

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»  
Федеральное государственное унитарное предприятие  
**РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР**  
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики

**ЦЕНТР ИСПЫТАНИЙ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**  
**ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»**

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц  
RA.RU.311769

пр. Мира, д. 37, г. Саров, Нижегородская обл., 607188  
Телефон 83130 22224 Факс 83130 22232  
E-mail: nio30@olit.vniief.ru

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель ЦИ СИ,  
главный метролог РФЯЦ-ВНИИЭФ –  
начальник НИО



В.К. Дарымов

«21» 10 2022

Государственная система по обеспечению единства измерений

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ВИХРЕТОКОВЫЕ АР2210**

**Методика поверки**

**МП А3009.0442-2022**

## Содержание

|    |                                                                                                            |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Общие положения.....                                                                                       | 3  |
| 2  | Перечень операций поверки .....                                                                            | 4  |
| 3  | Требования к условиям проведения поверки .....                                                             | 4  |
| 4  | Требования к специалистам, осуществляющим поверку .....                                                    | 4  |
| 5  | Метрологические и технические требования к средствам поверки.....                                          | 4  |
| 6  | Требования по обеспечению безопасности проведения поверки.....                                             | 5  |
| 7  | Внешний осмотр .....                                                                                       | 5  |
| 8  | Подготовка к поверке и опробование .....                                                                   | 5  |
| 9  | Проверка программного обеспечения.....                                                                     | 6  |
| 10 | Определение метрологических характеристик и подтверждение<br>соответствия метрологическим требованиям..... | 7  |
| 11 | Оформление результатов поверки.....                                                                        | 11 |
|    | Приложение А (справочное) Перечень документов, на которые даны<br>ссылки в тексте методик поверки.....     | 12 |
|    | Приложение Б (справочное) Перечень принятых сокращений .....                                               | 13 |

## 1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее МП) распространяется на преобразователи вихретоковые АР2210.

Преобразователи вихретоковые АР2210 (далее – ПВТ) предназначены для измерений относительного линейного перемещения.

Принцип действия ПВТ основан на взаимодействии электромагнитного поля вихревых токов на поверхности контролируемого объекта с электромагнитным полем катушки индуктивности, изменяющем ее комплексное сопротивление.

Конструктивно ПВТ состоит из первичного преобразователя (далее – ПП) с катушкой индуктивности в диэлектрическом наконечнике, который играет роль чувствительного элемента, и согласующего устройства перемещения (далее – СУП). СУП вырабатывает сигнал возбуждения ПП и преобразует изменение комплексного сопротивления катушки индуктивности в электрический сигнал, пропорциональный зазору между торцом ПП и поверхностью контролируемого объекта. СУП имеет цифровой индикатор и унифицированный выход постоянного тока 4-20 мА для выдачи результатов измерений, возможность синхронизации работы, интерфейсы RS-485 и USB для регистрации результатов измерений и управления СУП, а также набор «сухих контактов» для управления внешними цепями. В качестве ПП применяется АЕ113.00.60.60.7. В качестве СУП применяется D220M-C.05.07.

Поверяемые средства измерений прослеживаются к государственному первичному эталону длины – метра ГЭТ 2-2021 в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2840 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-9}$  до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм».

МП устанавливает методику первичной и периодической поверок ПВТ методом прямых измерений. Первичной поверке ПВТ подвергаются при выпуске из производства и после ремонта. Организация и проведение поверки в соответствии с действующими нормативными документами.

МП не предусматривает проверку ПВТ в сокращённом объёме.

Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП, приведен в приложении А.

Перечень принятых сокращений приведен в приложении Б.

## 2 Перечень операций поверки

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

2.2 При получении отрицательного результата какой-либо операции поверки дальнейшая поверка не проводится, и результаты оформляются в соответствии с 11.2.

Таблица 1 – Перечень операций при поверке

| Наименование операции                                                                                                     | Номер пункта МП | Обязательность проведения при поверке |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|---------------|
|                                                                                                                           |                 | первичной                             | периодической |
| Внешний осмотр                                                                                                            | 7               | Да                                    | Да            |
| Подготовка к поверке и опробование                                                                                        | 8               | Да                                    | Да            |
| Проверка программного обеспечения                                                                                         | 9               | Да                                    | Да            |
| Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям                        | 10              | Да                                    | Да            |
| Проверка диапазона и пределов допускаемой основной приведенной погрешности измерений относительного линейного перемещения | 10.1            | Да                                    | Да            |

## 3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 18 до 25 °С;
- относительная влажность воздуха при температуре 20 °С не более 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт.ст.);
- напряжение питающей сети (230±23) В;
- частота питающей сети от (50±1) Гц.

## 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускается персонал, аттестованный в качестве поверителей, изучивший ЭД на ПВТ, данную МП и имеющий опыт работы с оборудованием, перечисленным в таблице 2.

## 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют СИ и оборудование, приведенные в таблице 2.

5.2 Допускается использовать другие СИ и оборудование, обеспечивающие требуемые диапазоны и требуемую точность передачи единиц величин поверяемому СИ.

5.3 Все применяемые СИ должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке и/или зарегистрированы в Федеральном фонде по обеспечению единства измерений.

Таблица 2 – Перечень средств измерений, применяемых при поверке

| Наименование СИ                   | Требуемые характеристики            |                         | Рекомендуемый тип              | Кол-во | Пункт МП     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------|--------------|
|                                   | Диапазон измерений                  | Погрешность измерений   |                                |        |              |
| Стенд линейных перемещений        | от 0 до 4 мм                        | $\pm 20$ мкм            | ИТ21-160<br>(рег. № 41183-15)  | 1      | 8.2,<br>10.1 |
| Мультиметр цифровой               | от 1 до 100 мА                      | $\pm 0,1$ %             | 34410А<br>(рег. № 47717-11)    | 1      |              |
| Источник питания постоянного тока | (24 $\pm$ 2) В,<br>200 мА           | $\pm 0,5$ %             | PSP-405<br>(рег. № 25347-11)   | 1      |              |
| Барометр-анероид контрольный      | от 630 до 795 мм рт.ст.             | $\pm 1$ мм рт.ст.       | М-67<br>(рег. № 3744-73)       | 1      | 8.1.2        |
| Прибор комбинированный            | от 30 до 80 %, от 16 до 40 °С       | $\pm 3$ %, $\pm 0,5$ °С | Testo 610<br>(рег. № 53505-13) | 1      |              |
| Мультиметр цифровой               | от 207 до 253 В, от 49,5 до 50,5 Гц | $\pm 1$ %, $\pm 0,1$ Гц | 34410А<br>(рег. № 47717-11)    | 1      |              |

## 6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо руководствоваться «Правилами устройства установок» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей». Меры безопасности при подготовке и проведении измерений должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0.

6.2 При проведении поверки должны быть выполнены все требования безопасности, указанные в ЭД на ПВТ, средства поверки и испытательное оборудование. Все используемое оборудование должно иметь защитное заземление.

## 7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре необходимо установить:

- соответствие маркировки изделия требованиям ЭД;
- соответствие заводского номера паспортным данным;
- отсутствие механических повреждений разъемов, соединительных кабелей и электронного оборудования.

7.2 При наличии вышеуказанных дефектов испытания не проводят до их устранения. Если дефекты устранить невозможно, ПВТ бракуют.

## 8 Подготовка к поверке и опробование

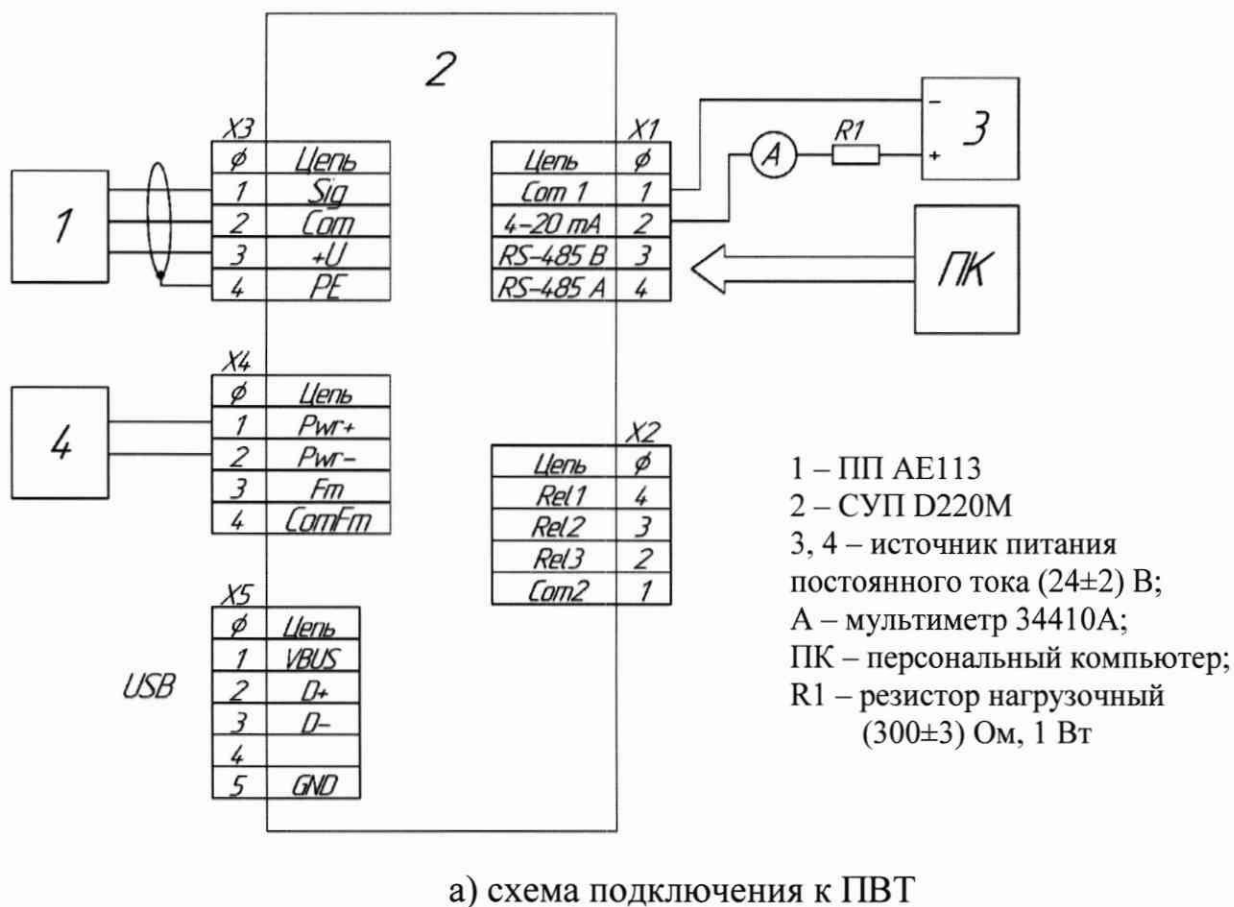
### 8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением поверки и опробованием подготавливают СИ и оборудование к работе в соответствии с ЭД на них. При колебаниях температур в складских и рабочих помещениях в пределах более 10 °С необходимо выдержать полученный со склада ПВТ не менее двух часов в нормальных условиях.

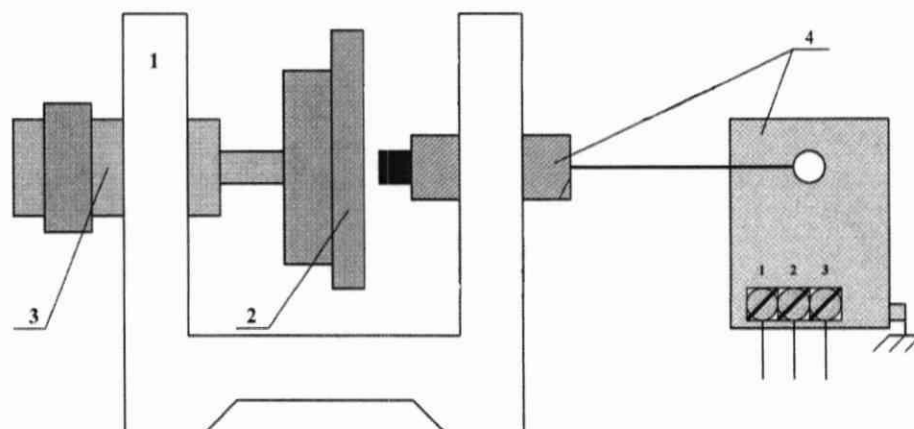
8.1.2 Проверяют сведения о результатах поверки СИ, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и/или наличие действующих свидетельств о поверке на СИ применяемых при поверке, а также соответствие условий поверки разделу 3.

## 8.2 Опробование

8.2.1 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1. На источнике питания устанавливают напряжение постоянного тока ( $24 \pm 2$ ) В. Устанавливают ПП поверяемого ПВТ на стенд задания перемещения. Положение микрометра (3), и поверяемого ПП относительно друг друга должно быть таким, чтобы обеспечивался весь диапазон измерений относительного линейного перемещения (расстояния). Включают и прогревают измерительные приборы в соответствии с ЭД на них. Мультиметр 34410А переводят в режим измерений силы постоянного тока.



а) схема подключения к ПВТ



- 1 – стенд линейных перемещений (показан условно); 3 – микрометр;  
 2 – образец (марка стали приведена в паспорте); 4 – испытуемый ПВТ

б) функциональная схема измерений

Рисунок 1 – Схема измерений

8.2.2 Вращением микрометрического винта (3) добиваются соприкосновения образца (2) и торца ПП поверяемого ПВТ, без усилия – по срабатыванию трещотки.

8.2.3 Совершают четыре полных оборота микрометрического винта (3) для установления зазора между стальным образцом (2) и торцом ПП около 2 мм.

8.2.4 ПВТ считают прошедшим опробование с положительным результатом, если происходит изменение показаний по цифровому индикатору и увеличение уровня сигнала по унифицированному токовому выходу.

## 9 Проверка программного обеспечения

9.1 Проверку программного обеспечения (далее – ПО) проводят в соответствии с 4.1 АБКЖ.00038-01 34 «Программное обеспечение «APConfiguratorGt». Руководство оператора». Цифровой идентификатор ПО рассчитывается автоматически при каждом запуске ПО «APConfiguratorGt». Для вызова окна с информацией о версии ПО и результатов расчета цифрового идентификатора необходимо в меню выбрать пункт «О программе». Пример всплывающего окна приведён на рисунке 1.

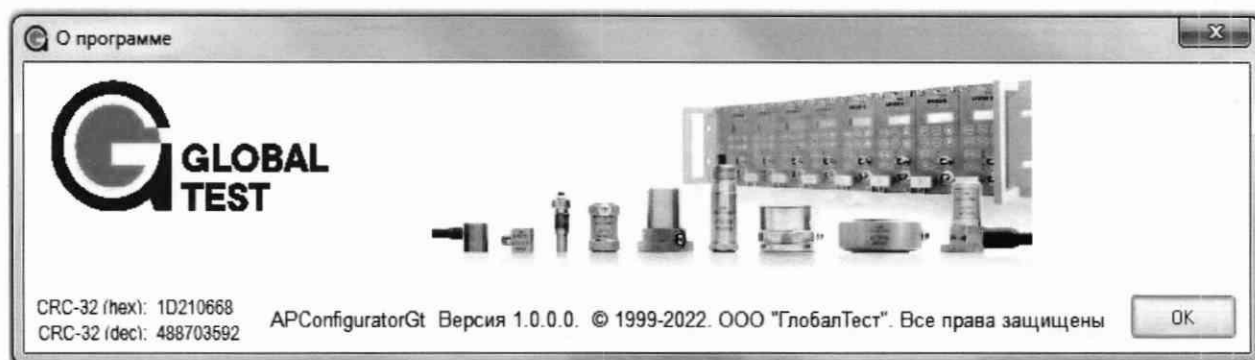


Рисунок 1 – Пример окна с информацией о ПО

9.2 ПВТ считают прошедшим проверку с положительным результатом, если цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода) соответствует указанному в паспорте.

## 10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям

10.1 Проверка диапазона и пределов допускаемой основной приведенной погрешности измерений относительного линейного смещения

10.1.1 Выполняют 8.2.1, 8.2.2.

10.1.2 В соответствии с руководством оператора АБКЖ.00038-01 34 для СУП устанавливают параметры работы в соответствии с таблицей 3.

Примечание – Допускается проводить поверку при значениях параметров СУП, соответствующих реальным условиям эксплуатации ПВТ.

10.1.3 Вращением микрометрического винта устанавливают начальный зазор  $L_n$  по нулевым показаниям цифрового индикатора, соответствующий середине диапазона измерений расстояния между торцом ПП и образцом.

В таблицу 4 записывают значения  $L_n$ , мкм, измеренное по шкале микрометрического винта установки, значения измеренного расстояния по цифровому индикатору ПВТ  $L_{Иизм.i}$ , мм, и измеренный ток по унифицированному токовому выходу  $I_{изм.i}$ , мА.

Таблица 3

|                                                                       |                                           |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Предупреждающий порог срабатывания (Rel 1), мкм                       | 1500                                      |
| Аварийный порог срабатывания (Rel 2), мкм                             | 2000                                      |
| Дополнительный порог срабатывания (Rel 3), мкм                        | 500                                       |
| Длительность нахождения за предупреждающим порогом до срабатывания, с | 0                                         |
| Длительность нахождения за аварийным порогом до срабатывания, с       | 0                                         |
| Длительность нахождения за дополнительным порогом до срабатывания, с  | 0                                         |
| Направление сравнения с предупреждающим порогом срабатывания          | Превышение                                |
| Направление сравнения с аварийным порогом срабатывания                | Превышение                                |
| Направление сравнения с дополнительным порогом срабатывания           | Превышение                                |
| Нормальное состояние контактов реле предупреждающего уровня           | Разомкнуты                                |
| Нормальное состояние контактов реле аварийного уровня                 | Разомкнуты                                |
| Нормальное состояние контактов реле дополнительного уровня            | Разомкнуты                                |
| Блокировка сработавших контактов реле предупреждающего уровня         | Нет                                       |
| Блокировка сработавших контактов реле аварийного уровня               | Нет                                       |
| Блокировка сработавших контактов реле дополнительного уровня          | Нет                                       |
| Задержка контроля при старте, с                                       | Нет                                       |
| Режим работы индикатора предупреждения                                | Горит за предупреждающим уровнем          |
| Режим работы индикатора аварии                                        | Горит при нахождении за аварийным уровнем |

10.1.4 Вращением микрометрического винта стенда приблизить образец к торцу ПП на первое рекомендуемое значение расстояния  $L_{рек1}$  из таблицы 4, отсчитываемое от значения начального зазора  $L_n$ .

В таблицу 3 записывают значение  $L_{ИМi}$ , мкм, измеренное по шкале микрометрического винта установки, значение  $L_{зad i}$ , мм, от  $L_n$ , рассчитанное по формуле (1), значение измеренного расстояния по цифровому индикатору  $L_{Иизм.i}$ , мм, и измеренный ток по унифицированному токовому выходу  $I_{изм.i}$ , мА

Примечание – Значение расстояния со знаком «минус», отсчитываемое от значения начального зазора  $L_n$ , указывает на приближение образца к торцу ПП.

10.1.5 Заданное расстояние  $L_{зad i}$ , мм, вычисляют по формуле

$$L_{зad i} = L_{ИМi} - L_n, \quad (1)$$

где  $L_n$  – значение начального зазора, измеренное по шкале микрометрического винта установки, мм;

$L_{ИМi}$  –  $i$ -е рекомендуемое значение перемещения образца от середины диапазона, измеренное по шкале микрометрического винта установки, мм.

Таблица 4 – Определение основной приведенной погрешности измерений

| Параметр           | Рекомендуемое значение перемещения образца от середины диапазона на $L_{рекi}$ , мм, при начальном зазоре 2500 мкм |              |              |            |              |              |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|
|                    | $L_{мин}$                                                                                                          | $L_{рек2}$   | $L_{рек1}$   | $L_{рек0}$ | $L_{рек3}$   | $L_{макс}$   |
|                    | -2,000                                                                                                             | -1,500       | -1,000       | 0          | +1,000       | +2,000       |
| $L_{ИМi}$ , мкм    | $L_n - 2000$                                                                                                       | $L_n - 1500$ | $L_n - 1000$ | $L_n$      | $L_n + 1000$ | $L_n + 2000$ |
| $L_{задi}$ , мм    |                                                                                                                    |              |              |            |              |              |
| $I_{изм.i}$ , мА   |                                                                                                                    |              |              |            |              |              |
| $L_{li}$ , мм      |                                                                                                                    |              |              |            |              |              |
| $L_{Иизм.i}$ , мм  |                                                                                                                    |              |              |            |              |              |
| $\delta_{Lli}$ , % |                                                                                                                    |              |              |            |              |              |
| $\delta_{Li}$ , %  |                                                                                                                    |              |              |            |              |              |

10.1.6 Повторяют операции по 10.1.4 для всех значений расстояний, указанных в таблице 4.

10.1.7 Измеренное ПВТ расстояние по унифицированному токовому выходу  $L_{li}$ , мм, рассчитывают по формуле

$$L_{li} = K1 + K2 \cdot I_{изм.i} = -3 + 0,25 \cdot I_{изм.i}, \quad (2)$$

где  $I_{изм.i}$  –  $i$ -й измеренный выходной ток ПВТ, мА;

$K1$  – коэффициент рассчитанный по формуле (3), мм

$$K1 = L_{мин} - \frac{L_{макс} - L_{мин}}{I_{макс} - I_{мин}} \cdot I_{мин}; \quad (3)$$

$L_{мин}$  – минимальное значение диапазона измерений по цифровому индикатору, минус 2 мм;

$L_{макс}$  – максимальное значение диапазона измерений по цифровому индикатору, плюс 2 мм;

$I_{мин}$  – минимальное значение измеряемого тока, 4 мА;

$I_{макс}$  – максимальное значение измеряемого тока, 20 мА;

$K2$  – коэффициент рассчитанный по формуле (4), мм/мА

$$K2 = \frac{L_{макс} - L_{мин}}{I_{макс} - I_{мин}}. \quad (4)$$

10.1.8 Основную приведенную к диапазону погрешность измерений по цифровому индикатору  $\delta_{Li}$ , %, рассчитывают по формуле

$$\delta_{Li} = \frac{L_{Иизмi} - L_{задi}}{|L_{макс} - L_{мин}|} \cdot 100, \quad (5)$$

где  $L_{Иизмi}$  –  $i$ -ое измеренное расстояние из таблицы 4 по цифровому индикатору мм;

$L_{задi}$  –  $i$ -ое, заданное расстояние из таблицы 4, мм.

$|L_{макс} - L_{мин}|$  – диапазон измерений, 4 мм.

10.1.9 Основную приведенную погрешность измерений по унифицированному токовому выходу  $\delta_{Lli}$ , %, рассчитывают по формуле

$$\delta_{Lli} = \frac{L_{li} - L_{задi}}{|L_{макс} - L_{мин}|} \cdot 100, \quad (6)$$

где  $L_{li}$  –  $i$ -ое измеренное расстояние из таблицы 4 по унифицированному токовому выходу, мм;

$L_{задi}$  –  $i$ -ое, заданное расстояние из таблицы 4, мм.

$|L_{макс} - L_{мин}|$  – диапазон измерений, 4 мм.

10.1.10 Определяют пределы основной приведенной погрешности  $\delta$ , %, измерения по цифровому индикатору и по токовому выходу по формуле

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{изм}^2 + \delta_{эт}^2 + \delta_I^2}, \quad (7)$$

где  $\delta_{изм}$  – максимальное значение основной приведенной погрешности  $\delta_{Li}$  или  $\delta_{Lli}$ , вычисленной по формулам (6) или (7) соответственно, %;

$\delta_{эт}$  – погрешность задания расстояния, %;

$\delta_I$  – погрешность измерения силы постоянного тока (определяется классом точности прибора, используется только при расчете погрешности по токовому выходу), %.

10.1.11 ПВТ считают прошедшим поверку с положительным результатом, если основная приведенная погрешность измерений относительного линейного перемещения находится в пределах:

- $\pm 2,5$  % по цифровому индикатору;
- $\pm 3,0$  % по унифицированному токовому выходу.

## 11 Оформление результатов поверки

11.1 Оформление результатов поверки проводят в соответствии с требованиями системы менеджмента качества организации, проводившей поверку.

Протокол поверки оформляют в произвольной форме.

11.2. Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.3 При положительных результатах поверки при необходимости оформляют свидетельство о поверке

При необходимости проводят пломбирование СУП. Пломбирование ПП не предусмотрено.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и (или) паспорт.

11.4 ПВТ, не прошедший поверку, к применению не допускают. На него выдают извещение о непригодности по форме, установленной системой менеджмента качества организации, проводившей поверку.

Начальник КИЛ  
ООО «ГлобалТест»



Р.В. Ромадов

Ведущий инженер-исследователь  
ЦИ СИ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»



Д.В. Зверев

**Приложение А**  
**(справочное)**  
**Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП**

| Обозначение документа, на который дана ссылка    | Наименование документа, на который дана ссылка                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ГОСТ 12.2.007.0-75                               | ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности                                                                                                |
| Приказ Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2840 | Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм |
|                                                  | Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (утверждены приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 г. № 6)                                         |
|                                                  | Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 г. № 903н)         |

**Приложение Б**  
**(справочное)**  
**Перечень принятых сокращений**

ГПС – государственная поверочная схема;  
МП – методика поверки;  
ПО – программное обеспечение;  
ПП – первичный преобразователь АЕ113.00.60.60.7;  
ПВТ – преобразователь вихретоковый АР2210;  
СИ – средства измерения;  
СУП – согласующее устройство перемещения D220M-C.05.07;  
ЭД – эксплуатационная документация.