

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



М.п.

«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 соответствия метрологическим требованиям.....	7
11	Оформление результатов поверки.....	11
	Приложение А (справочное) Перечень документов, на которые даны 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	± 20 мкм	ИТ21-160 (рег. № 41183-15)	1	8.2, 10.1
Мультиметр цифровой	от 1 до 100 мА	$\pm 0,1$ %	34410А (рег. № 47717-11)	1	
Источник питания постоянного тока	(24 \pm 2) В, 200 мА	$\pm 0,5$ %	PSP-405 (рег. № 25347-11)	1	
Барометр-анероид контрольный	от 630 до 795 мм рт.ст.	± 1 мм рт.ст.	М-67 (рег. № 3744-73)	1	8.1.2
Прибор комбинированный	от 30 до 80 %, от 16 до 40 °С	± 3 %, $\pm 0,5$ °С	Testo 610 (рег. № 53505-13)	1	
Мультиметр цифровой	от 207 до 253 В, от 49,5 до 50,5 Гц	± 1 %, $\pm 0,1$ Гц	34410А (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 разъёмов, 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

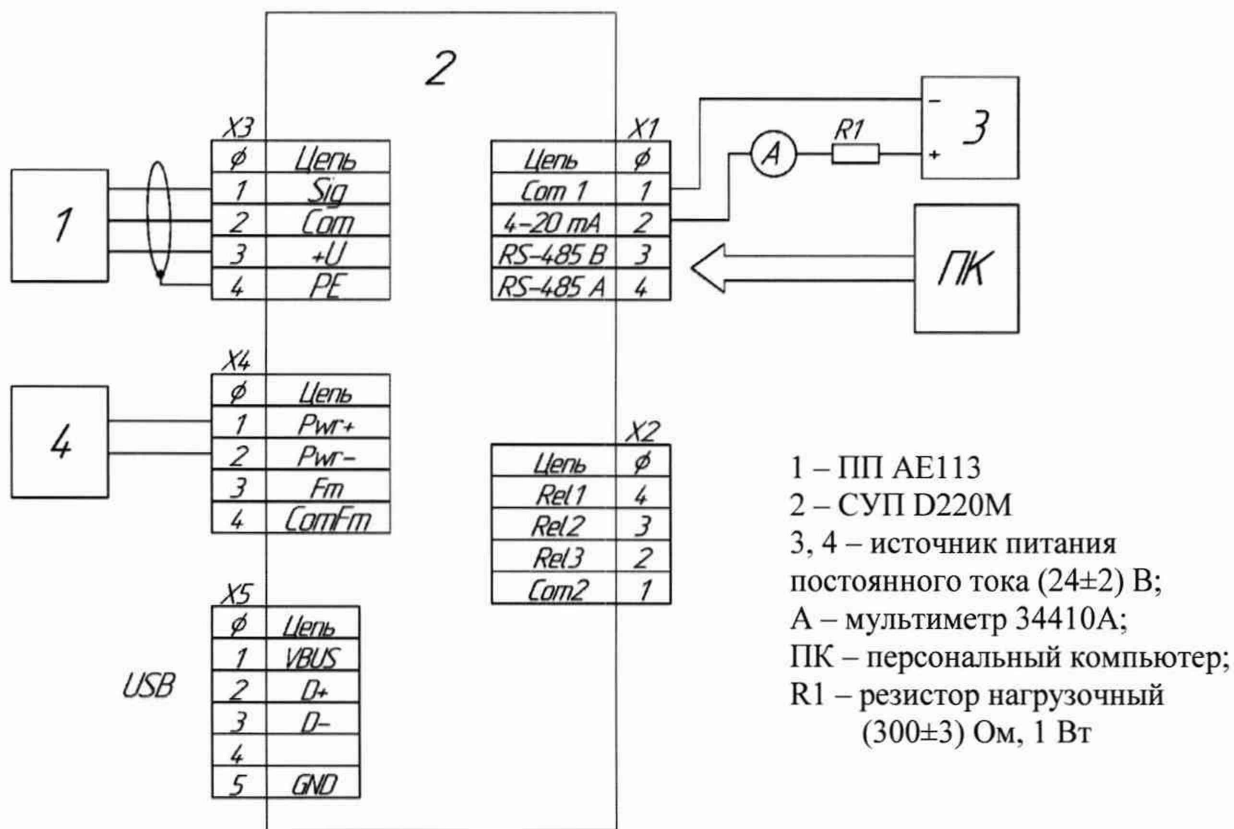
8.1 Подготовка к поверке

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.

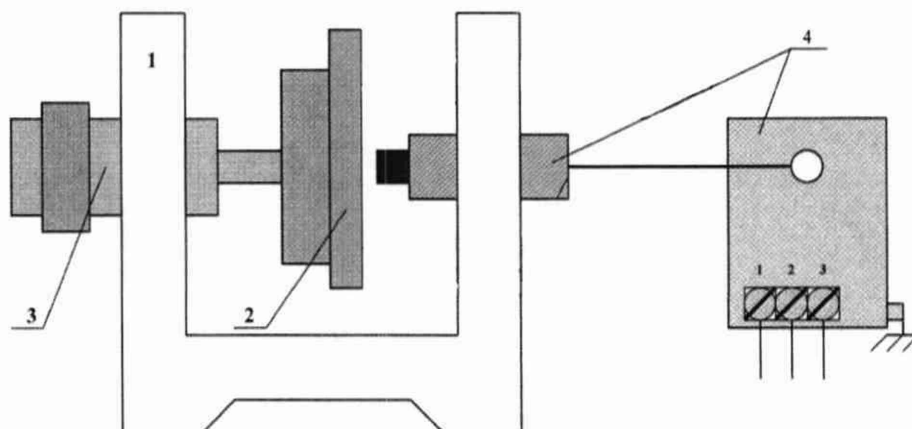
8.1.2 Проверяют сведения о результатах поверки СИ, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и/или наличие действующих свидетельств о поверке на СИ применяемых при поверке, а также соответствие условий поверки разделу 3.

8.2 Опробование

8.2.1 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1. На источнике питания устанавливают напряжение постоянного тока (24 ± 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 приведен на рисунке 1.

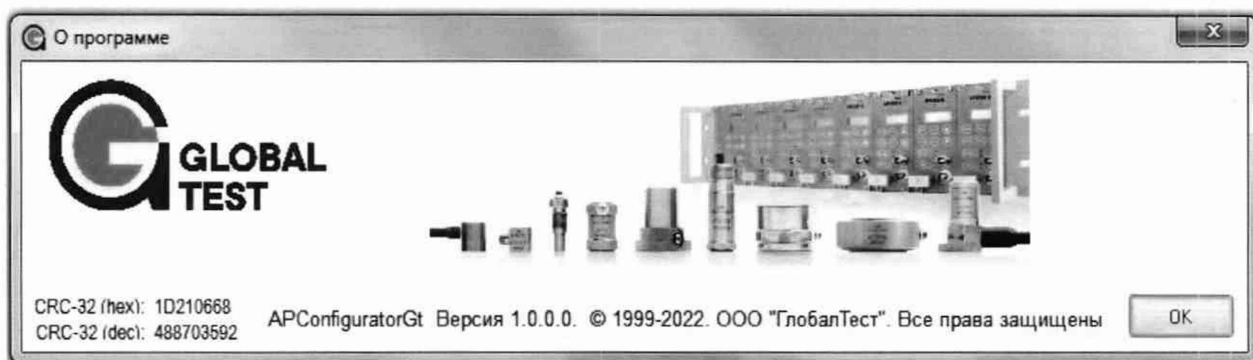


Рисунок 1 – Пример окна с информацией о ПО

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 $L_{задi}$, 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 $L_{задi}$, мм, вычисляют по формуле

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

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	$L_H - 2000$	$L_H - 1500$	$L_H - 1000$	L_H	$L_H + 1000$	$L_H + 2000$
$L_{задi}$, мм						
$I_{изм.i}$, мА						
L_{li} , мм						
$L_{Иизм.i}$, мм						
δ_{Lli} , %						
δ_{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 δ_{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 δ_{Li} , %, рассчитывают по формуле

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

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 δ , %, измерения по цифровому индикатору и по токовому выходу по формуле

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

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

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

δ_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.