

УТВЕРЖДАЮ  
Первый заместитель генерального  
директора-заместитель по научной  
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Шипунов

« 16 »

2018 г.

## **Система измерительная СИ-ЭРД-LTR**

### **Методика поверки**

УРАБ.ИИС-404.12-65.1/23 МП

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ОБОЗНАЧЕНИЯ .....</b>	<b>3</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ .....</b>	<b>4</b>
<b>2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.....</b>	<b>4</b>
<b>3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ .....</b>	<b>5</b>
<b>4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ .....</b>	<b>5</b>
<b>5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ .....</b>	<b>5</b>
<b>6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ.....</b>	<b>6</b>
<b>7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.....</b>	<b>6</b>
<b>8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....</b>	<b>9</b>
<b>Приложение А .....</b>	<b>10</b>
<b>Приложение Б .....</b>	<b>11</b>
<b>Приложение Г .....</b>	<b>16</b>
<b>Приложение Д .....</b>	<b>18</b>

## **ОБОЗНАЧЕНИЯ**

ИК – измерительный канал;

МП – методика поверки;

МХ – метрологические характеристики;

НСП – неисключенная систематическая погрешность;

ВП – верхний предел измерений;

ПО – программное обеспечение;

ПИП – первичный измерительный преобразователь;

РЭТ – рабочий эталон;

ПК – персональный компьютер;

РЭ – руководство по эксплуатации.

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящая МП распространяется на систему измерительную СИ-ЭРД-LTR (далее – система) стенда наладки и испытаний регуляторов электронных ЭРД-ЗВМ (ВМА) серии 2, изготовленную обществом с ограниченной ответственностью «ПТМ Автоматизация», г. Екатеринбург, и устанавливает порядок и объем ее первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

## 1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 Поверка ИК системы осуществляется комплектным способом с оценкой МХ ИК в целом (по результатам сквозной градуировки).

Перечень эксплуатационных документов на систему и нормативных документов по поверке приведен в приложении Д.

1.2 При поверке системы выполнить операции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке (после ремонта)	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1	+	+
2 Опробование	7.2	+	+
3 Определение метрологических характеристик	7.3	+	+
3.1 Определение приведенных погрешностей измерений напряжения постоянного тока	7.3.1	+	+
3.2 Определение приведенных погрешностей измерений силы постоянного тока	7.3.2	+	+
3.3 Определение приведенных погрешностей измерений частоты электрических сигналов переменного тока	7.3.3	+	+
4 Идентификация ПО	7.4	+	+

1.3 Не допускается проведение поверки меньшего количества ИК и меньшего числа поддиапазонов измерений.

## 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки использовать рабочие эталоны и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2Номер пункта МП	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные характеристики средства поверки
7.3.1, 7.3.2	Калибратор многофункциональный модели 3041R: пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока: $\pm(30 \cdot 10^{-6} \cdot U_{уст} + 5 \text{ мкВ})$ – в диапазоне от 0,2 до 2 В; $\pm(25 \cdot 10^{-6} \cdot U_{уст} + 40 \text{ мкВ})$ – в диапазоне от 2 до 20 В; $\pm(30 \cdot 10^{-6} \cdot U_{уст} + 400 \text{ мкВ})$ – в диапазоне 20 до 200 В; пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока: $\pm(0,013 \cdot 10^{-2} \cdot I_{уст} + 30 \text{ мкА})$ – в диапазоне от 0,2 до 2 А; $\pm(0,03 \cdot 10^{-2} \cdot I_{уст} + 300 \text{ мкА})$ – в диапазоне от 2 до 20 А; где $U_{уст}$ – установленное напряжение постоянного тока, мкВ; $I_{уст}$ – установленное напряжение постоянного тока, мкА



Продолжение таблицы 2

Номер пункта МП	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные характеристики средства поверки
7.3.3	Генератор сигналов специальной формы SFG-2004: диапазон частот выходных сигналов от 0,1 Гц до 4 МГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки частоты $\pm(2 \cdot 10^{-5} \cdot F + 0,0001 \text{ Гц})$ , где F – заданное значение частоты
<i>Вспомогательные средства поверки</i>	
7.3.1-7.3.3	Барометр рабочий сетевой БРС-1М-1: диапазон измерений абсолютного давления от 600 до 1100 гПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 33 \text{ Па}$
7.3.1-7.3.3	Термогигрометр для непрерывных измерений Testo 608-H1: диапазон измерений относительной влажности воздуха от 15 до 85 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности воздуха $\pm 3,0 \text{ %}$ ; диапазон измерений температуры воздуха от 0 до 50 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры воздуха $\pm 0,5 \text{ °С}$

2.2 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные, обеспечивающие определение МХ с требуемой точностью.

2.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь действующие свидетельства о поверке (отметки в формулярах или паспортах)

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

3.1 К поверке допускаются лица с высшим или средним техническим образованием, квалифицированные в качестве поверителя, изучившие РЭ системы, знающие принцип действия используемых СИ, имеющие навыки работы на персональном компьютере.

3.2 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности (первичный и на рабочем месте) в установленном в организации порядке и иметь удостоверение на право работы на электроустановках с напряжением до 1000 В с группой допуска не ниже 3.

### 4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (изд.3), а также изложенные в РЭ на приборы, в ТД на применяемые при поверке РЭТ и вспомогательное оборудование.

4.2 Любые подключения аппаратуры проводить только при отключенном напряжении питания системы.

### 5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

5.1 Поверку проводить при следующих условиях:

- температура воздуха, °С (К).....от 15 до 25 (от 288 до 298);
- относительная влажность, %.....от 50 до 80;
- атмосферное давление, мм рт. ст. (кПа).....от 720 до 780 (от 96 до 104);
- напряжение сети переменного тока, В.....от 198 до 242;
- частота переменного тока, Гц .....от 49,6 до 50,4.

**Примечание** – При проведении поверочных работ условия эксплуатации РЭТ должны соответствовать требованиям, указанным в их РЭ.



## **6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ**

6.1 При подготовке к поверке провести следующие работы:

- проверить комплектность эксплуатационной документации системы;
- проверить наличие действующих поверочных клейм, а также свидетельств о поверке на эталонные и вспомогательные средства поверки;
- проверить наличие действующих поверочных клейм, а также свидетельств о поверке на средства измерений утвержденного типа, входящих в состав системы;
- подготовить к работе все приборы и аппаратуру согласно их РЭ;
- собрать схемы поверки ИК, приведенные ниже, проверить целостность электрических цепей;
- обеспечить оперативную связь оператора у монитора с оператором, задающим контрольные значения эталонных сигналов на входе ИК;
- включить вентиляцию и освещение в испытательных помещениях;
- включить питание ПИП и аппаратуры системы не менее чем за 30 мин до начала проведения поверки;
- создать, проконтролировать и записать в протокол условия проведения поверки.

## **7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ**

### **7.1 Внешний осмотр**

При внешнем осмотре установить соответствие системы следующим требованиям:

- комплектность системы должна соответствовать формуляру УРАБ.ИИС-404.12-65.1/23 ФО;
- маркировка согласно УРАБ.ИИС-404.12-65.1/23 РЭ;
- наличие и сохранность пломб (согласно сборочным чертежам).

Средства измерений, входящие в состав системы, не должны иметь внешних повреждений, которые могут влиять на работу системы, при этом должно быть обеспечено: надежное крепление соединителей и разъемов, отсутствие нарушений экранировки кабелей, качественное заземление.

Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются вышеприведенные требования.

### **7.2. Опробование**

Перед началом работ проверить оборудование и включить систему, руководствуясь документом УРАБ.ИИС-404.12-65.1/23 РЭ.

При опробовании проверить правильность функционирования ИК системы.

Для этого необходимо задать на входе ИК с помощью РЭТ физическую величину, соответствующую минимальному и максимальному значениям параметра контролируемого диапазона измерений. Оператору ПК проконтролировать измеренные системой значения физической величины. Убедиться в правильности функционирования ИК.

Результаты опробования считать положительными, если измеренные значения физической величины совпадают с заданными эталонными значениями в пределах допускаемой погрешности измерений ИК системы. В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

### **7.3. Определение метрологических характеристик**

Определение метрологических характеристик проводить в последовательности, изложенной в руководстве пользователя УРАБ.ИИС-404.12-65.1/23 РП.

#### **7.3.1 Определение приведенных погрешностей измерений напряжения постоянного тока**

Погрешности измерений напряжения постоянного тока определить в следующей последовательности:

- подключить РЭТ (калибратор многофункциональный модели 3041R) к ИК напряжения постоянного тока по схеме, приведенной на рисунке 1;

- провести градуировку ИК напряжения постоянного тока по методике, приведенной в разделе 1 Приложения Б;
- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

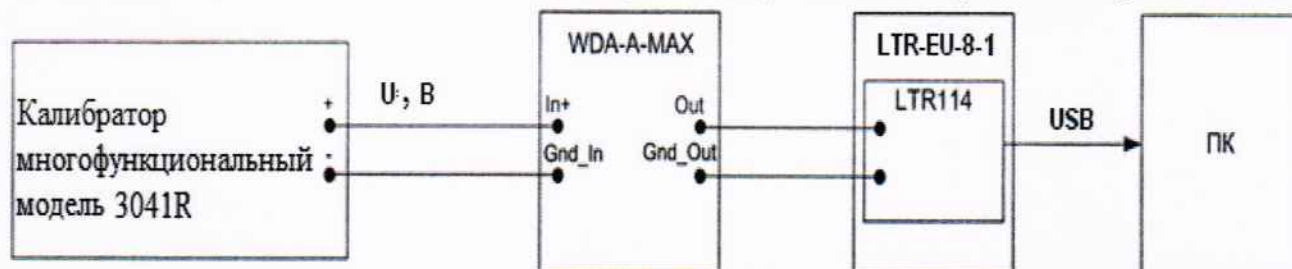


Рисунок 1 – Схема поверки ИК напряжения постоянного тока с помощью РЭТ (калибратор многофункциональный модели 3041R)

*Примечание* - Допускается засчитывать результаты определения диапазонов и погрешностей ИК напряжения постоянного тока, полученные при автономной поверке модуля WAD и установки LTR-EU-8-1 в аккредитованных на право поверки организациях. При этом погрешность ИК определить в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

Результаты поверки ИК напряжения постоянного тока считать положительными, если значения приведенных (к ВП) погрешностей ИК в заданных диапазонах измерений находятся в пределах  $\pm 1,0$  %. В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

### 7.3.2 Определение приведенных погрешностей измерений силы постоянного тока

Погрешности измерений силы постоянного тока определить в следующей последовательности:

- подключить РЭТ (калибратор многофункциональный модели 3041R) к ИК напряжения постоянного тока по схеме, приведенной на рисунке 2;
- провести градуировку ИК силы постоянного тока в диапазонах от 0,5 до 3,5 А и от 0 до 5 А по методике, приведенной в разделе 1 Приложения Б;
- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.



Рисунок 2 – Схема поверки ИК силы постоянного тока с помощью РЭТ (калибратор многофункциональный модели 3041R)

Результаты поверки ИК силы постоянного тока считать положительными, если значения приведенных (к ВП) погрешностей ИК находятся в пределах  $\pm 1,5$  %. В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.



### 7.3.3 Определение приведенных погрешностей измерений частоты электрических сигналов переменного тока

Погрешности измерений частоты электрических сигналов переменного тока определить в следующей последовательности:

- подключить РЭТ (SFG-2004) к ИК частоты электрических сигналов переменного тока по схеме, приведенной на рисунке 3;
- провести градуировку ИК частоты электрических сигналов переменного тока в заданных диапазонах по методике, приведенной в разделе 1 Приложения Б;
- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

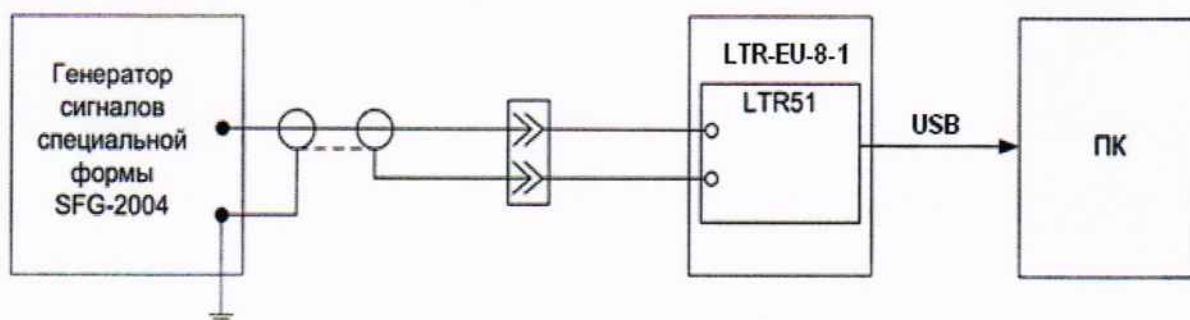


Рисунок 3 – Схема проверки ИК частоты электрических сигналов переменного тока с помощью РЭТ (SFG-2004)

*Примечание* - Допускается засчитывать результаты определения диапазонов и погрешностей ИК частоты электрических сигналов переменного тока, полученные при автономной проверке установки LTR-EU-8-1 в аккредитованной на право проверки организации. При этом погрешность ИК принимают равной результатам указанной проверки.

Результаты проверки ИК частоты электрических сигналов переменного тока считать положительными, если значения приведенных (к ВП) погрешностей ИК в заданных диапазонах измерений находятся в пределах  $\pm 0,2\%$ . В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

### 7.4 Идентификация ПО

Проверку идентификационных данных (признаков) метрологически значимой части ПО провести в соответствии с руководством пользователя УРАБ.ИИС-404.12-65.1/23 РП.

Убедиться в соответствии идентификационных признаков метрологически значимой части ПО данным, указанным в УРАБ.ИИС-404.12-65.1/23 РП.

В случае несоответствия идентификационных признаков данным, приведенным в УРАБ.ИИС-404.12-65.1/23 РП, ПО направляется для проведения настройки.

Идентификационные данные (признаки) метрологически значимой части ПО указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	ErdLtr.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	2E1C3022B1B7C212A0A52C78CC43B44F



## **8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ**

8.1 Результаты поверки системы занести в протокол (Приложение Г).

8.2 При положительных результатах поверки системы оформить свидетельство о поверке и нанести знак поверки на пульт управления системы.

8.3 При отрицательных результатах поверки система к дальнейшему применению не допускается. На систему выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования. После выявления и устранения причины производится повторная поверка системы.

Заместитель генерального директора–начальник НИО-10  
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Ф.И. Храпов

Заместитель начальника НИО-10 ФГУП «ВНИИФТРИ»

В.В. Мороз

Таблица А.1 – Состав и метрологические характеристики ИК системы

Характеристики ИК				Состав ИК				
Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности (нормированы для рабочих условий)	ПИП		пределы допускаемой основной погрешности	тип аппаратуры	Вторичная часть ИК пределы допускаемой основной погрешности
				тип				
ИК напряжения постоянного тока	2	от 0 до 10 В	±1,0 % (γ от ВП)*	WAD-A-MAX-209-09		±0,07 % (γ от ВП)	Модуль измерительный LTR114	±(0,015+0,0006·( X <sub>к</sub> /X -1)),% **
	8	от 0 до 30 В		WAD-A-MAX-20A-09				
	1	от 0 до 60 В		WAD-A-MAX-20B-09				
ИК силы постоянного тока	1	от 0,5 до 3,5 А	±1,5 % (γ от ВП)	LA25-NP/SP44		±1,0 % (γ от ВП)		
	1	от 0 до 5 А						
ИК частоты электрических сигналов переменного тока	2	от 400 до 2000 Гц	±0,2 % (γ от ВП)	—	—	—	Модуль измерительный LTR51	±0,01 % (δ)*** в диапазоне от 0,02 до 30 кГц
	1	от 750 до 1250 Гц						
	2	от 20 до 1250 Гц						

\* γ от ВП – приведенная к верхнему пределу измерений погрешность;

\*\* X<sub>к</sub> – верхний предел диапазона измерений, X – измеренная величина;

\*\*\*δ – относительная погрешность

\*  $\gamma$  от ВП – приведенная к верхнему пределу измерений погрешность;

\*\*  $X_k$  – верхний предел диапазона измерений,  $X$  – измеренная величина;

\*\*\* $\delta$  – относительная погрешность



## Методика проведения градуировки и обработки результатов градуировки ИК

### 1. Методика проведения градуировки ИК

1.1 Сквозную градуировку ИК или градуировку элементов ИК проводить в следующей последовательности:

- задать с помощью РЭТ на входе ИК или элемента ИК в рабочем диапазоне измерений:  $p$  контрольных значений (ступеней) входной величины  $X_k$  в порядке возрастания от  $X_o$  до  $X_p$  при прямом ходе;  $p$  контрольных значений входной величины  $X_k$  в порядке убывания от  $X_p$  до  $X_o$  при обратном ходе.

**П р и м е ч а н и е** – Предпочтительно равномерное разбиение рабочего интервала измерений ИК в виде:

$$X_k = X_o + [(X_p - X_o)/p] \cdot k, \quad (\text{Б.1})$$

где  $k$  - номер контрольной точки (ступени);  $k = 0, 1, 2, \dots, p$ ;

$X_o, X_p$  - нижний и верхний пределы диапазона измерений проверяемых ИК;

- произвести на каждой ступени при прямом и обратном ходе  $m$  отсчетов измеряемой величины (значение параметра  $m$  определяется частотой опроса ИК и временем измерения). При этом программа градуировки вычисляет значение сигнала на выходе АЦП как среднее значение кода по  $m$  отсчетам, зарегистрированным при подаче входного сигнала. Полученное значение сохраняется в файле градуировки;

- повторить  $l$  раз указанные циклы градуировки (прямой и обратный ходы). В результате в памяти компьютера запоминаются массивы значений выходной величины  $y'_{ik}$  при прямом ходе и  $y''_{ik}$  при обратном ходе, где  $i$  - номер градуировки,  $i = 1, 2, \dots, l$ .

**П р и м е ч а н и е** – Для ИК с пренебрежимо малой погрешностью вариации допускается обратные ходы градуировки не проводить.

При проверке принять следующие значения параметров градуировки  $p, l, m$ :

$$p \geq 5, l \geq 5, m \geq 10.$$

### 2 Порядок обработки результатов градуировки ИК

Обработку результатов сквозной градуировки ИК при комплектной поверке системы проводить в следующей последовательности:

2.1 Исключить «грубые промахи» результатов градуировки в следующей последовательности:

2.2.1 Провести предварительную отбраковку на этапе просмотра результатов градуировки с исключением явных значений «грубых промахов».

2.2.2 Исключить «грубые промахи» на этапе обработки результатов измерений с использованием критерия Граббса по ГОСТ Р 8.736-2011 следующим образом:

2.2.2.1 Вычислить для каждой  $k$ -той контрольной точки оценки измеряемой величины  $y'_k$  при прямом ходе градуировки и  $y''_k$  при обратном ходе градуировки по формулам (Б.2):

$$y'_k = \frac{1}{l} \cdot \sum_{i=1}^l y'_{ik}, y''_k = \frac{1}{l} \cdot \sum_{i=1}^l y''_{ik} \quad (\text{Б.2})$$

2.2.2.2 Вычислить для каждой  $k$ -той контрольной точки средние квадратические отклонения  $S'_k$  (при прямом ходе) и  $S''_k$  (при обратном ходе) по формулам (Б.3):

$$S'_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l (y'_{ik} - y'_k)^2}{l-1}}, S''_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l (y''_{ik} - y''_k)^2}{l-1}} \quad (\text{Б.3})$$

2.2.2.3 Вычислить для выборки  $y'_{l_k} \dots y'_{l_k}$  значения  $G_1, G_2$  критерия Граббса по формулам (Б.4):

$$G_1 = \frac{|y_{\max} - y'_k|}{S'_k}, G_2 = \frac{|y'_k - y_{\min}|}{S'_k}, \quad (\text{Б.4})$$

где  $y_{\max}, y_{\min}$  – соответственно максимальный и минимальный элементы в выборке  $y'_{l_k} \dots y'_{l_k}$ .

2.2.2.4 Сравнить значения  $G_1, G_2$  с теоретическим значением  $G_T$  критерия, указанным в приложении А ГОСТ Р 8.736-2011:

– если  $G_1 > G_T$ , то элемент  $y_{\max}$  исключить из выборки как маловероятное значение;

– если  $G_2 > G_T$ , то элемент  $y_{\min}$  исключить из выборки как маловероятное значение;

2.2.2.5 Повторить процедуру исключения «грубых промахов» по ПП. 2.2.2.1 - 2.2.2.4 для оставшихся элементов, если в выборке  $y'_{l_k} \dots y'_{l_k}$  был исключен один элемент.

2.2.2.6 Выполнить проверку по выборке  $y''_{l_k} \dots y''_{l_k}$  аналогично ПП. 2.2.2.1 - 2.2.2.5.

**П р и м е ч а н и е** – Допускается проводить отбраковку «грубых промахов» на стадии просмотра оператором результатов наблюдений при проведении градуировки в случае, когда факт появления «грубого промаха» установлен достоверно. При этом производится повторное измерение в заданной контрольной точке с регистрацией результата наблюдений.

## 2.3 Определить индивидуальную функцию преобразования ИК

Индивидуальную функцию преобразования ИК системы определять по результатам градуировки в виде обратной функции, т.е. как зависимость значений величины  $x$  на входе ИК от значений  $y$  на его выходе.

Если нелинейность функции такова, что с достаточной точностью можно ограничиться аппроксимирующим полиномом не выше 4-той степени, то эту функцию представляют в виде степенного полинома (формула Б.5). В противном случае функцию представляют кусочно-линейной зависимостью (формула Б.6).

$$x = a_0 + a_1 y + \dots + a_n y^n, \quad (\text{Б.5})$$

$$x = x_k + q_{sfk} \cdot (y - y_k), \quad (\text{Б.6})$$

где  $a_0, a_1, \dots, a_n$  – коэффициенты аппроксимирующего полинома, определяемые методом наименьших квадратов;

$x_k$  – эталонное значение входной величины на  $k$ -той ступени;

$q_{sfk}$  – цена единицы наименьшего разряда кода на  $k$ -той ступени;

$y_k$  – среднее значение результатов наблюдений выходной величины при градуировке на  $k$ -той ступени.

Значения  $y_k$  и  $q_{sfk}$  определить по формулам (Б.7) и (Б.8):

$$y_k = \sum_{i=1}^l (y'_{ik} + y''_{ik}) / 2 \cdot l, \quad (\text{Б.7})$$

$$q_{sfk} = \frac{x_{k+1} - x_k}{y_{k+1} - y_k}. \quad (\text{Б.8})$$

## 2.4 Определение характеристик погрешностей ИК

2.4.1 Определение характеристик абсолютной погрешности ИК при комплектном способе поверки (прямые измерения) с оценкой МХ ИК по результатам сквозной градуировки ИК.

2.4.1.1 Определить доверительные границы НСП абсолютной погрешности ИК по формуле (Б.9):

$$\tilde{\Delta}_{osk} = \tilde{\Delta}_{oska} + \Delta_{РЭТ}, \quad (\text{Б.9})$$

где  $\Delta_{РЭТ}$  – погрешность РЭТ;



$\tilde{\Delta}_{оска}$  – абсолютная НСП ИК, обусловленная погрешностью аппроксимации.

При задании индивидуальной функции преобразования в виде степенного полинома (Б.1) значение  $\tilde{\Delta}_{оска}$  вычислить по формуле (Б.10):

$$\tilde{\Delta}_{оска} = \left| (a_0 + a_1 y_k + \dots + a_n y_k^n) - x_k \right|. \quad (\text{Б.10})$$

При задании индивидуальной функции преобразования в виде кусочно-линейной зависимости (Б.6) погрешность  $\tilde{\Delta}_{оска} = 0$ .

2.4.1.3 Определить доверительные границы случайной составляющей абсолютной погрешности на каждой  $k$ -той контрольной точке при доверительной вероятности  $P = 0,95$  по формуле (Б.11):

$$\tilde{\Delta}_{ок} = \tau \cdot \sqrt{\tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}]}^2 + \frac{\tilde{H}_{ок}^2}{12}}, \quad (\text{Б.11})$$

где  $\tau$  - коэффициент Стьюдента-Фишера, зависящий от доверительной вероятности  $P$  и числа степеней свободы  $2l - 1$ . Таблица значений  $\tau$  при  $P = 0,95$  приведена в Приложении Б;

$\tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}]}$  - среднее квадратическое отклонение случайной составляющей абсолютной погрешности на каждой  $k$ -той контрольной точке, определяемое по формуле (Б.12):

$$\tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}]} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l (x'_{ik} - x'_k)^2 + \sum_{i=1}^l (x''_{ik} - x''_k)^2}{2l - 1}}, \quad (\text{Б.12})$$

где  $x'_{ik}, x''_{ik}$  - приведенные по входу значения результатов наблюдений на  $k$ -той ступени при прямом и обратном ходе градуировки соответственно;

$x'_k, x''_k$  - приведенные по входу средние значения результатов наблюдений на  $k$ -той ступени при прямом и обратном ходе градуировки соответственно, определить по формулам (Б.13);

$$x'_k = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l x'_{ik}, \quad (\text{Б.13})$$

$$x''_k = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l x''_{ik},$$

$\tilde{H}_{ок}$  - абсолютное значение вариации, определяется по формуле (Б.14):

$$\tilde{H}_{ок} = |x'_k - x''_k|. \quad (\text{Б.14})$$

2.4.1.4 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК на каждой  $k$ -той контрольной точке при  $P = 0,95$  по формулам (Б.15):

$$\begin{aligned} \tilde{\Delta}_{окабс} &= \tilde{\Delta}_{оск} && \text{при } (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) \geq 8, \\ \tilde{\Delta}_{окабс} &= \tilde{\Delta}_{ок} && \text{при } (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) \leq 0,8, \\ \tilde{\Delta}_{окабс} &= \left( \sqrt{\frac{\tilde{\Delta}_{оск}^2}{3} + \tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}]}^2} \right) \cdot \frac{\tilde{\Delta}_{оск} + \tilde{\Delta}_{ок}}{\tilde{\Delta}_{оск} / \sqrt{3} + \tilde{\sigma}_{\Delta_{ок}}} && \text{при } 8 > \tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок} > 0,8. \end{aligned} \quad (\text{Б.15})$$

2.4.1.5 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК при  $P=0,95$  по формуле (Б.16):

$$\tilde{\Delta}_o = \max(\tilde{\Delta}_{окабс}) . \quad (Б.16)$$

2.4.2 При автономной поверке модуля WAD и установки LTR-EU-8-1 в аккредитованных на право поверки организациях абсолютную погрешность ИК напряжения постоянного тока определить по формуле (Б.17):

$$\tilde{\Delta}_o = |\Delta_{WAD}| + |\Delta_{LTR_o}| , \quad (Б.17)$$

где

$\Delta_{WAD}$  – значение абсолютной погрешности модуля WAD, рассчитанное по формуле (Б.18):

$$\Delta_{WAD} = \gamma_{WAD} \cdot \text{ВП}_{WAD} , \quad (Б.18)$$

$\gamma_{WAD}$  – значение приведенной погрешности модуля WAD, полученное по результатам его поверки;

$\text{ВП}_{WAD}$  – значение ВП поддиапазона измерений (модуля WAD), к которому приведена погрешность;

$\Delta_{LTRU}$  – значение абсолютной погрешности измерительного модуля LTR114 установки LTR-EU-8-1, рассчитанное по формуле (Б.19):

$$\Delta_{WAD} = \gamma_{LTRU} \cdot \text{ВП}_{LTRU} , \quad (Б.19)$$

$\gamma_{LTRU}$  – значение приведенной погрешности измерительного модуля LTR114 установки LTR-EU-8-1, полученное по результатам ее поверки;

$\text{ВП}_{LTRU}$  – значение ВП поддиапазона измерений (LTR114), к которому приведена погрешность.

2.4.3 Определить значения приведенной к ВП погрешности ИК по формулам (Б.20):

$$\tilde{\gamma}_o = \frac{\tilde{\Delta}_o}{\text{ВП}} \cdot 100, \% \quad (Б.20)$$



**Приложение В**  
(справочное)

Значения коэффициента Стьюдента-Фишера в зависимости от числа степеней свободы при доверительной вероятности  $P = 0,95$

Число степеней свободы	Доверительная вероятность $P=0,95$	Число степеней свободы 2ml-1	Доверительная вероятность $P=0,95$
1	12,706	18	2,103
2	4,303	19	2,093
3	3,182	20	2,086
4	2,776	21	2,080
5	2,571	22	2,074
6	2,447	23	2,069
7	2,365	24	2,064
8	2,306	25	2,060
9	2,262	26	2,056
10	2,228	27	2,052
11	2,201	28	2,048
12	2,179	29	2,045
13	2,160	30	2,042
14	2,145	40	2,021
15	2,131	60	2,000
16	2,120	120	1,980
17	2,110	-	

Приложение Г  
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки

Протокол №...  
определения погрешностей измерений измерительных каналов системы измерительной  
СИ-ЭРД-LTR, зав. № 001

1 Дата поверки

.....

2 Средства поверки

.....

.....

3 Условия поверки

Температура окружающего воздуха, °С

.....

Атмосферное давление, мм рт. ст.

.....

Влажность, %

.....

4 Документ, в соответствии с которым проводилась поверка

УРАБ.ИИС-404.12-65.1/23 МП «Система измерительная СИ-ЭРД-LTR. Методика поверки».

5 Результаты экспериментальных исследований

5.1 Внешний осмотр

.....

5.2 Результаты опробования

.....

5.3 Результаты метрологических исследований

.....

Рабочие материалы, содержащие данные по градуировкам ИК и их обработке представлены в рабочей папке №.....



Результаты метрологических исследований системы измерительной СИ-ЭРД-LTR, представлены в таблице 1.

Условия исследований:

- число ступеней нагружения  $p = \dots\dots\dots$
- число циклов нагружения  $l = \dots\dots\dots$
- число опросов на точке  $m = \dots\dots\dots$

Расчет суммарной погрешности проводится по формулам методики поверки УРАБ.ИИС-404.12-65.1/23 МП.

Таблице 1

Наименование ИК	Диапазон измерений	Тип ПИП	Тип вторич- ной части ИК	Наибольшее значение суммарной погрешности ИК	Пределы до- пускаемой погрешности ИК

## 6 Выводы

.....

.....

## 7 Заключение

.....

.....

Поверитель

\_\_\_\_\_

подпись

( \_\_\_\_\_ )

ФИО

Приложение Д  
(справочное)

Перечень эксплуатационных документов на систему и нормативных документов по поверке

Обозначение	Наименование
ГОСТ 8.009-84 ГСИ	Нормируемые метрологические характеристики средств измерений
ГОСТ Р 8.736-2011 ГСИ	Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения
РМГ 51-2002 ГСИ	Документы на методики поверки средств измерений
ГОСТ 22261-94	Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия
УРАБ.ИИС-404.12-65.1/23 РЭ	Стенд наладки и испытаний регуляторов электронных ЭРД-ЗВМ (ВМА) серии 2. Система измерительная СИ-ЭРД-LTR. Руководство по эксплуатации.
УРАБ.ИИС-404.12-65.1/23 ФО	Стенд наладки и испытаний регуляторов электронных ЭРД-ЗВМ (ВМА) серии 2. Система измерительная СИ-ЭРД-LTR. Формуляр
УРАБ.ИИС-404.12-65.1/23 РП	Стенд наладки и испытаний регуляторов электронных ЭРД-ЗВМ (ВМА) серии 2. Система измерительная СИ-ЭРД-LTR. Руководство пользователя.
ДЛИЖ.301422.0010 МП	Установки измерительные LTR. Методика поверки