сигналов от АФСЗ	от 10000 до 50000 Гц	± 0,5 %
3	ИК преобразования импульсных сигналов от ионизационных камер	Импульсы с частотой следования от 5 до 50000 Гц	± 0,5 %
4	ИК преобразования токовых сигналов от ионизационных камер	от 0,01 до 200 мкА	± 0,5 %

Примечания:
1. Включает в себя погрешность аналого-цифрового преобразования.
2. Выходной сигнал является цифровым, разрядность – 12 бит.

Таблица 3 – Вычисляемые параметры АКНП при работе по схеме А

Наименование параметра	Диапазон измерений ¹	Измерительная информация ²	Погрешность ³
Мощность реактора	от 1×10^{-8} до 1 % от $N_{ном}$	ИК № 1	от 10 до 35 %
	от 1 до 150 % от $N_{ном}$		от 1 до 26 %
Период реактора (или время удвоения мощности реактора ⁴)	от минус 999 до минус 5 с и от 5 до 999 с	ИК № 1	от 20 до 45 %
			от 10 до 35 %
Отношение относительной нейтронной мощности к относительному расходу	от 3 до 120 % от $N_{ном}$	ИК № 1 ИК № 2	от 1 до 26 %
Реактивность	от минус 25 до +1 (в единицах ρ/β эфф.)	ИК № 1	от 20 до 45 %
			от 10 до 35 %
Аксиальный офсет	от минус 0,5 до + 0,5	ИК № 1	от 4,5 до 29,5 %
Аксиальные коэффициенты неравномерности высотного энергораспределения активной зоны	от 0,010 до 3,000	ИК № 1	от 5,0 до 30 %
Частота следования импульсов во время загрузки/перегрузки топлива	от 0,001 до 50000 имп./с	ИК № 1	от 10 до 35 %

Примечания:
1. Значение $N_{ном}$ в единицах плотности нейтронного потока устанавливается генеральным проектировщиком реакторной установки и соответствует величине плотности потока тепловых нейтронов на поверхности блока детектирования, установленного в ИК.
2. № ИК из таблицы 2 (а, б), информация с которого используется для расчета параметра.
3. Пределы допускаемой относительной погрешности измерения параметра. Значение нижней границы погрешности дано с учетом обязательной тарировки значения мощности реактора, предусмотренной технологическим регламентом безопасности эксплуатации атомной станции (ТРБ), по расчетному значению средневзвешенной тепловой мощности реактора. Значение верхней границы погрешности дано без учета тарировки.
4. В отличие от периода реактора время удвоения мощности является величиной времени, за которое происходит увеличение мощности реактора в 2 (два) раза.

Таблица 4 – Вычисляемые параметры АКНП при работе по схеме Б

Наименование параметра	Диапазон измерений ¹	Измерительная информация ²	Погрешность ³
Мощность реактора	от 1×10^{-8} до 1 % от $N_{ном}$	ИК № 3, 4	10 %
	от 1 до 150 % от $N_{ном}$		1 %
Период реактора (или время удвоения мощности реактора ⁴)	от минус 999 до минус 5 с и от 5 до 999 с	ИК № 3, 4	20 %
			10 %
Отношение относительной нейтронной мощности к относительному расходу	от 3 до 120 % от $N_{ном}$	ИК № 3, 4 ИК № 2	1 %
Реактивность	от минус 25 до +1 (в единицах ρ/β эфф.)	ИК № 3, 4	20 %
			10 %
Аксиальный офсет	от минус 0,5 до +0,5	ИК № 3, 4	4,5 %
Аксиальные коэффициенты неравномерности высотного энергораспределения активной зоны	от 0,010 до 3,000	ИК № 3, 4	5,0 %
Частота следования импульсов во время загрузки/перегрузки топлива	от 0,001 до 50000 имп./с	ИК № 3, 4	10 %

Примечания:

1. Значение $N_{ном}$ в единицах плотности нейтронного потока устанавливается генеральным проектировщиком реакторной установки и соответствует величине плотности потока тепловых нейтронов на поверхности блока детектирования, установленного в ИК.
2. № ИК из таблицы 2, информация с которого используется для расчета параметра.
3. Пределы допускаемой относительной погрешности ИК, без учета погрешности первичного измерительного преобразователя.
4. В отличие от периода реактора время удвоения мощности является величиной времени, за которое происходит увеличение мощности реактора в 2 (два) раза.

Рабочие условия применения блоков детектирования:

- температура окружающего воздуха от + 1 до + 80 °С
- относительная влажность до 80 % при + 25 °С без конденсации.

Рабочие условия применения блоков БХ и БПХ:

- температура окружающего воздуха от + 1 до + 50 °С
- относительная влажность до 98 % при + 25 °С без конденсации.

Рабочие условия применения УНО, БКЦ, БИЦ:

- температура окружающего воздуха от + 10 до + 40 °С
- относительная влажность до 80 % при + 25 °С без конденсации.

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится на титульный лист документа «Аппаратура контроля нейтронного потока АКНП. Руководство по эксплуатации» РУНК.501319 РЭ типографским способом.

Комплектность средства измерений

Комплектность АКНП указана в таблице 5:

Таблица 5 – Комплектность АКНП

Наименование	Количество
Аппаратура контроля нейтронного потока АКНП в составе: - блоков детектирования (БДПН или CPNB44/S22) или ионизационных камер; - блоков преобразования БПХ; - блоков вспомогательных БХ; - дисплеев цифровых БИЦ; - блоков задания уставок БКЦ; - устройств накопления и обработки УНО.	1 комплект (количество единиц составных частей – в зависимости от требований заказчика)
Комплект запасных частей и принадлежностей	1 комплект
Комплект монтажных частей	1 комплект
Комплект документации	1 комплект
Методика поверки	1 шт.

Поверка

Датчики, входящие в состав АКНП являются недоступными для метрологического обслуживания, проходят только процедуру первичной поверки, а периодическая поверка, согласно описанию типа, не проводится.

Поверка вторичной части осуществляется по документу: МП 59726-15 «Аппаратура контроля нейтронного потока АКНП. Методика поверки», утвержденному ФГУП «ВНИИМС» в декабре 2014 г.

Перечень основных средств поверки указан в таблице 6:

Таблица 6 – Основные средства поверки АКНП

Средство измерений	Тип	Основные характеристики
Генератор сигналов сложной/произвольной формы	81150А	Диапазон воспроизведения импульсного сигнала от 1 мкГц до 50 МГц. Диапазон воспроизведения синусоидального сигнала от 1 мкГц до 50 МГц. Пределы допускаемой основной относительной погрешности установки частоты $\pm 54 \cdot 10^{-6} \%$

Сведения о методиках (методах) измерений

Методы измерений изложены в документе «Аппаратура контроля нейтронного потока АКНП. Руководство по эксплуатации» РУНК.501319 РЭ.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к аппаратуре контроля нейтронного потока АКНП

Аппаратура контроля нейтронного потока АКНП. Пояснительная записка.

ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений:

- осуществление деятельности в области использования атомной энергии.

Изготовитель

ЗАО «СНИИП-Систематом»
Адрес: 123060 г. Москва, ул. Расплетина д.5, стр.10
тел. 8-495-748-52-51
факс. 8-495-748-52-54,

**Испытательный
центр**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (ФГУП «ВНИИМС»)
Адрес: 119361, г. Москва, ул. Озерная, д.46
Тел./факс: (495)437-55-77 / 437-56-66;
E-mail: office@vniims.ru , www.vniims.ru
Аттестат аккредитации ФГУП «ВНИИМС» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30004-13 от 26.07.2013 г.

Заместитель Руководителя
Федерального агентства по
техническому регулированию и метрологии

Ф.В. Булыгин

«_____» _____ 2015 г.

М.п.