



## **ООО ЦМ «СТП»**

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре  
аккредитованных лиц RA.RU.311229

**«СОГЛАСОВАНО»**

Технический директор по испытаниям

ООО ЦМ «СТП»

В.В. Фефелов

«22»

2024 г.



**Государственная система обеспечения единства измерений**

**Преобразователи измерительные HD1000**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

**МП 2202/1-311229-2024**

г. Казань  
2024

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи измерительные HD1000 (далее – преобразователь), изготовленные Zhejiang SUPCON Instrument Co., Ltd, Китай, и устанавливает методику их первичной поверки до ввода в эксплуатацию и после ремонта, а также методику периодической поверки в процессе эксплуатации.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в приложении А.

1.3 Прослеживаемость при поверке преобразователей обеспечивается в соответствии с:

– Государственной поверочной схемой для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, утвержденной Приказом Росстандарта от 28 июля 2023 года № 1520, к Государственному первичному эталону единицы электрического напряжения (ГЭТ 13-2023);

– Государственной поверочной схемой для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-16}$  до 100 А, утвержденной Приказом Росстандарта от 1 октября 2018 года № 2091, к Государственному первичному эталону единицы силы постоянного электрического тока (ГЭТ 4-91);

– Государственной поверочной схемой для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока, утвержденной Приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 года № 3456, к Государственному первичному эталону единицы электрического сопротивления (ГЭТ 14-2014).

1.4 Метрологические характеристики преобразователей подтверждаются с помощью основных средств поверки методом прямых измерений.

1.5 Допускается проведение поверки преобразователей для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений в соответствии с письменным заявлением владельца с обязательным указанием информации об объеме проведенной поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФОЕИ).

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки должны быть выполнены операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

| Наименование операции поверки                                                                                         | Обязательность выполнения операций поверки при |                       | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                       | первичной поверке                              | периодической поверке |                                                                                                |
| Внешний осмотр средства измерений                                                                                     | Да                                             | Да                    | 7                                                                                              |
| Подготовка к поверке и опробование средства измерений                                                                 | Да                                             | Да                    | 8                                                                                              |
| Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | Да                                             | Да                    | 9                                                                                              |
| Определение основной абсолютной погрешности преобразования сигналов силы постоянного тока                             | Да                                             | Да                    | 9.1                                                                                            |
| Определение основной абсолютной погрешности преобразования сигналов термопар по ГОСТ Р 8.585–2001                     | Да                                             | Да                    | 9.2                                                                                            |
| Определение основной абсолютной погрешности преобразования сигналов напряжения постоянного тока                       | Да                                             | Да                    | 9.3                                                                                            |

| Наименование операции поверки                                                                                                            | Обязательность выполнения операций поверки при |                       | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                          | первичной поверке                              | периодической поверке |                                                                                                |
| Определение основной абсолютной погрешности преобразования сигналов термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651–2009                | Да                                             | Да                    | 9.4                                                                                            |
| Определение основной абсолютной погрешности преобразования сигналов электрического сопротивления                                         | Да                                             | Да                    | 9.5                                                                                            |
| Оформление результатов поверки                                                                                                           | Да                                             | Да                    | 10                                                                                             |
| Примечание – При получении отрицательных результатов поверки по какому-либо пункту методики поверки поверку преобразователей прекращают. |                                                |                       |                                                                                                |

### 3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

|                                          |               |
|------------------------------------------|---------------|
| – температура окружающего воздуха, °С    | от +21 до +25 |
| – относительная влажность воздуха, %     | от 30 до 80   |
| – атмосферное давление, кПа              | от 84 до 106  |
| – напряжение питания постоянного тока, В | от 20 до 35   |

### 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, являющиеся специалистами органа метрологической службы, юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованного на право поверки средств измерений в установленном порядке, изучившие настоящую методику поверки, техническую документацию на преобразователи, руководства по эксплуатации средств поверки, прошедшие инструктаж по охране труда и инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

### 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки преобразователей применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень средств поверки

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки                                                                                                                                                                                                                                                                       | Перечень рекомендуемых средств поверки                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8, 9.1                                                 | Рабочий эталон 2-го разряда в режиме воспроизведения в соответствии с Приказом Росстандарта от 1 октября 2018 года № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А» с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 3$ мкА в диапазоне от 4 до 20 мА | Калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6 (-R), модификация BEAMEX MC6 (-R) (регистрационный номер 52489-13 в ФИФОЕИ) (далее – калибратор) |

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки                                                                                                                                                                                                                                                                 | Перечень рекомендуемых средств поверки                                                                         |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5                             | Рабочий эталон 2-го разряда в режиме измерения в соответствии с Приказом Росстандарта от 1 октября 2018 года № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А» с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 4$ мкА в диапазоне от 4 до 20 мА | Калибратор                                                                                                     |
| 8, 9.2, 9.3                                            | Рабочий эталон 3-го разряда в режиме воспроизведения в соответствии с Приказом Росстандарта от 28 июля 2023 года № 1520 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы»; соотношение показателей точности эталона и средства измерений должно быть не более 1/2             | Калибратор                                                                                                     |
| 8, 9.4, 9.5                                            | Рабочий эталон 4-го разряда в режиме воспроизведения в соответствии с Приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 года № 3456 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока»; соотношение показателей точности эталона и средства измерений должно быть не более 1/2           | Мера многозначная электрического сопротивления МС3057 (регистрационный номер 69532-17 в ФИФОЕИ) (далее – ММЭС) |
| 8, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5                             | Средство измерений температуры окружающей среды: пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений $\pm 0,5$ °С в диапазоне измерений от 21 до 25 °С                                                                                                                                                                                                 | Термогигрометр ИВА-6 (регистрационный номер 46434-11 в ФИФОЕИ)                                                 |
|                                                        | Средство измерений относительной влажности окружающей среды: пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений $\pm 5$ % в диапазоне измерений от 30 до 80 %                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                |
|                                                        | Средство измерений атмосферного давления: пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,5$ кПа в диапазоне измерений от 84 до 106 кПа                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                |
| 8, 9.2                                                 | Средство измерений температуры окружающей среды: пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений $\pm 0,05$ °С в диапазоне измерений от 21 до 25 °С                                                                                                                                                                                                | Термометр лабораторный электронный ЛТ-300 (регистрационный номер 61806-15 в ФИФОЕИ) (далее – ЛТ-300)           |

| Операции поверки, требующие применение средств поверки                                                                                                                                                      | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки                                                              | Перечень рекомендуемых средств поверки                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5                                                                                                                                                                                  | Средство измерений напряжения постоянного тока: пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений $\pm 0,5$ В в диапазоне измерений от 20 до 35 В | Мультиметр цифровой Fluke 107 (регистрационный номер 57587-14 в ФИФОЕИ) (далее – Fluke 107) |
| 8, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5                                                                                                                                                                                  | Источник питания с диапазоном напряжения питания постоянного тока от 20 до 35 В                                                                               | Источник питания постоянного тока НУ3005F-3 (далее – НУ3005F-3)                             |
| 9.2, 9.3, 9.4, 9.5                                                                                                                                                                                          | Персональный (планшетный) компьютер (далее – ПК) с сервисным программным обеспечением в комплекте с кабелем Micro-USB или Bluetooth-адаптером SUPCON HD55-BT  |                                                                                             |
| Примечание – Допускается применение аналогичных средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому преобразователю. |                                                                                                                                                               |                                                                                             |

5.2 Средства измерений, применяемые при поверке, должны быть утвержденного типа (зарегистрированные в ФИФОЕИ), поверены в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений, и допущены к применению.

5.3 Эталоны единиц величин, применяемые при поверке, должны быть аттестованы в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений и утверждены приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

## **6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки средства измерений**

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования:

- правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;
- правил безопасности при эксплуатации средств поверки и преобразователей, приведенных в эксплуатационных документах;
- инструкций по охране труда, действующих на объекте.

6.2 Работы по подключению и отключению средств поверки и вспомогательных устройств при проведении поверки должны выполняться с отключением преобразователей от сети электрического питания.

6.3 К средствам поверки и используемому при поверке вспомогательному оборудованию обеспечивают свободный доступ.

## **7 Внешний осмотр средства измерений**

7.1 При внешнем осмотре проверяют:

- соответствие внешнего вида и комплектности преобразователей сведениям, приведенным в описании типа;
- наличие маркировки с обозначением модели и заводского номера преобразователя;
- отсутствие внешних повреждений, влияющих на работоспособность преобразователя;
- отсутствие деталей с ослабленным или неисправным креплением;
- четкость надписей и обозначений.

7.2 Результаты поверки по пункту 7 считают положительными, если:

- внешний вид и комплектность преобразователей соответствует сведениям, приведенным в описании типа;

- маркировка преобразователей включает информацию о модели и заводском номере;
- внешние повреждения, влияющие на работоспособность преобразователей, отсутствуют;
- отсутствуют детали с ослабленным или неисправным креплением;
- надписи и обозначения четкие и хорошо читаемые.

## **8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

8.1 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные операции:

- изучают техническую и эксплуатационную документацию на преобразователи;
- изучают настоящую методику поверки и руководства по эксплуатации средств поверки;
- средства поверки и преобразователи выдерживают при условиях, указанных в разделе 3, не менее двух часов, если они находились в условиях, отличных от указанных в разделе 3;
- подготавливают к работе средства поверки в соответствии с их эксплуатационными документами.

8.2 Преобразователь подключают к НУ3005F-3 с учетом требований, приведенных в эксплуатационных документах, и настраивают электрическое питание преобразователя с учетом требований раздела 3 методики поверки. Напряжение питания постоянного тока при поверке контролируют с помощью Fluke 107.

8.3 При подготовке к поверке преобразователей модификации HD1071 контролируют температуру окружающей среды вблизи клеммных соединений «1» и «2» с помощью ЛТ-300.

8.4 При подготовке к поверке преобразователей модификаций HD1071 и HD1072 к преобразователям подключают ПК с помощью кабеля Micro-USB или Bluetooth-адаптера. На ПК запускают сервисное программное обеспечение, настраивают соединение с поверяемым преобразователем и фиксируют следующие данные:

- тип и диапазон измерений входного сигнала;
- настроенный нижний предел преобразования, соответствующий значению выходного сигнала силы постоянного тока 4 мА;
- настроенный верхний предел преобразования, соответствующий значению выходного сигнала силы постоянного тока 20 мА.

8.5 При опробовании преобразователей убеждаются, что на преобразователях исправно горят индикаторы, сигнализирующие о наличии питания.

8.6 При опробовании преобразователей модификации HD1071 дополнительно фиксируют измеренное преобразователем значение температуры свободных концов термпар (холодного спая)  $t_{XC(HD)}$ , °C, и значение температуры окружающей среды вблизи клеммных соединений «1» и «2», измеренной с помощью ЛТ-300,  $t_{OC}$ , °C.

8.7 Результаты опробования преобразователей модификаций HD1042, HD1046 и HD1072 считают положительными, если через пять минут после включения преобразователя горит индикатор, сигнализирующий о наличии питания.

8.8 Результаты опробования преобразователей модификации HD1071 считают положительными, если:

- через пять минут после включения преобразователя горит индикатор, сигнализирующий о наличии питания;
- выполняется условие  $|t_{XC(HD)} - t_{OC}| \leq 1$  °C.

## **9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям**

### **9.1 Определение основной абсолютной погрешности преобразования сигналов силы постоянного тока**

9.1.1 Поверку по пункту 9.1 проводят для преобразователей модификаций HD1042 и HD1046.

9.1.2 Подключают калибратор к входным клеммам преобразователя в режиме воспроизведения/имитации сигналов силы постоянного тока в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.1.3 Подключают калибратор к выходным клеммам преобразователя в режиме измерения сигналов силы постоянного тока в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.1.4 Для поверки выбирают пять контрольных точек  $I_{эTi}$ , мА, равномерно распределенных по диапазону преобразования входных сигналов силы постоянного тока (например, 0-5; 25; 50; 75; 95-100 % от диапазона).

9.1.5 С помощью калибратора задают электрический сигнал силы постоянного тока  $I_{эTi}$ , мА, для первой контрольной точки.

9.1.6 После стабилизации показаний считывают с дисплея калибратора измеренное значение выходного сигнала силы постоянного тока преобразователя  $I_{измi}$ , мА.

9.1.7 Вычисляют основную абсолютную погрешность преобразования сигналов силы постоянного тока  $\Delta I_{0i}$ , мкА, по формуле

$$\Delta I_{0i} = (I_{измi} - I_{эTi}) \cdot 1000. \quad (1)$$

9.1.8 Повторяют операции по пунктам 9.1.5–9.1.7 для остальных контрольных точек.

9.1.9 Преобразователи соответствуют метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и результаты поверки по пункту 9.1 считают положительными, если рассчитанные по формуле (1) значения основной абсолютной погрешности преобразования сигналов силы постоянного тока не выходят за пределы, указанные в приложении А.

## **9.2 Определение основной абсолютной погрешности преобразования сигналов термопар по ГОСТ Р 8.585–2001**

9.2.1 Поверку по пункту 9.2 проводят для преобразователей модификации HD1071, настроенных на преобразование сигналов термопар по ГОСТ Р 8.585–2001.

9.2.2 Подключают калибратор к входным клеммам преобразователя в режиме воспроизведения сигналов термопар по ГОСТ Р 8.585–2001 в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.2.3 Подключают калибратор к выходным клеммам преобразователя в режиме измерения сигналов силы постоянного тока в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.2.4 К преобразователю подключают ПК с помощью кабеля Micro-USB или Bluetooth-адаптера. Запускают сервисное программное обеспечение, настраивают соединение с поверяемым преобразователем.

9.2.5 С помощью сервисного программного обеспечения фиксируют измеренное преобразователем значение температуры свободных концов термопар (холодного спая)  $t_{ХС(НД)}$ , °С, и вводят измеренное значение в калибратор в окне настройки температуры холодного спая термопары  $t_{ХС}$ , °С.

Примечание – При поверке дополнительно контролируют выполнение условия  $|t_{ХС(НД)} - t_{ХС}| \leq 0,2$  °С. При невыполнении указанного условия корректируют температуру холодного спая термопары в калибраторе согласно измеренному преобразователем значению  $t_{ХС(НД)}$ , °С.

9.2.6 Для поверки выбирают пять контрольных точек  $T_i$ , °С, равномерно распределенных по настроенному диапазону преобразования сигнала термопар по ГОСТ Р 8.585–2001 (например, 0-5; 25; 50; 75; 95-100 % от диапазона).

9.2.7 Для настроенного в преобразователе типа и диапазона входного сигнала термопары по ГОСТ Р 8.585–2001 находят значения напряжения постоянного тока  $U_i$ , мВ, соответствующие значениям температур  $T_i$ , °С (в соответствии с типом номинальной статической характеристики по ГОСТ Р 8.585–2001).

9.2.8 С помощью калибратора задают электрический сигнал термопары по ГОСТ Р 8.585–2001  $T_i$ , °С, для первой контрольной точки.

9.2.9 После стабилизации показаний:

– с ПК считывают измеренное преобразователем значение сигнала термопары по ГОСТ Р 8.585–2001  $T_{измi}$ , °С;

– с ПК считывают измеренное преобразователем значение сигнала напряжения постоянного тока  $U_{измi}$ , мВ, соответствующее значению температуры  $T_{измi}$ , °С;

– с дисплея калибратора считывают измеренное значение выходного сигнала силы постоянного тока преобразователя  $I_{изм_i}$ , мА.

9.2.10 Проверяют выполнение условия  $|0,5 \cdot U_i| \leq 15$  мкВ.

9.2.10.1 При выполнении условия согласно пункту 9.2.10, вычисляют основную абсолютную погрешность преобразователей модификации HD1071 при аналого-цифровом преобразовании сигналов термопар по ГОСТ Р 8.585–2001  $\Delta_{TCO_i}$ , мкВ, по формуле

$$\Delta_{TCO_i} = (U_{изм_i} - U_i) \cdot 1000. \quad (2)$$

9.2.10.2 При невыполнении условия согласно пункту 9.2.10, вычисляют основную относительную погрешность преобразователей модификации HD1071 при аналого-цифровом преобразовании сигналов термопар по ГОСТ Р 8.585–2001  $\delta_{TCO_i}$ , %, по формуле

$$\delta_{TCO_i} = \frac{(U_{изм_i} - U_i) \cdot 100}{U_i}. \quad (3)$$

9.2.11 Вычисляют основную абсолютную погрешность преобразователей модификации HD1071 при преобразовании цифрового сигнала в выходной сигнал силы постоянного тока  $\Delta_{UIO_i}$ , мкА, по формуле

$$\Delta_{UIO_i} = (I_{изм_i} - I_{TC_i}) \cdot 1000, \quad (4)$$

где  $I_{TC_i}$  – значение силы постоянного тока, мА, соответствующее измеренному преобразователем значению сигнала термопары по ГОСТ Р 8.585–2001  $T_{изм_i}$ , °С, которое рассчитывают по формуле

$$I_{TC_i} = 4 + \frac{(T_{изм_i} - T_{min})}{(T_{max} - T_{min})} \cdot 16, \quad (5)$$

где  $T_{min}$  – нижний предел настроенного диапазона преобразования входного сигнала термопары по ГОСТ Р 8.585–2001, соответствующий значению выходного сигнала силы постоянного тока 4 мА, °С;

$T_{max}$  – верхний предел настроенного диапазона преобразования входного сигнала термопары по ГОСТ Р 8.585–2001, соответствующий значению выходного сигнала силы постоянного тока 20 мА, °С.

9.2.12 Повторяют операции по пунктам 9.2.8–9.2.11 для остальных контрольных точек.

9.2.13 Преобразователи соответствуют метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и результаты поверки по пункту 9.2 считают положительными, если:

– рассчитанные по формуле (2) значения основной абсолютной погрешности преобразователей модификации HD1071 при аналого-цифровом преобразовании сигналов термопар по ГОСТ Р 8.585–2001 или рассчитанные по формуле (3) значения основной относительной погрешности преобразователей модификации HD1071 при аналого-цифровом преобразовании сигналов термопар по ГОСТ Р 8.585–2001 не выходят за пределы, указанные в приложении А;

– рассчитанные по формуле (4) значения основной абсолютной погрешности преобразователей модификации HD1071 при преобразовании цифрового сигнала в выходной сигнал силы постоянного тока не выходят за пределы, указанные в приложении А.

### 9.3 Определение основной абсолютной погрешности преобразования сигналов напряжения постоянного тока

9.3.1 Поверку по пункту 9.3 проводят для преобразователей модификации HD1071, настроенных на преобразование сигналов напряжения постоянного тока.

9.3.2 Подключают калибратор к входным клеммам преобразователя в режиме воспроизведения сигналов напряжения постоянного тока в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.3.3 Подключают калибратор к выходным клеммам преобразователя в режиме измерения сигналов силы постоянного тока в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.3.4 К преобразователю подключают ПК с помощью кабеля Micro-USB или Bluetooth-адаптера. Запускают сервисное программное обеспечение, настраивают соединение с преобразователем.

9.3.5 Для поверки выбирают пять контрольных точек  $U_{эTi}$ , мВ, равномерно распределенных по диапазону преобразования входных сигналов напряжения постоянного тока (например, 0-5; 25; 50; 75; 95-100 % от диапазона).

9.3.6 С помощью калибратора задают электрический сигнал напряжения постоянного тока  $U_{эTi}$ , мВ, для первой контрольной точки.

9.3.7 После стабилизации показаний:

– с ПК считывают измеренное преобразователем значение сигнала напряжения постоянного тока  $U_{изм_i}$ , мВ;

– с дисплея калибратора считывают измеренное значение выходного сигнала силы постоянного тока преобразователя  $I_{изм_i}$ , мА.

9.3.8 Проверяют выполнение условия  $|0,5 \cdot U_{эTi}| \leq 15$  мкВ.

9.3.8.1 При выполнении условия согласно пункту 9.3.8, вычисляют основную абсолютную погрешность преобразователей модификации HD1071 при аналого-цифровом преобразовании сигналов напряжения постоянного тока  $\Delta_{U_{O_i}}$ , мкВ, по формуле

$$\Delta_{U_{O_i}} = (U_{изм_i} - U_{эTi}) \cdot 1000. \quad (6)$$

9.3.8.1 При невыполнении условия согласно пункту 9.3.8, вычисляют основную относительную погрешность преобразователей модификации HD1071 при аналого-цифровом преобразовании сигналов напряжения постоянного тока  $\delta_{U_{O_i}}$ , %, по формуле

$$\delta_{U_{O_i}} = \frac{(U_{изм_i} - U_{эTi}) \cdot 100}{U_i}. \quad (7)$$

9.3.9 Вычисляют основную абсолютную погрешность преобразователей модификации HD1071 при преобразовании цифрового сигнала в выходной сигнал силы постоянного тока  $\Delta_{U_{I_{O_i}}}$ , мкА, по формуле

$$\Delta_{U_{I_{O_i}}} = (I_{изм_i} - I_{U_i}) \cdot 1000, \quad (8)$$

где  $I_{U_i}$  – значение силы постоянного тока, мА, соответствующее измеренному преобразователем значению сигнала напряжения постоянного тока  $U_{изм_i}$ , мВ, которое рассчитывают по формуле

$$I_{U_i} = 4 + \frac{(U_{изм_i} - U_{min})}{(U_{max} - U_{min})} \cdot 16, \quad (9)$$

где  $U_{min}$  – нижний предел настроенного диапазона преобразования входного сигнала напряжения постоянного тока, соответствующий значению выходного сигнала силы постоянного тока 4 мА, мВ;

$U_{max}$  – верхний предел настроенного диапазона преобразования входного сигнала напряжения постоянного тока, соответствующий значению выходного сигнала силы постоянного тока 20 мА, мВ.

9.3.10 Повторяют операции по пунктам 9.3.6–9.3.9 для остальных контрольных точек.

9.3.11 Преобразователи соответствуют метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и результаты поверки по пункту 9.3 считают положительными, если:

– рассчитанные по формуле (6) значения основной абсолютной погрешности преобразователей модификации HD1071 при аналого-цифровом преобразовании сигналов напряжения постоянного тока или рассчитанные по формуле (7) значения основной относительной погрешности преобразователей модификации HD1071 при аналого-цифровом преобразовании сигналов напряжения постоянного тока не выходят за пределы, указанные в приложении А;

– рассчитанные по формуле (8) значения основной абсолютной погрешности преобразователей модификации HD1071 при преобразовании цифрового сигнала в выходной сигнал силы постоянного тока не выходят за пределы, указанные в приложении А.

#### 9.4 Определение основной абсолютной погрешности преобразования сигналов термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651–2009

9.4.1 Поверку по пункту 9.4 проводят для преобразователей модификации HD1072, настроенных на преобразование сигналов термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651–2009.

9.4.2 Подключают ММЭС к входным клеммам преобразователя в соответствии с руководством по эксплуатации по трехпроводной или четырехпроводной схеме подключения.

9.4.3 Подключают калибратор к выходным клеммам преобразователя в режиме измерения сигналов силы постоянного тока в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.4.4 К преобразователю подключают ПК с помощью кабеля Micro-USB или Bluetooth-адаптера. Запускают сервисное программное обеспечение, настраивают соединение с проверяемым преобразователем.

9.4.5 Для поверки выбирают пять контрольных точек  $T_i$ , °C, равномерно распределенных по настроенному диапазону преобразования сигнала термопреобразователя сопротивления по ГОСТ 6651–2009 (например, 0-5; 25; 50; 75; 95-100 % от диапазона).

9.4.6 Для настроенного в преобразователе типа и диапазона входного сигнала находят значения сопротивления  $R_i$ , Ом, соответствующие значениям температуры  $T_i$ , °C (в соответствии с типом номинальной статической характеристики по ГОСТ 6651–2009).

9.4.7 С помощью ММЭС устанавливают электрический сигнал сопротивления  $R_i$ , Ом, для первой контрольной точки (с учетом начального сопротивления ММЭС).

9.4.8 После стабилизации показаний:

– с ПК считывают измеренное преобразователем значение сигнала термопреобразователя сопротивления по ГОСТ 6651–2009  $T_{изм_i}$ , °C;

– с ПК считывают измеренное преобразователем значение сигнала электрического сопротивления  $R_{изм_i}$ , Ом, соответствующее значению температуры  $T_{изм_i}$ , °C;

– с дисплея калибратора считывают измеренное значение выходного сигнала силы постоянного тока преобразователя  $I_{изм_i}$ , мА.

9.4.9 Вычисляют основную абсолютную погрешность преобразователей модификации HD1072 при аналого-цифровом преобразовании входных сигналов термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651–2009  $\Delta_{RTD_{0i}}$ , Ом, по формуле

$$\Delta_{RTD_{0i}} = R_{изм_i} - R_i. \quad (10)$$

9.4.10 Вычисляют основную абсолютную погрешность преобразователей модификации HD1072 при преобразовании цифрового сигнала в выходной сигнал силы постоянного тока  $\Delta_{RIO_i}$ , мкА

$$\Delta_{RIO_i} = (I_{изм_i} - I_{RTD_i}) \cdot 1000, \quad (11)$$

где  $I_{RTD_i}$  – значение силы постоянного тока, мА, соответствующее измеренному преобразователем значению сигнала термопреобразователя сопротивления по ГОСТ 6651–2009  $T_{изм_i}$ , °C, которое рассчитывают по формуле

$$I_{RTD_i} = 4 + \frac{(T_{изм_i} - T_{min})}{(T_{max} - T_{min})} \cdot 16, \quad (12)$$

где  $T_{min}$  – нижний предел настроенного диапазона преобразования входного сигнала термопреобразователя сопротивления по ГОСТ 6651–2009, соответствующий значению выходного сигнала силы постоянного тока 4 мА, °C;

$T_{max}$  – верхний предел настроенного диапазона преобразования входного сигнала термопреобразователя сопротивления по ГОСТ 6651–2009, соответствующий значению выходного сигнала силы постоянного тока 20 мА, °C.

9.4.11 Повторяют операции по пунктам 9.4.7–9.4.10 для остальных контрольных точек.

9.4.12 Преобразователи соответствуют метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и результаты поверки по пункту 9.4 считают положительными, если:

– рассчитанные по формуле (10) значения основной абсолютной погрешности преобразователей модификации HD1072 при аналого-цифровом преобразовании входных

сигналов термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651–2009 не выходят за пределы, указанные в приложении А;

– рассчитанные по формуле (11) значения абсолютной погрешности преобразователей модификации HD1072 при преобразовании цифрового сигнала в выходной сигнал силы постоянного тока не выходят за пределы, указанные в приложении А.

### 9.5 Определение основной абсолютной погрешности преобразования сигналов электрического сопротивления

9.5.1 Поверку по пункту 9.5 проводят для преобразователей модификации HD1072, настроенных на преобразование сигналов электрического сопротивления.

9.5.2 Подключают ММЭС к входным клеммам преобразователя в соответствии с руководством по эксплуатации по трехпроводной или четырехпроводной схеме подключения.

9.5.3 Подключают калибратор к выходным клеммам преобразователя в режиме измерения сигналов силы постоянного тока в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.5.4 К преобразователю подключают ПК с помощью кабеля Micro-USB или Bluetooth-адаптера. Запускают сервисное программное обеспечение, настраивают соединение с проверяемым преобразователем.

9.5.5 Для поверки выбирают пять контрольных точек  $R_{эТ_i}$ , Ом, равномерно распределенных по диапазону преобразования входных сигналов электрического сопротивления (например, 0-5; 25; 50; 75; 95-100 % от диапазона).

9.5.6 С помощью ММЭС устанавливают электрический сигнал сопротивления  $R_{эТ_i}$ , Ом, для первой контрольной точки (с учетом начального сопротивления ММЭС).

9.5.7 После стабилизации показаний:

– с ПК считывают измеренное преобразователем значение сигнала электрического сопротивления  $R_{изм_i}$ , Ом;

– с дисплея калибратора считывают измеренное значение выходного сигнала силы постоянного тока преобразователя  $I_{изм_i}$ , мА.

9.5.8 Вычисляют основную абсолютную погрешность преобразователей модификации HD1072 при аналого-цифровом преобразовании сигналов электрического сопротивления  $\Delta_{Ro_i}$ , Ом, по формуле

$$\Delta_{Ro_i} = R_{изм_i} - R_i. \quad (13)$$

9.5.9 Вычисляют основную абсолютную погрешность преобразователей модификации HD1072 при преобразовании цифрового сигнала в выходной сигнал силы постоянного тока  $\Delta_{RIo_i}$ , мкА, по формуле

$$\Delta_{RIo_i} = (I_{изм_i} - I_{R_i}) \cdot 1000, \quad (14)$$

где  $I_{R_i}$  – значение силы постоянного тока, мА, соответствующее измеренному преобразователем значению сигнала электрического сопротивления  $R_{изм_i}$ , Ом, которое рассчитывают по формуле

$$I_{R_i} = 4 + \frac{(R_{изм_i} - R_{min})}{(R_{max} - R_{min})} \cdot 16, \quad (15)$$

где  $R_{min}$  – нижний предел настроенного диапазона преобразования входного сигнала электрического сопротивления, соответствующий значению выходного сигнала силы постоянного тока 4 мА, Ом;

$R_{max}$  – верхний предел настроенного диапазона преобразования входного сигнала электрического сопротивления, соответствующий значению выходного сигнала силы постоянного тока 20 мА, Ом.

9.5.10 Повторяют операции по пунктам 9.5.6–9.5.9 для остальных контрольных точек.

9.5.11 Преобразователи соответствуют метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и результаты поверки по пункту 9.5 считают положительными, если:

– рассчитанные по формуле (13) значения основной абсолютной погрешности преобразователей модификации HD1072 при аналого-цифровом преобразовании сигналов электрического сопротивления не выходят за пределы, указанные в приложении А;

– рассчитанные по формуле (14) значения основной абсолютной погрешности преобразователей модификации HD1072 при преобразовании цифрового сигнала в выходной сигнал силы постоянного тока не выходят за пределы, указанные в приложении А.

## **10 Оформление результатов поверки**

10.1 Результаты поверки оформляют в виде протокола поверки произвольной формы с указанием даты проведения поверки, условий проведения поверки, применяемых средств поверки, результатов поверки. Пломбирование преобразователей не предусмотрено.

10.2 Результаты поверки оформляют в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

10.3 По заявлению владельца преобразователя или лица, представившего его на поверку, при положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке (знак поверки наносится на свидетельство о поверке), при отрицательных результатах поверки – извещение о непригодности к применению.

10.4 При проведении поверки преобразователей в сокращенном объеме для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений (в соответствии с заявлением владельца), в сведениях о поверке, передаваемых в ФИФОЕИ, указывают информацию об объеме проведенной поверки.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное)

### Метрологические характеристики преобразователей измерительных HD1000

Метрологические характеристики преобразователей приведены в таблицах А.1–А.4.

Таблица А.1 – Метрологические характеристики преобразователей модификации HD1042

| Наименование параметра                                                  | Значение      |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Количество входов                                                       | 1             |
| Количество выходов                                                      | 1             |
| Диапазоны сигналов на входе                                             | от 4 до 20 мА |
| Диапазоны сигналов на выходе                                            | от 4 до 20 мА |
| Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности преобразований, мкА | $\pm 15$      |

Таблица А.2 – Метрологические характеристики преобразователей модификации HD1046

| Наименование параметра                                                  | Значение      |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Количество входов                                                       | 1             |
| Количество выходов                                                      | 1             |
| Диапазоны сигналов на входе                                             | от 4 до 20 мА |
| Диапазоны сигналов на выходе                                            | от 4 до 20 мА |
| Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности преобразований, мкА | $\pm 16$      |

Таблица А.3 – Метрологические характеристики преобразователей модификации HD1071

| Наименование параметра                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Значение                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Количество входов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1                                                                                                                                                                                                               |
| Количество выходов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1                                                                                                                                                                                                               |
| Диапазоны сигналов (мВ) от термопар по ГОСТ Р 8.585–2001 на входе <sup>1), 2)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | R: от -20 до +1750 °C;<br>J: от -200 до +1200 °C;<br>K: от -200 до +1370 °C;<br>B: от +600 до +1800 °C;<br>E: от -200 до +950 °C;<br>N: от -200 до +1300 °C;<br>S: от -20 до +1750 °C;<br>T: от -200 до +400 °C |
| Диапазоны сигналов напряжения на входе <sup>2)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | от -75 до 75 мВ                                                                                                                                                                                                 |
| Диапазоны сигналов на выходе                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | от 4 до 20 мА                                                                                                                                                                                                   |
| Пределы допускаемой основной погрешности аналого-цифрового преобразования входных сигналов (используют большее значение):<br>– абсолютной, мкВ<br>– относительной, %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | $\pm 15$<br>$\pm 0,05$                                                                                                                                                                                          |
| Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности преобразования цифрового сигнала в выходной сигнал силы постоянного тока, мкА                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $\pm 11$                                                                                                                                                                                                        |
| <sup>1)</sup> Уровень входного сигнала в мВ в соответствии с ГОСТ Р 8.585–2001.<br><sup>2)</sup> Указан максимальный диапазон измерений. Допускается использование преобразователей в поддиапазоне измерений, находящегося в пределах верхней и нижней границы указанного диапазона измерений. Конкретный диапазон измерений зависит от типа подключаемого датчика, настроек преобразователя и указывается в информационной табличке изготовителя, закрепленной на корпусе преобразователя. При этом для сигналов (мВ) от термопар интервал измерений должен быть не менее 50 °C. |                                                                                                                                                                                                                 |

Таблица А.4 – Метрологические характеристики преобразователей модификации HD1072

| Наименование параметра                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Значение                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Количество входов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Количество выходов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Диапазоны сигналов (Ом) от термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651–2009 на входе <sup>1), 2)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Pt100 ( $\alpha=0,00385\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ):<br>от -200 до +800 $^{\circ}\text{C}$ ;<br>Pt1000 ( $\alpha=0,00385\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ):<br>от -50 до +300 $^{\circ}\text{C}$ ;<br>Cu50 ( $\alpha=0,00428\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ):<br>от -50 до +150 $^{\circ}\text{C}$ |
| Диапазоны сигналов электрического сопротивления на входе <sup>2)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | от 1 до 2200 Ом                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Диапазоны сигналов на выходе                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | от 4 до 20 мА                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности аналого-цифрового преобразования входных сигналов, Ом:<br>– при преобразовании сигналов (Ом) от термопреобразователей сопротивления Pt100 и Cu50<br>– при преобразовании сигналов (Ом) от термопреобразователей сопротивления Pt1000 и сигналов электрического сопротивления                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $\pm 0,08$<br>$\pm 1$                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности преобразования цифрового сигнала в выходной сигнал силы постоянного тока, мкА                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $\pm 11$                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>Примечание – Принято следующее обозначение:<br/> <math>\alpha</math> – температурный коэффициент термопреобразователя сопротивления, <math>^{\circ}\text{C}^{-1}</math>.<br/> <sup>1)</sup> Уровень входного сигнала в Ом в соответствии с ГОСТ 6651–2009.<br/> <sup>2)</sup> Указан максимальный диапазон измерений. Допускается использование преобразователей в поддиапазоне измерений, находящегося в пределах верхней и нижней границы указанного диапазона измерений. Конкретный диапазон измерений зависит от типа подключаемого датчика, настроек преобразователя и указывается в информационной табличке изготовителя, закрепленной на корпусе преобразователя. При этом для сигналов (Ом) от термопреобразователей сопротивления интервал измерений должен быть не менее 50 <math>^{\circ}\text{C}</math>.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |