

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»
(ФГУП «ВНИИМС»)**

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора
ФГУП «ВНИИМС»

В.Н. Яншин

2014 г.



**Аппаратура формирования сигналов защиты АФС3
Методика поверки**

Москва
2014 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....	4
2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.....	4
3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ.....	5
4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	5
5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ.....	5
6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ.....	6
7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.....	6
7.1 Внешний осмотр.....	6
7.2 Опробование.....	6
7.3 Проверка основной погрешности.....	6
8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	9

Настоящая методика устанавливает требования к проведению первичной и периодической поверок аппаратуры формирования сигналов защиты АФСЗ (далее – аппаратура).

Аппаратура предназначена для измерения следующих величин, характеризующих работу реакторной установки: температуры пара, натрия, воздушной среды, разности температур насыщения, давления пара, масла, скорости изменения давления, перепада давления, уровня жидкости, расхода воды и натрия, частоты питания и активной мощности ГЦН, а также частоты вращения ротора ГЦН; для приема информации от различных систем и технологического оборудования; обмена информацией с аппаратурой контроля нейтронного потока (АКНП); формирования различных сигналов защиты реактора при достижении контролируемыми параметрами значений уставок; передачи информации в аппаратуру отображения и протоколирования, а также в другие системы; отображения информации на дисплее устройств накопления и обработки.

АФСЗ состоит из двух трехканальных комплектов.

Каждый измерительный канал (ИК) состоит из первичной части, включающей в себя первичные измерительные преобразователи (датчики), преобразующие значение измеряемой физической величины в электрические сигналы и вторичной части, включающей одно или два устройств накопления и обработки (УНО).

При поверке АФСЗ проверяют наличие и сроки действия свидетельств о поверке датчиков, а также экспериментально проверяют погрешность вторичной части. Если датчик поверен, а погрешность вторичной части не превышает установленных пределов, то ИК считают годным.

Межповерочный интервал –2 года.

Измерительные компоненты АФСЗ поверяют с межповерочным интервалом, установленным при утверждении их типа. Если очередной срок поверки измерительного компонента наступает до очередного срока поверки АФСЗ, поверяется только этот компонент и поверка АФСЗ не проводится. После поверки измерительного компонента и восстановления ИК выполняется проверка ИК в той его части и в том объеме, который необходим для того, чтобы убедиться, что действия, связанные с поверкой измерительного компонента, не нарушили метрологических свойств ИК.

Основные метрологические характеристики аппаратуры указаны в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Перечень типов датчиков, используемых в АФСЗ

№	Тип датчика	Пределы допускаемой основной приведенной к верхнему пределу диапазона измерений погрешности, %
1	EJX510A	± 0,1
2	EJX530A	± 0,1
3	EJX110A	± 0,04
4	МЕТРАН-22АС-ДИ	± 0,2; ± 0,25; ± 0,5*
5	МЕТРАН-22АС-ДД	± 0,2; ± 0,25; ± 0,5; ± 1,0*
6	Метран-150АС (избыточное давление)	± 0,1; ± 0,2; ± 0,5*
7	Метран-150АС (дифференциальное давление)	± 0,1; ± 0,2; ± 0,5*
8	ДДПН-К	± 0,4; ± 0,6; ± 2,0*
9	ТЖИУ406ДИ-М100-АС	± 0,25
10	ТЖИУ406ДА-М100-АС	± 0,25
11	ТЖИУ406ДИВ-М100-АС	± 0,25
12	ТЖИУ406ДД-М100-АС	± 0,25
13	Термопары с градуировкой ХА (К)	Класс допуска 2**
14	Термопары с градуировкой ХК (L)	Класс допуска 2**
15	Термопреобразователи сопротивления с градуировкой 100П	Класс допуска А
16	ФЕ1883-АД-2-3-3-03-N-1	± 1,0
17	Система измерения расхода натрия через ГЦН-1	± 2,5
18	ИЦФР.402141.004	± 0,25
19	E858/7	± 0,02 (от значения 50 Гц)

* Погрешность зависит от модификации датчика

** Абсолютная погрешность. В АФСЗ также могут использоваться термопары с индивидуальными статическими характеристиками.

Таблица 2 — Метрологические характеристики ИК

№ ИК	Измеряемая величина	Диапазон из- мерений	Датчик	Вторичная часть ИК		Пределы до- пускаемой погрешности ИК ¹			
				№ в таб- лице 1	Выходной сигнал (входной сигнал вто- ричной части)	Выходной сигнал	Пределы допус- каемой приве- денной к диапа- зону погрешно- сти в рабочих условиях, %		
1				4	5	6	7	8	9
1	Температура в «горячей нитке» реакторной установки	от 0 до 400 °C		14, 15 ²	От 0 до 31,49 мВ От 100 до 139,11 Ом			± 3,2 °C ³	
2	Температура в «холодной нит- ке» реакторной установки	от 0 до 400 °C		13, 15 ²	От 0 до 16,40 мВ От 100 до 139,11 Ом			± 3,6 °C ³	
2				14, 15 ²	От 0 до 31,49 мВ От 100 до 139,11 Ом	Цифровой 12 бит	± 0,5	± 3,2 °C ³	
3	Температура натрия	от 0 до 650 °C		13, 15 ²	От 0 до 16,40 мВ От 100 до 139,11 Ом	УНО		± 3,6 °C ³	
4	Температура под гермооболоч- кой	от 0 до 150 °C		15	От 0 до 27,03 мВ От 100 до 139,11 Ом		± 0,5	± 5,7 °C ³	
4								± 0,5	
5	Давление над активной зоной (давление в первом контуре)	от 0 до 25 МПа (от 0 до 250 кгс/см ²)		4, 6, 9	От 4 до 20 мА	Цифровой 12 бит и частотный от 10,0 до 50,0 кГц	± 0,25	± 0,8 % ⁴	
6	Частота питания ГЦН	от 45 до 55 Гц		19	От 4 до 20 мА		± 0,25	± 0,35 % ⁴	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Разность температур насыщенных первого контура и «горячей нитки»	Расчетный параметр	Информация поступает в цифровом виде от ИК № 5 и 1			± 0,55 % ⁶	± 0,55 % ⁶	
8	Разность температур насыщенных первого и второго контуров	Расчетный параметр	Информация поступает в цифровом виде от ИК № 5 и 11			± 0,50	± 0,50 % ⁶	
9	Скорость изменения давления	от 0 до 250 кПа/с (от 0 до 2,5 кгс/см ² /с)	8	От 4 до 20 мА		± 0,25	от ± 0,65 % до ± 2,25 % ⁵	
10	Давление в главном паровом коллекторе	от 0 до 10 МПа (от 0 до 100 кгс/см ²)	4, 6, 9	От 4 до 20 мА		± 0,25	от ± 0,35 % до ± 0,75 % ⁵	
11	Давление в паропроводе второго контура	от 0 до 10 МПа (от 0 до 100 кгс/см ²)	4, 6, 9	От 4 до 20 мА		± 0,25	от ± 0,35 % до ± 0,75 % ⁵	
12	Давление под гермооболочкой	от минус 50 до 50 кПа (от -0,5 до 0,5 кгс/см ²)	4,11	От 4 до 20 мА		± 0,25	от ± 0,45 % до ± 0,75 % ⁵	
13	Перепад давления на ГЦН	от 0 до 1 МПа (от 0 до 10 кгс/см ²)	7, 12	От 4 до 20 мА		± 0,25	от ± 0,35 % до ± 0,75 % ⁵	
14	Активная мощность ГЦН	от 0 до 16368 кВт	16	От 4 до 20 мА		± 0,25	± 1,25 % ⁷	
15	Уровень в парогенераторе	от 0 до 400 см	5, 7, 9	От 4 до 20 мА		± 0,25	от ± 0,35 % до ± 0,75 % ⁵	

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16 Уровень в компенсаторе давления	от 0 до 630 см	5, 7, 9	От 4 до 20 мА			± 0,25	от ± 0,35 % до ± 0,75 % ⁵	
17 Давление пара за клапаном питательного насоса	от 0 до 1 МПа (от 0 до 10,0 кгс/см ²)	4, 10	От 4 до 20 мА			± 0,25	от ± 0,45 % до ± 0,75 % ⁵	
18 Частота вращения ротора насоса ГЦН	от 9,72 до 1500 об./мин	18	От 4 до 20 мА			± 0,25	± 0,5 % ⁶	
19 Расход питательной воды в секции ПГ	от 0 до 36 кг/с	3	От 4 до 20 мА	УНО		± 0,25	± 0,29 % ⁴	
20 Давление масла в напорной камере ВПУ ГЦН	от 0 до 0,6 МПа	2	От 4 до 20 мА			± 0,25	± 0,35 % ⁴	
21 Давление в конденсаторе турбины	от 0 до 0,16 МПа	1	От 4 до 20 мА			± 0,25	± 0,35 % ⁴	
22 Расход натрия через ГЦН-1	0,125 до 5 кг/с	17	От 4 до 20 мА			± 0,25	± 2,75 % ⁴	

Примечания:

¹ включает основную погрешность датчика и погрешность вторичной части в рабочих условиях применения;² для компенсации температуры холдного спая;³ абсолютная погрешность ИК с учетом канала компенсации температуры холдного спая;⁴ приведенная к диапазону погрешности;⁵ приведенная к диапазону погрешности, в зависимости от установленного датчика;⁶ приведенная к диапазону погрешности, учитывая погрешность расчета;⁷ приведенная к диапазону погрешности, без учета погрешности измерительных трансформаторов тока и напряжения.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

Перечень операций, которые должны проводиться при поверке аппаратуры, приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Операции, проводимые при поверке

Наименование операции	Раздел методики
1 Проверка наличия и сроков действия свидетельств о поверке датчиков	6.1
2 Внешний осмотр	7.1
3 Опробование	7.2
4 Проверка погрешности	7.3
5 Оформление результатов поверки	8

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 Датчики поверяются в соответствии с собственными методиками поверки.

2.2 Погрешность эталона, рассчитанная для условий, сложившихся на момент поверки, не должна быть более 1/5 предела контролируемого значения погрешности. Допускается использовать эталоны, имеющие предел допускаемого значения погрешности менее 1/5, но не более 1/3 предела контролируемого значения погрешности, в этом случае должен быть введен контрольный допуск, равный 0,8 (см. МИ 187-86, МИ 188-86).

2.3 В таблице 4 приведены рекомендуемые эталоны для проверки погрешности вторичной части аппаратуры.

Таблица 4 – Рекомендуемые эталоны

Средство измерений	Тип	Основные характеристики
Калибратор электрических сигналов	СА51	Диапазон воспроизведения тока 4-20 мА погрешность $\pm (0,025\% \text{ показ.} + 3 \text{ мкА})$. Диапазон воспроизведения сопротивления от 1 до 400 Ом погрешность $\pm (0,025\% \text{ показ.} + 0,1 \text{ Ом})$ Диапазон воспроизведения напряжения (0-100) мВ погрешность $\pm (0,02\% \text{ показ.} + 15 \text{ мкВ})$
Калибратор-измеритель унифицированных сигналов эталонный	ИКСУ-2000	Диапазон воспроизведения тока 0-25 мА погрешность $\pm (0,006 \text{ мА})$. Диапазон воспроизведения сопротивления от 0 до 180 Ом погрешность $\pm 0,025 \text{ Ом}$ Диапазон воспроизведения напряжения (минус 10 - 60) мВ погрешность $\pm (10 \text{ мкВ})$
Частотомер	ЧЗ-63	Диапазон измерений от 0,1 Гц до 200 МГц, относительная погрешность $\pm (\delta_0 + 1/(f_{\text{изм}} \cdot t_{\text{ср}}))$

2.4 Допускается использовать эталоны, отличные от приведенных в таблице 3, если они удовлетворяют требованиям п. 2.2.

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К поверке аппаратуры допускают лиц, освоивших работу с ней и используемыми эталонами, изучившими настоящую методику, аттестованных в соответствии с ПР 50.2.012-94 «ГСИ. Порядок аттестации поверителей средств измерений».

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки аппаратуры соблюдают требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.1.019.-79, ГОСТ 12.2.091-94, и требования безопасности указанные в технической документации на аппаратуру, применяемые эталоны и вспомогательное оборудование.

Персонал, проводящий поверку, должен проходить инструктаж по технике безопасности на рабочем месте и иметь группу по технике электробезопасности не ниже 2-й.

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

5.1 Проверка вторичной части аппаратуры проводится в рабочих условиях:

- температура окружающей среды от +10 до +40 °C;
- относительная влажность воздуха до 80 % при +25 °C без конденсации;
- атмосферное давление (84 – 106,7) кПа;
- напряжение питающей сети 220 В (минус 33, плюс 22 В);
- частота питающей сети (50 ±2) Гц.

5.2 Стабильность окружающих условий на период поверки контролируется.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Проверяют наличие и срок действия свидетельств о поверке на датчики. Если свидетельство о поверке просрочено, то дальнейшие действия по поверке ИК не производят до тех пор, пока датчик не будет поверен или заменен на поверенный датчик того же типа из комплекта запасных частей.

6.2 Аппаратура перед поверкой должна находиться в помещении при нормальных условиях в выключенном состоянии не менее 8 ч.

6.3 До проведения поверки аппаратура должна быть выдержана во включенном состоянии не менее 30 мин. Допускается кратковременное выключение проверяемого устройства и средств поверки устрйства на время не более 3 мин.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

Проводят осмотр аппаратуры, проверяют отсутствие механических повреждений, обугливания изоляции.

7.2 Опробование

Опробование проводится в соответствии с технической документацией на аппаратуру и входящие в ее состав модули. Проверяется работоспособность аппаратуры. Допускается совмещать опробование с процедурой проверки погрешности.

7.3 Проверка погрешности вторичной части аппаратуры.

7.3.1 Определение погрешности вторичной части ИК, принимающей сигналы от датчиков в диапазоне 4...20 мА, проводят в изложенной ниже последовательности:

- собирают схему измерений согласно рисунку 1;
- выбирают 5 проверяемых точек Z_i , $i = 1, 2, 3, 4, 5$, равномерно распределенных по диапазону измеряемого параметра;
- на вход ЭИК через линию связи (для каждой проверяемой точки) подают от калибратора значение токового сигнала X_i в миллиамперах, соответствующее значению Z_i , рассчитанное по формуле:

$$X_i = 16 \frac{Z_i - Z_{\min}}{(Z_{\max} - Z_{\min})} + 4$$

- считывают на мониторе УНО значение выходного сигнала Y_i ИК в единицах измеряемого физического параметра (на мониторе УНО) и частоту $F_{\text{вых},i}$ (на частотометре);
- пересчитывают полученную частоту в значения контролируемого параметра:

$$Y_i = (Y_{\max} - Y_{\min}) \frac{F_{\text{вых},i} - 10000\Gamma_y}{40000\Gamma_y} + Y_{\min}$$

- для каждой проверяемой точки рассчитывают значение абсолютной и приведенной погрешностей

$$\Delta_i = Y_i - Z_i;$$

$$\gamma_i = \frac{\Delta_i}{Z_{\max} - Z_{\min}} \cdot 100\%$$

- заносят в протокол значения Z_i , Y_i , Δ_i , γ_i ;
- сопоставляют полученные экспериментальные данные с метрологическими характеристиками ИК, указанными в таблице 2. Если для каждой проверяемой точки выполняется неравенство $\gamma_i \leq \gamma_{\text{ИК}}$, то ИК считают годным.

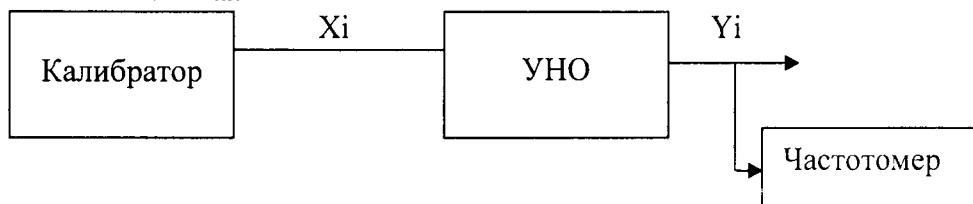


Рисунок 1 – Электрическая схема проверки ИК преобразования УТС

7.3.2 Определение погрешности вторичной части ИК, принимающей сигналы от термопреобразователей сопротивления с номинальными статическими характеристиками преобразования по ГОСТ 6651-2009 проводят в изложенной ниже последовательности:

- собирают схему измерений согласно рисунку 2;
- выбирают 5 проверяемых точек $T_{Bx,i}$, равномерно распределенных по диапазону измерений ИК (температуры);
- выбирают на калибраторе градуировку НСХ 100П;
- для каждой проверяемой точки задают сигнал $T_{Bx,i}$;
- для каждой проверяемой точки считывают значение выходного сигнала $T_{\text{вых},i}$ ИК, выраженное в $^{\circ}\text{C}$ (на мониторе УНО);
- пересчитывают полученную частоту в температуру:

$$T_{\text{вых},i} = (T_{\max} - T_{\min}) \frac{F_{\text{вых},i} - 10000\Gamma_y}{40000\Gamma_y} + T_{\min}$$

- для каждой проверяемой точки рассчитывают значение абсолютной и приведенной погрешностей

$$\Delta_i = T_{\text{вых},i} - T_{Bx,i};$$

$$\gamma_i = \frac{\Delta_i}{T_{\max} - T_{\min}} \cdot 100\%$$

- заносят в протокол значения $T_{Bx,i}$, $T_{\text{вых},i}$, Δ_i , γ_i ;
- сопоставляют полученные экспериментальные данные с метрологическими характеристиками ИК, указанными в таблице 2. Если для каждой проверяемой точки выполняется неравенство $\gamma_i \leq \gamma_{\text{ИК}}$, то ИК считают годным.

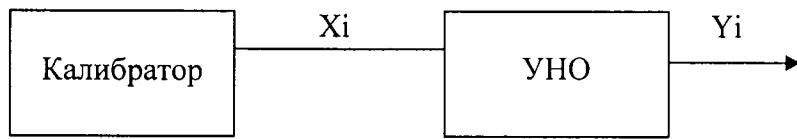


Рисунок 2 – Электрическая схема проверки ИК преобразования сигналов от ТСП

7.3.3 Определение погрешности вторичной части ИК, принимающей сигналы от термопар с номинальными статическими характеристиками преобразования по ГОСТ Р 8.585-2001 проводят в изложенной ниже последовательности:

- собирают схему измерений согласно рисунку 3;
- выбирают 5 проверяемых точек по температуре $T_{вх.изад.}$, равномерно распределенных по измеряемому диапазону температуры, например: 5, 25, 50, 75 и 95 % диапазона;
- для выбранных значений температуры находят по таблицам ГОСТ Р 8.585 – 2001 напряжения термоэдс $U_{вх.изад.}$ для выбранных $T_{вх.изад.}$ в соответствии с типом используемой термопары (таблица 7 для ТХА (К) или таблица 12 для ТХК (Л));
- выбирают 5 точек $T_{хс}$ равномерно распределенных в заданном диапазоне изменения температуры вблизи места подключения холодных спаев термопар испытуемого канала, например: 0, 25, 50, 75 и 100 °C;
- для выбранных значений температуры $T_{хс}$ находят по таблицам ГОСТ Р 8.585 – 2001 напряжения противоэдс холодных спаев термопар $U_{хс}$ в соответствии с типом используемой термопары (таблица 7 для ТХА(К) или таблица 12 для ТХК(Л));
- вводят на калибраторе 2 первое выбранное значение температуры $T_{хс1}$ с в режиме воспроизведения сигналов температуры от ТСП;
- для каждой проверяемой точки $T_{вх.изад.}$ задают на калибраторе 1 напряжение $U_{вх.i}$ полученное вычитанием из напряжения $U_{вх.изад.}$ напряжения $U_{хс1}$;
- для каждой проверяемой точки считывают значение выходного сигнала $T_{вых.i}$ ИК, выраженное в °C (на мониторе УНО);
- пересчитывают полученную частоту в температуру:

$$T_{вых.i} = (T_{MAX} - T_{MIN}) \frac{F_{вых.i} - 10000\Gamma_i}{40000\Gamma_i} + T_{MIN}$$

- для каждой проверяемой точки рассчитывают значение абсолютной и приведенной погрешностей

$$\Delta_i = T_{вых.i} - T_{вх.изад.}$$

$$\gamma_i = \frac{\Delta_i}{T_{MAX} - T_{MIN}} \cdot 100\%$$

- заносят в протокол значения, $T_{вх.изад.}$, $T_{вых.i}$, Δ_i , γ_i ;
- повторяют вышеперечисленные операции для остальных четырёх выбранных значений температуры $T_{хс}$, задаваемых на калибраторе 2 с в режиме воспроизведения сигналов температуры от ТСП;
- сопоставляют полученные экспериментальные данные с метрологическими характеристиками ИК, указанными в таблице 2. Если для каждой проверяемой точки выполняется неравенство $\gamma_i \leq \gamma_{ИК}$, то ИК считают годным.

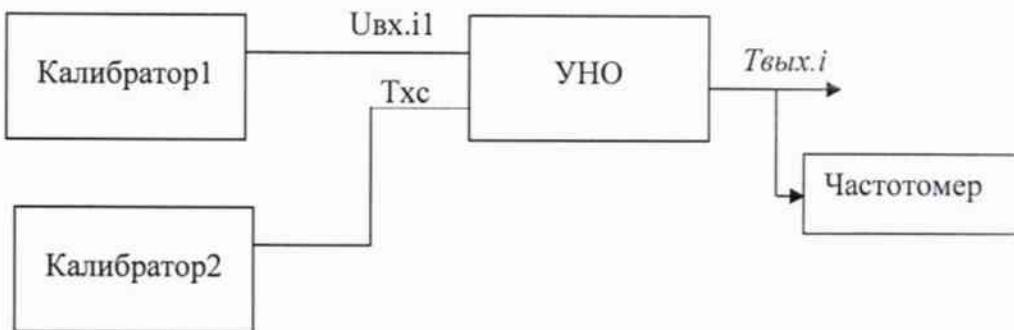


Рисунок 3 – Электрическая схема проверки ИК преобразования сигналов термоэдс от термопар

Примечания:

1. Калибратор 2 подключается к УНО по четырёхпроводной схеме в режиме воспроизведения сигналов температуры от ТСП типа 100П (рус.).
2. Примечание: в случае применения в составе АФСЗ термопар с индивидуальными статическими характеристиками, для определения значений термо-ЭДС $U_{bx.izad}$ и U_{xc} от температуры использовать ИСХ термопар предоставленные предприятием-изготовителем.

7.3.4 Определение погрешности ИК расчета разности температур проводят в следующей последовательности:

- выбирают 5 проверяемых точек $T_{bx.izad}$, равномерно распределенных по измеряемому диапазону разности температур;
- выбирают значения контролируемых параметров, обеспечивающих необходимую разность температур;
- подают на вход два сигнала УТС или сигнал УТС и напряжение, соответствующие подаваемым значениям контролируемых параметров;
- для каждой проверяемой точки считывают значение выходного сигнала $T_{вых.i}$ ИК, выраженное в $^{\circ}\text{C}$ (на мониторе УНО);
- для каждой проверяемой точки рассчитывают значение абсолютной и приведенной погрешностей

$$\Delta i = T_{вых.i} - T_{bx.izad}$$

$$\gamma_i = \frac{\Delta_i}{T_{MAX} - T_{MIN}} \cdot 100\%$$

- заносят в протокол значения, $T_{bx.izad}$, $T_{вых.i}$, Δi , γ_i ;
- сопоставляют полученные экспериментальные данные с метрологическими характеристиками ИК, указанными в таблице 2. Если для каждой проверяемой точки выполняется неравенство $\gamma_i \leq \gamma_{ik}$, то ИК считают годным.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

При положительных результатах поверки аппаратуры оформляют свидетельство о поверке, а при отрицательных – извещение о непригодности в соответствии с ПР 50.2.006-94 «ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения».

Разработал:

Инженер отдела 201 ФГУП
«ВНИИМС»

Штовба С.О.