

СОГЛАСОВАНО

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



_____ А.Н. Щипунов

_____ 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
Наборы мер коэффициентов передачи и отражения электронные
85090С

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
651-21-076 МП

р.п. Менделеево

2021 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на наборы мер коэффициентов передачи и отражения электронные 85090С (далее – модули электронной калибровки), изготовленные компанией «Keysight Technologies Malaysia Sdn. Bhd.», Малайзия, и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверок.

1.2 Необходимо обеспечение прослеживаемости модулей электронной калибровки к государственному первичному эталону единицы волнового сопротивления в коаксиальных волноводах ГЭТ 75-2017 в соответствии с государственной поверочной схемой (ГОСТ Р 8.813-2013 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0,01 до 65 ГГц»).

Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

1.3 Объем первичной и периодической поверок приведен в таблице 1.

2 Операции поверки

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

Таблица 1 – Операции поверки модулей электронной калибровки

Наименование операции	Пункт МП	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7	Да	Да
Опробование	8	Да	Да
Определение абсолютной погрешности амплитуды и фазы коэффициента передачи и отражения	9.1	Да	Да

2.2 Проведение поверки на меньшем числе измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений, не допускается.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 23 ± 3 ;
- относительная влажность воздуха, не более, % 75;

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами с высшим или среднетехническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в установленном порядке, имеющими квалификационную группу электробезопасности не ниже второй.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом «Наборы мер коэффициентов передачи и отражения электронные 85090С. Руководство по эксплуатации».

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Пункт МП	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	
	Требуемые технические характеристики	Рекомендуемое средство измерений и его характеристики
8	Анализатор цепей векторный, диапазон частот от 0,01 до 67 ГГц, пределы допускаемой погрешности измерений коэффициента отражения от 0 до 0,3 составляют $\pm 0,02$	Анализатор цепей векторный N5247B
9.1	Анализатор цепей векторный, диапазон частот от 0,01 до 67 ГГц, пределы допускаемой погрешности измерений коэффициента отражения от 0 до 0,3 составляют $\pm 0,02$	Анализатор цепей векторный N5247B
	Согласованная линия 50 Ом, сечение коаксиального тракта 7,0/3,04, тип N Рассогласованная линия 25 Ом, сечение коаксиального тракта 7,0/3,04, тип N	Набор мер коэффициента передачи и отражения 85054B
	Аттенюатор 10 дБ (20 дБ), сечение коаксиального тракта 7,0/3,04, тип N Аттенюатор 40 дБ (50 дБ), сечение коаксиального тракта 7,0/3,04, тип N	Набор мер коэффициента передачи и отражения 85055A
	Согласованная линия 50 Ом, сечение коаксиального тракта 3,5/1,52 мм, тип IX Рассогласованная линия 25 Ом, сечение коаксиального тракта 3,5/1,52 мм, тип IX	Набор мер коэффициента передачи и отражения 85052B
	Аттенюатор 10 дБ (20 дБ), сечение коаксиального тракта 3,5/1,52 мм, тип IX Аттенюатор 40 дБ (50 дБ), сечение коаксиального тракта 3,5/1,52 мм, тип IX	Набор мер коэффициента передачи и отражения 85053B

5.2 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик модулей электронной калибровки.

5.3 Средства поверки должны быть исправны, поверены и подтверждены сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на измеритель мощности и средства поверки.

6.2 Средства поверки должны быть надежно заземлены в соответствии с документацией.

6.3 Размещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только

при выключенном питании.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр модулей электронной калибровки проводить визуально, при этом необходимо проверить:

- комплектность и маркировку на соответствие эксплуатационной документации;
- чистоту и исправность коаксиальных соединителей;
- отсутствие видимых механических повреждений.

7.2 Результат внешнего осмотра считать положительным, если:

- комплектность соответствует эксплуатационной документации;
- разъем коаксиальных соединителей целы и чисты;
- отсутствуют видимые механические повреждения.

В противном случае результаты внешнего осмотра считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1. При подготовке к поверке поверитель должен изучить эксплуатационную документацию на модули электронной калибровки и на применяемые средства поверки.

8.2 Опробование

8.2.1 При проведении присоединений использование динамометрических ключей обязательно.

8.2.2 Провести чистку соединителей кабелей, наборов мер и переходников.

8.2.3 Подключить фазостабильный кабель ко 2 порту ВАЦ.

8.2.4 Подключить один из модулей электронной калибровки к ВАЦ через USB кабель, как показано на рисунке 1 и дать прогреться до появления «зеленого» цвета датчика готовности к работе.

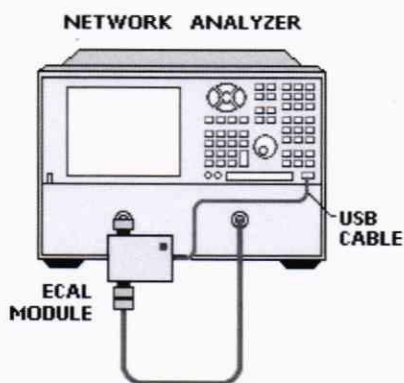


Рисунок 1

8.2.5 На ВАЦ нажать кнопку Preset. Нажать кнопку Freq и выбрать диапазон, соответствующий рабочему частотному диапазону поверяемого модуля электронной калибровки.

8.2.6 Нажать кнопку Avg BW и установить полосу 100 Гц.

8.2.7 Нажать кнопку Sweep и установить количество точек измерения 1001,

8.2.8 Провести полную двухпортовую калибровку (Cal -> SmartCal)

8.2.9 Нажать кнопку Cal->ECal->Ecal Confidence Check

8.2.10 Нажать Change Measure и выбрать измерение S11,

8.2.11 Нажать Read Module Data и дождаться окончания процедуры считывания данных с ECal.

8.2.12 Выбрать отображение результатов Data/Memory, как указано на рисунке 2.

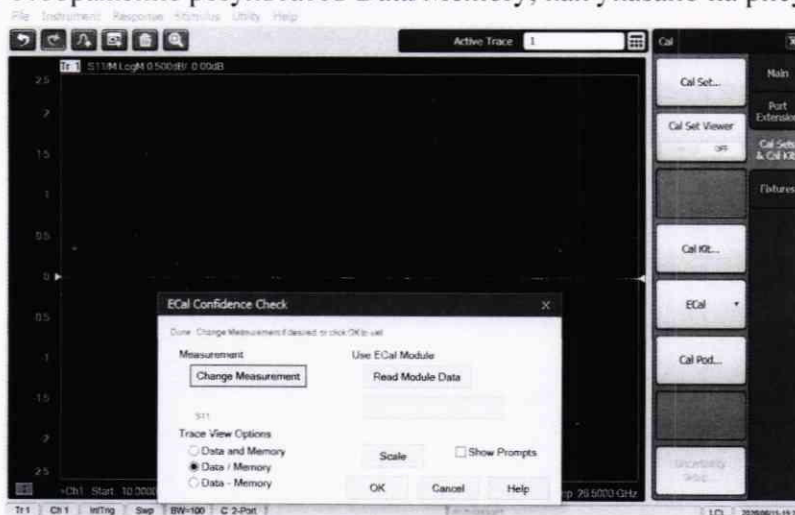


Рисунок 2

8.2.13 Повторить пункты 8.2.10-8.2.12 для параметров S22, S12, S21,

8.2.14 Полученные результаты не должны превышать $\pm 2,5$ дБ.

В противном случае результаты опробования считать отрицательными и дальнейшие операции поверки не проводить.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение абсолютной погрешности амплитуды и фазы коэффициента передачи и отражения.

9.1.1 Нажать кнопку Preset на ВАЦ.

9.1.2 Подключить фазостабильный кабель ко 2 порту ВАЦ.

9.1.3 Подключить модуль электронной калибровки к ВАЦ через USB кабель, как показано на рисунке 1 и дать прогреться до появления «зеленого» цвета датчика готовности к работе.

9.1.4 На ВАЦ нажать кнопку Preset. Нажать кнопку Freq и выбрать диапазон, соответствующий рабочему частотному диапазону поверяемого модуля электронной калибровки.

9.1.5 Нажать кнопку Avg BW и установить полосу 100 Гц.

9.1.6 Нажать кнопку Sweep и установить количество точек измерения 1001,

9.1.7 Провести полную двухпортовую калибровку (Cal -> SmartCal)

9.1.8 Отсоединить модуль электронной калибровки.

9.1.9 На анализаторе цепей выбрать Измерение S11, формат отображение Lin Mag

9.1.10 Добавить трассу нажатием кнопки Trace и установить измерение S21, формат отображение Log Mag. Также добавить трассу с измерением S22, формат отображение Lin Mag и трассу S12, формат отображение Log Mag

9.1.11 Подключить аттенюатор 10 дБ (20 дБ) из набора мер коэффициента передачи в соответствии с рисунком 3.

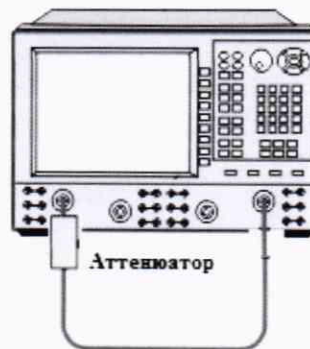


Рисунок 3

9.1.12 Набор мер передачи выбирается исходя из сечения коаксиального тракта поверяемого модуля электронной калибровки в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Тип коаксиальных соединителей модулей электронной калибровки

Тип коаксиальных соединителей	Набор мер коэффициентов отражения	Набор мер коэффициентов передачи
N-тип	85054B	85055A
3,5 мм	85052B	85053B

9.1.13 Дождаться 2-х разверток ВАЦ. Нажать кнопку Save->Save Data. Сохранить файл на внешний электронный носитель

9.1.14 Повторить п. 9.1.11-9.1.13 для аттенюатора 40 дБ (50 дБ) из набора мер коэффициента передачи.

9.1.15 Провести полную двухпортовую калибровку с помощью мер из набора мер коэффициентов отражения в соответствии с РЭ. Набор выбрать согласно Таблице 2.

9.1.16 Провести п. 9.1.11-9.1.13 для согласованной и рассогласованной линии из набора мер коэффициента отражения.

9.1.17 Провести обработку результатов измерений в соответствии с таблицей 3 и вычислить абсолютную погрешность амплитуды и фазы коэффициента передачи и отражения по формуле:

$$\Delta = S_{ii,jj,jj,ji}(E\text{Cal}) - S_{ii,jj,jj,ji}(\text{CalKit}) \quad (1)$$

Где Δ - абсолютная погрешность амплитуды и фазы коэффициента передачи и отражения

$S_{ii,jj,jj,ji}(E\text{Cal})$ – значение измерений S-параметров после калибровки ВАЦ с помощью электронного калибратора

$S_{ii,jj,jj,ji}(\text{CalKit})$ - значение измерений S-параметров после калибровки ВАЦ с помощью калибровочного набора

Таблица 3

Мера из набора мер коэффициента передачи	Измеряемый параметр	Единицы измерения
Аттенюатор 10 дБ (20 дБ)	S21, S12	дБ, градусы
Аттенюатор 40 дБ (50 дБ)	S21, S12	дБ, градусы
Согласованная линия 50 Ом	S11, S22	лин.ед.
Рассогласованная линия 25 Ом	S11, S22	лин.ед.

- 9.1.18 На ВАЦ нажать кнопку Preset. Нажать кнопку Freq и выбрать диапазон, соответствующий рабочему частотному диапазону поверяемого модуля электронной калибровки.
- 9.1.19 Нажать кнопку Avg BW и установить полосу 100 Гц.
- 9.1.20 Нажать кнопку Sweep и установить количество точек измерения 1001.
- 9.1.21 Провести однопортовую калибровку (Cal -> SmartCal) с помощью набора мер коэффициентов отражения в соответствии с Таблицей 2,
- 9.1.22 На анализаторе цепей выбрать Измерение S11, формат отображение Phase.
- 9.1.23 Провести измерения фазы нагрузок XX и КЗ из набора мер коэффициентов отражения.
- 9.1.24 Дождаться 2-х разверток ВАЦ. Нажать кнопку Save->Save Data. Сохранить файл на внешний электронный носитель
- 9.1.25 На ВАЦ нажать кнопку Preset. Нажать кнопку Freq и выбрать диапазон, соответствующий рабочему частотному диапазону поверяемого электронного калибратора.
- 9.1.26 Нажать кнопку Avg BW и установить полосу 100 Гц.
- 9.1.27 Нажать кнопку Sweep и установить количество точек измерения 1001.
- 9.1.28 Провести однопортовую калибровку (Cal -> SmartCal) с помощью электронного калибратора Порт А.
- 9.1.29 На анализаторе цепей выбрать Измерение S11, формат отображение Phase.
- 9.1.23 Провести измерения фазы нагрузок XX и КЗ из второго эталонного механического калибровочного набора.
- 9.1.24 Дождаться 2-х разверток ВАЦ. Нажать кнопку Save->Save Data. Сохранить файл на внешний электронный носитель.
- 9.1.25 Провести обработку результатов измерений и вычислить абсолютную погрешность фазы коэффициента отражения по формуле (1).
- 9.1.26 Повторить измерения по пп. 9.1.18-9.1.25 для порта В модуля электронной калибровки, при необходимости поменять тип соединителя.
- 9.1.27 Результаты измерений считать положительными, если значения абсолютной погрешности амплитуды и фазы коэффициента передачи и отражения находятся в пределах, приведенных в таблице 4.

Таблица 4

Пределы допускаемой абсолютной погрешности амплитуды и фазы ККП в диапазоне частот для модуля 85092С, не более					
Значение модуля коэффициента передачи, дБ	Погрешность амплитуды коэффициента передачи, дБ, не более				
	от 0,3 до 10 МГц включ.	св. 0,01 до 1 ГГц включ.	св. 1 до 3 ГГц включ.	св. 3 до 6 ГГц включ.	св. 6 до 9 ГГц включ.
0	±0,49	±0,25	±0,25	±0,33	±0,41
-10	±0,54	±0,29	±0,28	±0,36	±0,44
-20	±0,57	±0,32	±0,30	±0,37	±0,45
-30	±0,58	±0,34	±0,31	±0,39	±0,47
-40	±0,62	±0,39	±0,33	±0,41	±0,48
-50	±0,76	±0,60	±0,36	±0,44	±0,51
Значение модуля коэффициента передачи, дБ	Погрешность фазы коэффициента передачи, градус, не более				
	от 0,3 до 10 МГц включ.	св. 0,01 до 1 ГГц включ.	св. 1 до 3 ГГц включ.	св. 3 до 6 ГГц включ.	св. 6 до 9 ГГц включ.
0	±2,39	±1,39	±1,39	±1,79	±2,08
-10	±2,53	±1,56	±1,56	±1,88	±2,19
-20	±2,63	±1,68	±1,63	±1,95	±2,25
-30	±2,70	±1,78	±1,70	±2,01	±2,30
-40	±2,81	±1,97	±1,77	±2,07	±2,36
-50	±3,26	±2,76	±1,90	±2,18	±2,45

Продолжение таблицы 4

Пределы допускаемой абсолютной погрешности амплитуды и фазы ККО в диапазоне частот для модуля 85092С, не более					
Значение модуля коэффициента отражения, лин.ед.	Погрешность амплитуды коэффициента отражения, линейных единиц, не более				
	от 0,3 до 10 МГц включ.	св. 0,01 до 1 ГГц включ.	св. 1 до 3 ГГц включ.	св. 3 до 6 ГГц включ.	св. 6 до 9 ГГц включ.
0,01	±0,02	±0,01	±0,01	±0,02	±0,03
0,02	±0,03	±0,01	±0,01	±0,02	±0,03
0,05	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03
0,1	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03
0,2	±0,04	±0,02	±0,02	±0,03	±0,04
0,3	±0,05	±0,02	±0,02	±0,03	±0,05
0,4	±0,06	±0,03	±0,03	±0,04	±0,06
0,5	±0,07	±0,03	±0,04	±0,04	±0,07
0,6	±0,08	±0,04	±0,04	±0,05	±0,08
Значение модуля коэффициента отражения, лин.ед.	Погрешность фазы коэффициента отражения, градус, не более				
	от 0,3 до 10 МГц включ.	св. 0,01 до 1 ГГц включ.	св. 1 до 3 ГГц включ.	св. 3 до 6 ГГц включ.	св. 6 до 9 ГГц включ.
0,01	±78,98	±36,94	±36,93	±50,01	±85,08
0,02	±38,10	±18,74	±18,74	±25,06	±40,34
0,05	±16,19	±8,08	±8,08	±10,74	±16,82
0,1	±9,11	±4,55	±4,56	±6,04	±9,24
0,2	±5,66	±2,82	±2,84	±3,75	±5,60
0,3	±4,62	±2,29	±2,31	±3,05	±4,50
0,4	±4,17	±2,04	±2,07	±2,75	±4,04
0,5	±3,98	±1,92	±1,96	±2,61	±3,84
0,6	±3,90	±1,86	±1,91	±2,55	±3,77

Продолжение таблицы 4

Пределы допускаемой абсолютной погрешности амплитуды и фазы ККП в диапазоне частот для модуля 85093С, не более					
Значение модуля коэффициента передачи, дБ	Погрешность амплитуды коэффициента передачи, дБ, не более				
	от 0,3 до 10 МГц включ.	св. 0,01 до 1 ГГц включ.	св. 1 до 3 ГГц включ.	св. 3 до 6 ГГц включ.	св. 6 до 9 ГГц включ.
0	±0,47	±0,19	±0,24	±0,28	±0,38
-10	±0,52	±0,23	±0,27	±0,31	±0,41
-20	±0,55	±0,26	±0,29	±0,32	±0,42
-30	±0,57	±0,28	±0,30	±0,34	±0,44
-40	±0,60	±0,34	±0,32	±0,36	±0,45
-50	±0,75	±0,57	±0,35	±0,39	±0,48
Значение модуля коэффициента передачи, дБ	Погрешность фазы коэффициента передачи, градус, не более				
	от 0,3 до 10 МГц включ.	св. 0,01 до 1 ГГц включ.	св. 1 до 3 ГГц включ.	св. 3 до 6 ГГц включ.	св. 6 до 9 ГГц включ.
0	±2,32	±1,11	±1,34	±1,56	±1,96
-10	±2,47	±1,27	±1,50	±1,71	±2,07
-20	±2,57	±1,42	±1,58	±1,78	±2,13
-30	±2,63	±1,53	±1,65	±1,84	±2,18
-40	±2,75	±1,76	±1,72	±1,91	±2,24
-50	±3,22	±2,66	±1,86	±2,03	±2,34

Продолжение таблицы 4

Пределы допускаемой абсолютной погрешности амплитуды ККО в диапазоне частот для модуля 85093С, не более					
Значение модуля коэффициента отражения, лин.ед.	Погрешность амплитуды коэффициента отражения, линейных единиц, не более				
	от 0,3 до 10 МГц включ.	св. 0,01 до 1 ГГц включ.	св. 1 до 3 ГГц включ.	св. 3 до 6 ГГц включ.	св. 6 до 9 ГГц включ.
0,01	±0,02	±0,01	±0,01	±0,02	±0,03
0,02	±0,03	±0,01	±0,01	±0,02	±0,03
0,05	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03
0,1	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03
0,2	±0,04	±0,02	±0,02	±0,03	±0,04
0,3	±0,05	±0,02	±0,02	±0,03	±0,05
0,4	±0,06	±0,03	±0,03	±0,04	±0,06
0,5	±0,07	±0,03	±0,04	±0,04	±0,07
0,6	±0,08	±0,04	±0,04	±0,05	±0,08
Значение модуля коэффициента отражения, лин.ед.	Погрешность фазы коэффициента отражения, градус, не более				
	от 0,3 до 10 МГц включ.	св. 0,01 до 1 ГГц включ.	св. 1 до 3 ГГц включ.	св. 3 до 6 ГГц включ.	св. 6 до 9 ГГц включ.
0,01	±72,11	±31,24	±33,91	±41,94	±62,11
0,02	±35,18	±15,90	±17,26	±21,18	±30,65
0,05	±14,99	±6,84	±7,46	±9,11	±13,05
0,1	±8,45	±3,84	±4,21	±5,15	±7,35
0,2	±5,30	±2,36	±2,63	±3,25	±4,67
0,3	±4,33	±1,88	±2,15	±2,70	±3,92
0,4	±3,93	±1,68	±1,94	±2,48	±3,65
0,5	±3,75	±1,59	±1,83	±2,40	±3,59
0,6	±3,68	±1,55	±1,79	±2,38	±3,62

В противном случае результаты поверки считать отрицательными.

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение абсолютной погрешности амплитуды и фазы коэффициента передачи и отражения.

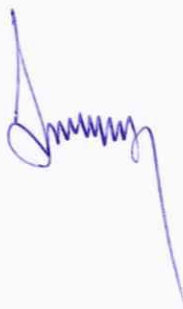
Результаты поверки считать положительными, если значение абсолютной погрешности амплитуды и фазы коэффициента передачи и отражения не превышает значений приведенных в таблице 4.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки модуля электронной калибровки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца модуля электронной калибровки, и (или) лица, представившего его на поверку, на модуль электронной калибровки наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке средств измерений, и (или) в паспорт модуля электронной калибровки вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средств измерений.

11.2 Результаты поверки оформить по установленной форме.

Начальник НИО-1



О.В. Каминский