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.314755
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.

«25» 06 2026 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Модули сбора данных D020

Методика поверки

МП А3009.0612-2026

г. Саров
2026 г.

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.....6
7 Внешний осмотр 6
8 Проверка программного обеспечения..... 6
9 Подготовка к поверке и опробование..... 7
10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям 8
11 Оформление результатов поверки 11
Приложение А (справочное) Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте методики поверки..... 12
Приложение Б (справочное) Перечень принятых сокращений 13

1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на модули сбора данных D020.

Модули сбора данных D020 (далее по тексту – модуль) предназначены для измерений сигналов заряда при использовании совместно с первичными пьезоэлектрическими измерительными преобразователями.

Принцип действия модуля основан на преобразовании входного аналогового сигнала заряда в цифровой сигнал с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) одновременно по трём измерительным каналам.

Прослеживаемость при поверке обеспечивается в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 18 августа 2023 г. № 1706, к государственному первичному специальному эталону единицы электрического напряжения ГЭТ 89-2008 и в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360, к государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2022.

МП устанавливает методику первичной и периодической поверок модулей методом прямых измерений в соответствии с ГПС, утверждёнными приказами Росстандарта: № 1706 от 18 августа 2023 г. и № 2360 от 26 сентября 2022 г.

Организация и проведение поверки в соответствии с действующими нормативными документами.

МП допускает возможность проведения периодической поверки отдельных измерительных каналов, оговоренных в заявке на поверку, с обязательным указанием информации об объёме проведенной поверки в сведениях, передаваемых в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

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 11.4.

Таблица 1 – Перечень операций при поверке

Наименование операции	Номер пункта МП	Обязательность проведения при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	7	Да	Да
Проверка программного обеспечения	8	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	10	Да	Да
Проверка диапазона и определение пределов основной относительной погрешности измерений заряда на базовой частоте	10.1	Да	Да
Проверка диапазона рабочих частот и неравномерности частотной характеристики	10.2	Да	Да
Проверка диапазона и определение пределов основной относительной погрешности измерений частоты	10.3	Да	Да
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	10.4	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 окружающего воздуха не более 80 %.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускается персонал, изучивший ЭД на модуль, 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 при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, СИ утверждённого типа, поверенные и удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень СИ и оборудования, применяемых при поверке

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.1.2	СИ температуры окружающего воздуха в диапазоне от 15 °С до 25 °С, абсолютная погрешностью измерений в пределах ±1 °С	Прибор комбинированный Testo 622 (рег. № 53505-13)
	СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 40 до 80 %, относительная погрешность измерений в пределах ±3 %	
8,2, 10.1	Рабочий эталон 3-го разряда в соответствии с ГПС[1)] в диапазоне воспроизведений напряжений переменного тока от 20 мВ до 10 В и в диапазоне частот от 5 до 5000 Гц. Относительная погрешность в пределах ±0,5 %	Калибратор универсальный Н4-16 (рег. № 46627-11)
10.2, 10.3	Рабочий эталон 5-го разряда в соответствии с ГПС[2)] в диапазоне частот от 5 до 5000 Гц, относительная погрешность по частоте опорного генератора в пределах ± $5 \cdot 10^{-5}$	Генератор сигналов низкочастотный прецизионный Г3-110 (рег. № 5460-76)
	Рабочий эталон 3-го разряда в соответствии с ГПС[1)] в диапазоне измерений напряжения переменного тока от 20 мВ до 10 В и в диапазоне частот от 5 до 5000 Гц, относительная погрешность в пределах ±0,5 %	Мультиметр цифровой 34410A (рег. № 47717-11)
8,2, 10.1, 10.2, 10.3	Преобразователь USB/RS-485	Формирователь сигнала А181[3)]
	Номинальная емкость 1000 пФ ±0,25 %	Адаптер А520[3)]
	Технологический разветвитель	Кабель 41C1D3[3)]
	Кабель соединительный (от D020 к А181)	Кабель 56P1A4[3)]
	Кабель USB от А181 к ПК	Кабель USB 2.0
	Операционная система Microsoft® Windows® 8/10/11 (32/64-х разрядных); тактовая частота процессора – 200 МГц и более; наличие интерфейса USB 2.0; оперативная память – 512Мб и более; свободное место на жёстком диске – не менее 100 Мб; USB-порт.	Персональный компьютер

[1)] – приказ Росстандарта от 18 августа 2023 г. № 1706.
[2)] – приказ Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360.
[3)] – из комплекта принадлежностей.

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

6.2 При проведении поверки должны быть выполнены все требования безопасности, указанные в ЭД на модуль, средства поверки и вспомогательное оборудование.

Средства поверки и вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление, если это предусмотрено ЭД.

7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре необходимо установить:

- соответствие внешнего вида и маркировки изделия требованиям ОТ;
- соответствие заводского номера паспортным данным;
- наличие и целостность пломбы-этикетки на корпусе модуля предотвращающей несанкционированный доступ к элементам регулировки;
- отсутствие механических повреждений корпуса, соединительных жгутов и разъёмов.

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

8 Проверка программного обеспечения

8.1 Цифровой идентификатор ПО рассчитывается автоматически при каждом запуске ПО «D020». Номер версии (идентификационный номер), алгоритм вычисления цифрового идентификатора и цифровой идентификатор (контрольная сумма исполняемого кода) ПО отображается в левом нижнем углу окна программы «D020» во вкладке «Инструкция». Пример окна приведён на рисунке 1.

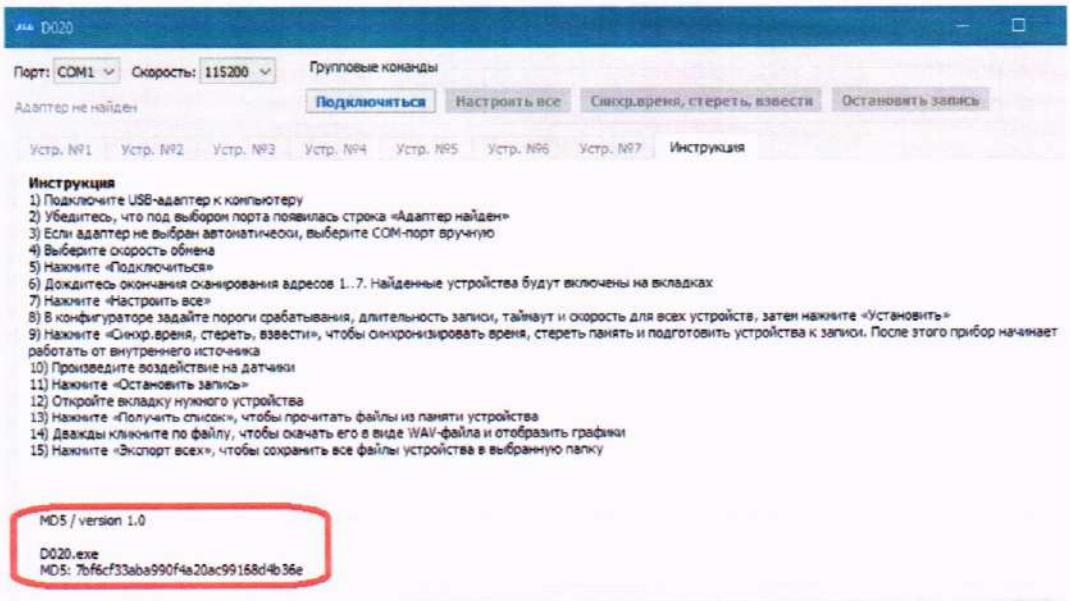

Рисунок 1 – Пример окна с информацией о ПО

8.2 Модуль считают прошедшим проверку с положительным результатом, если цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода) соответствует указанной в паспорте.

9 Подготовка к поверке и опробование

9.1 Подготовка к поверке

9.1.1 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 модуль не менее двух часов в нормальных условиях.

9.1.2 Для СИ, применяемых при поверке, проверяют наличие действующих записей сведений о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений и/или наличие действующих свидетельств о поверке, а также соответствие условий поверки разделу 3.

9.2 Опробование

9.2.1 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1. С помощью технологического разветвителя (кабель 41C1D3) к каналу «X» модуля через адаптер A520 подключают выход калибратора. Выход модуля через кабель 56P1A4 подключают к преобразователю USB/RS-485 (формирователь A181). Включают и прогревают СИ в соответствии с их ЭД. В соответствии с ЭД запускают ПО «D020» и входят в режим измерений.

9.2.2 В соответствии с ЭД в ПО «D020» на каждом измерительном канале устанавливают коэффициент преобразования первичного преобразователя 1 пКл/(м·с$^{-2}$), для этого в окне «Настройка чувствительности» установить значение «1,000000».

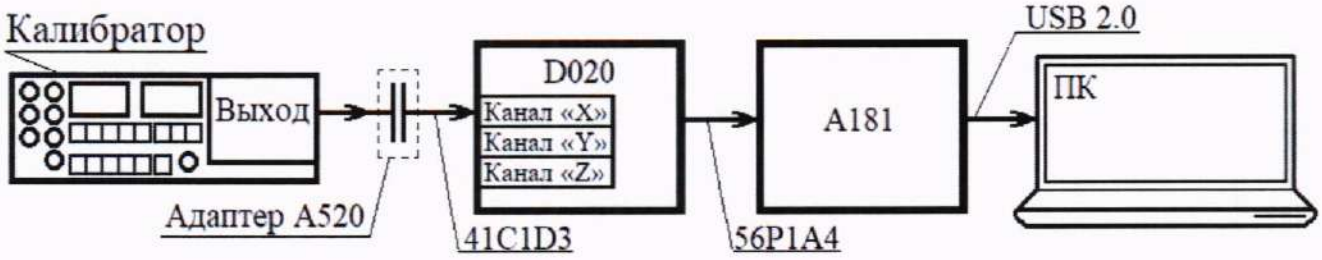

Рисунок 1 – Схема измерений

9.2.3 Задают с калибратора на частоте 1000 Гц СКЗ выходного напряжения 1000 мВ.

9.2.4 С экрана ПК считывают показания СКЗ ускорения $A_{изм.i}$, м/с^2 (канал «X»). Пример окна ПО «D020» приведён на рисунке 2,

Примечание – Результат измерений входного заряда на экране монитора ПК представлен в единицах ускорения в соответствии с формулой

$$A_{изм} = \frac{Q_{вх}}{K_{пр}} = \frac{U_{вых} \cdot C_A}{K_{пр}}, \quad (1)$$

где $A_{изм}$ – значение измеренного модулем ускорения, м/с^2;

$Q_{вх}$ – значение входного заряда, пКл;

$K_{пр}$ – коэффициент преобразования первичного преобразователя, 1 пКл/(м·с$^{-2}$);

$U_{вых}$ – выходное напряжение калибратора, В;

C_A – емкость используемого адаптера, 1000 пФ.

Таким образом измеренная модулем величина СКЗ ускорения 1 м/с^2 соответствует величине СКЗ входного заряда 1 пКл при установленном СКЗ напряжения 1 мВ на выходе калибратора.

9.2.5 Повторяют операции по 9.2.3-9.2.4 для всех измерительных каналов модуля (каналы «Y» и «Z»).

9.2.6 Модуль считают прошедшим опробование с положительным результатом, если регистрация входного сигнала прошла успешно по всем каналам и величина измеренного ускорения составила (1000±100) м/с^2.

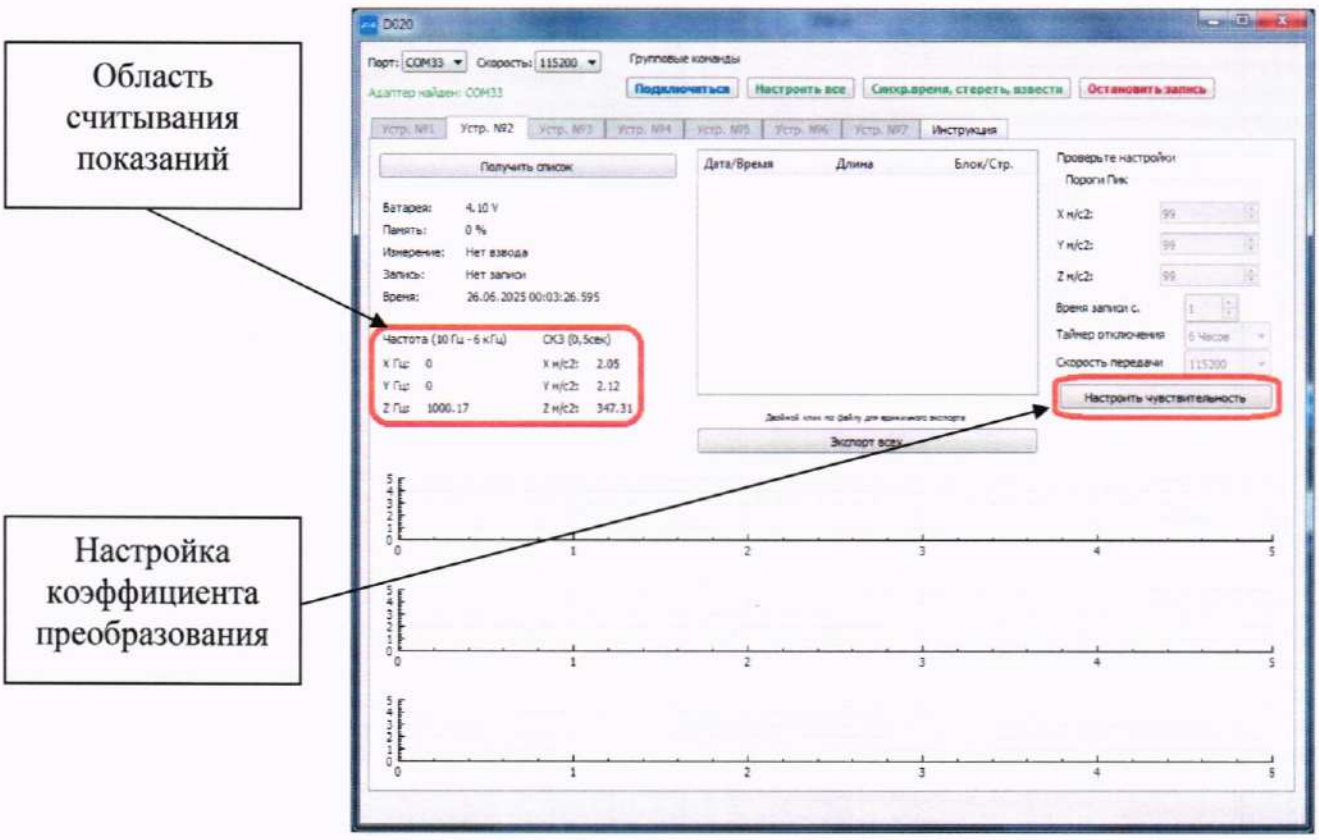

Рисунок 2 – Пример окна ПО «D020»

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям

10.1 Проверка диапазона и определение пределов основной относительной погрешности измерений заряда на базовой частоте

10.1.1 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1. С помощью технологического разветвителя к каналу «X» модуля через адаптер A520 подключают выход калибратора. Включают и прогревают СИ в соответствии с их ЭД.

10.1.2 В соответствии с ЭД в ПО «D020» на каждом измерительном канале устанавливают коэффициент преобразования 1 пКл/(м·с$^{-2}$).

10.1.3 На частоте 1 кГц подают с калибратора первое рекомендуемое СКЗ напряжения $U_{рек.i}$, мВ, из таблицы 3.

Таблица 3 – Результаты измерений и расчётов

$U_{рек.i}$, мВ	20	50	100	200	500	1000	2000	4000	5000
$U_{зад.i}$, мВ									
$A_{изм.i}$, м/с^2									
δ_{AXi}, %									

10.1.4 С экрана ПК считывают показания СКЗ $A_{изм.i}$, м/с^2 (канал «X»). Результаты измерений заносят в таблицу 3.

10.1.5 Относительную погрешность измерений заряда δ_{AXi}, %, на базовой частоте 1 кГц вычисляют по формуле

$$\delta_{AXi} = \frac{A_{изм.i} - U_{зад.i}}{U_{зад.i}} \cdot 100, \qquad (2)$$

где $A_{изм.i}$ – i-е измеренное модулем СКЗ ускорения, м/с^2;

$U_{зад.i}$ – i-е подаваемое на вход модуля СКЗ напряжения, мВ.

10.1.6 Повторяют операции по 10.1.3 – 10.1.5 для всех рекомендуемых напряжений $U_{рек.i}$ из таблицы 3.

10.1.7 Повторяют операции по 10.1.1 – 10.1.6 для всех измерительных каналов модуля (каналы «Y» и «Z»).

10.1.8 Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если основная относительная погрешность измерений заряда находится в пределах ±2 %.

10.2 Проверка диапазона рабочих частот и неравномерности частотной характеристики

10.2.1 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 3. С помощью технологического разветвителя к каналу «X» модуля через адаптер A520 подключают выход генератора. Включают и прогревают СИ в соответствии с их ЭД.

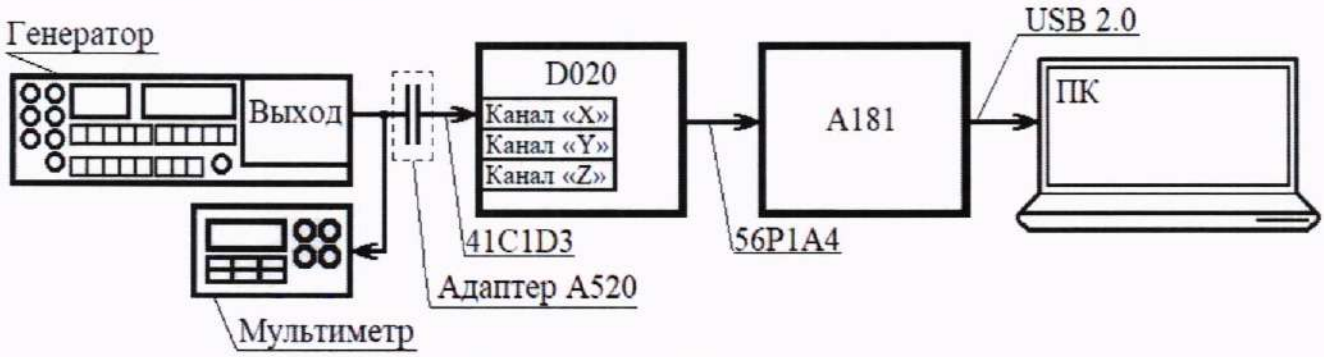

Рисунок 3 – Схема измерений

10.2.2 Выполнить операции по 9.2.2.

10.2.3 Измерения проводят на частотах: 5; 10; 20; 40; 80; 160; 320; 630; 1000; 2500; 4000; 5000 Гц при СКЗ напряжения $U_{зад.i}$ = (1000±100) мВ, устанавливаемого на выходе генератора и контролируемого мультиметром.

10.2.4 С экрана ПК считывают показания СКЗ $A_{изм.i}$, м/с^2 (канал «X»). Результаты измерений заносят в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты измерений

F, Гц	5	10	20	40	80	160	320	630	1000	2500	4000	5000
$U_{рек.i}$, мВ	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
$U_{зад.i}$, мВ												
$A_{изм.i}$, м/с^2												
$\delta_{ЧXi}$, %												

10.2.5 Неравномерность ЧХ $\delta_{ЧХi}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{ЧХi} = \left(\frac{A_{изм.i}}{U_{зад.i}} \cdot \frac{U_{зад.1\,кГц}}{A_{изм.1\,кГц}} - 1 \right) \cdot 100, \quad (3)$$

где $A_{изм.i}$ - измеренное модулем СКЗ ускорения на i-ой частоте, м/с^2;

$A_{изм.1\,кГц}$ - измеренное модулем СКЗ ускорения на частоте 1 кГц, м/с^2;

$U_{зад.i}$ – заданное генератором СКЗ напряжения на i-ой частоте, мВ;

$U_{зад.1\,кГц}$ – заданное генератором СКЗ напряжения на частоте 1 кГц, мВ.

10.2.6 Повторяют операции по 10.2.3 – 10.2.5 для всех измерительных каналов модуля (каналы «Y» и «Z»).

10.2.7 Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если неравномерность ЧХ находится в пределах:

- ±3 % в диапазоне частот от 10 до 4000 Гц;
- от 0 до минус 20 % на частотах от 5 до 10 Гц не включительно и свыше 4000 до 5000 Гц.

10.3 Проверка диапазона и определение пределов основной относительной погрешности измерений частоты

10.3.1 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 3. С помощью технологического разветвителя к каналу «X» модуля через адаптер A520 подключают выход генератора. Включают и прогревают СИ в соответствии с их ЭД.

10.3.2 Выполнить операции по 9.2.2.

10.3.3 Подают с генератора первую рекомендуемую частоту из таблицы 5 при СКЗ напряжения $U_{зад.i}$ = (1000±100) мВ.

10.3.4 С экрана ПК считывают показания измерений частоты $F_{изм.i}$, Гц. Результаты измерений заносят его в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты измерений

$F_{рек.i}$, Гц	10	20	40	80	120	250	500	1000	2000	4000	5000
$F_{зад.i}$, Гц											
$F_{изм.i}$, Гц											
δ_{Fi}, %											

10.3.5 Относительную погрешность измерений частоты δ_{Fi}, %, определяют по формуле

$$\delta_{Fi} = \frac{F_{изм.i} - F_{зад.i}}{F_{зад.i}} \cdot 100, \quad (4)$$

где $F_{изм.i}$ – i-е значение частоты сигнала, измеренное модулем, Гц;

$F_{зад.i}$ – i-е значение частоты сигнала, подаваемого с генератора, Гц.

10.3.6 Повторяют операции по 10.3.3 – 10.3.5 для всех измерительных каналов модуля (каналы «Y» и «Z»).

10.3.7 Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если относительная погрешность измерений частоты, δ_{Fi}, находится в пределах ±0,1 %.

10.4 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Модуль считают пригодным к применению (соответствующим метрологическим требованиям), если он прошёл поверку по каждому пункту данной методики, в соответствии с таблицей 1, с положительным результатом.

11 Оформление результатов поверки

11.1 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 модуля.

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

11.4 СИ, не прошедшее поверку, к применению не допускают. На него выдают извещение о непригодности по форме в соответствии с требованиями системы менеджмента качества организации, проводившей поверку.

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

Обозначение документа, на который дана ссылка	Наименование документа, на который дана ссылка
Приказ Росстандарта от 18 августа 2023 г. № 1706	Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^{9}$ Гц
Приказ Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360	Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты

Приложение Б
(справочное)
Перечень принятых сокращений

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ГПС – государственная поверочная схема;

МП – методика поверки;

СИ – средство(а) измерений;

ПО – программное обеспечение;

СКЗ – среднее квадратическое значение;

ЧХ – частотная характеристика;

ЭД – эксплуатационная документация.