

ГОССТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений"
(ГП "ВНИИФТРИ")

УТВЕРЖДАЮ

Зам. Генерального директора
ГП "ВНИИФТРИ"



_____ Д.Р. Васильев

_____ " *февраль* _____ 2003г.

**Анализаторы спектра ВЧ и СВЧ диапазонов
Е4440А, Е4443А, Е4445А, Е4446А**

Методика поверки
04440-90189МП

Менделеево, Московской обл.
2003г.

Настоящая методика поверки распространяется на анализаторы спектра E4440A, E4443A, E4445A, E4446A, E4448A, (далее – анализаторы) производства фирмы "Agilent Technologies, Inc" и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Межповерочный интервал - 1 год.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1

	Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операций при:	
			первичной поверке	периодической поверке
1.	Внешний осмотр	7.1	да	да
2.	Опробование	7.2	да	да
3.	Определение метрологических характеристик	7.3		
4.	Определение погрешности установки частот сигнала опорного генератора	7.3.1	да	да
5.	Определение погрешности отсчета частоты	7.3.2	да	да
6.	Определение погрешности внутреннего частотомера анализатора	7.3.3	да	да
7.	Определение уровня усредненного шума на входе анализатора	7.3.4	да	да
8.	Определение абсолютной погрешности измерения амплитуды сигнала	7.3.5	да	да
9.	Определение неравномерности АЧХ анализатора	7.3.6	да	да
10.	Определение погрешности, связанной с переключением входного аттенюатора	7.3.7	да	да
11.	Определение уровня интермодуляционных искажений второго порядка	7.3.8	да	да
12.	Определение уровня фазового шума анализатора	7.3.9	да	да

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики	Наименование эталонного средства измерений или вспомогательного средства поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к средству; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
7.3.1	<u>Стандарт частоты Ч1-50</u> Пределы относительной погрешности частоты $\pm 1 \cdot 10^{-10}$. СКЗ вариации частоты $3 \cdot 10^{-11}$ (время усреднения 1с).
7.3.5	<u>Измерители мощности МЗ-90, МЗ-91</u>
7.3.6	Частотный диапазон (0,02...26) ГГц. Погрешность калибровки <0,1 дБ.
7.3.1	Частотомер ЧЗ-64/1. Частотный диапазон от 0,05 Гц до 1500 МГц, погрешность частоты опорного генератора не более $\pm 1,5 \cdot 10^{-7}$.
7.3.2, 7.3.3, 7.3.5, 7.3.6, 7.3.7, 7.3.8, 7.3.9	<u>Комплекс СВЧ радиоизмерительный 6824*</u> Диапазон частот 10 МГц... 50 ГГц. Разрешение 0,01 Гц. частоты. Диапазон уровней выходного сигнала: от минус 80 дБм** до + 2 дБм. Разрешение по уровню 0,01 дБ. Неравномерность амплитудно-частотной характеристики не более 1 дБ.
7.3.7	<u>Аттенюатор ВМ-577А.</u> Пределы допускаемой погрешности установки ослаблений $\pm 0,1$ дБ на частоте 50 МГц. Диапазон ослаблений (0... 126) дБ.
7.3.6	Делитель мощности 2.208.449. Диапазон частот (0... 18) ГГц, КСВН входа и выхода не более 1,5.
7.3.6	Направленный ответвитель 2.261.052 (или 2.261.049)
7.3.6	Коаксиально-волноводные переходы 2059 и 2057 с волноводных трактов сечений 11x5,5 и 7,2x3,4 на коаксиальную вилку 2,4/1,04
7.3.8	<u>ФНЧ с частотой среза 650 МГц</u> из комплекта генератора Г4-111
7.3.6	Вольтметр переменного тока ВЗ-63; частотный диапазон 10 Гц... 1500 МГц; погрешность 0,2 % на полной шкале

2.2. Применяемые при поверке средства измерений должны быть поверены и иметь свидетельства о поверке.

2.3. При проведении поверки допускается использование эталонных средств измерений или вспомогательных средств поверки, соответствующих по своим метрологическим и техническим характеристикам, указанным в таблице 2.

3. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

3.1. К проведению поверки могут быть допущены лица, имеющие высшее или средне-техническое образование, практический опыт в области радиотехнических измерений, и аттестованные в соответствии с ПР50.2.012-94.

4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1. При проведении поверки должны быть соблюдены все требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.002; ГОСТ 12.1.006; ГОСТ 12.1.030.

5. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

* Далее "6824"

** Здесь и далее дБм обозначает дБ относительно 1 мВт

5.1. При проведении поверки должны быть соблюдены нормальные условия, установленные ГОСТ 8.395.

6. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1. Поверитель должен изучить руководство по эксплуатации поверяемого прибора и ТО и ИЭ используемых средств поверки.

6.2. Поверяемый прибор и используемые средства поверки должны быть заземлены и выдержаны во включенном состоянии в течение времени, указанного в ТО и ИЭ.

7. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1. Внешний осмотр.

При проведении внешнего осмотра должно быть проверено:

- сохранность пломб;
- чистота и исправность соединителей и гнезд;
- наличие предохранителей;
- отсутствие механических повреждений корпуса и ослаблений крепления элементов конструкции;
- сохранность органов управления, четкость фиксации их положения;
- комплектность прибора согласно РЭ.

Прибор, имеющий дефекты, бракуется.

7.2. Опробование.

Включить анализатор (далее АС) и дать ему прогреться в течение 30 мин. Проверить функционирование органов управления и дисплея. Запустить режим самотестирования.

Результаты поверки считаются положительными, если не появляются сообщения о сбоях и ошибках.

7.3. Определение метрологических характеристик.

7.3.1. Определение погрешности установки частоты сигнала опорного генератора.

Определение погрешности установки частоты выполняется прямыми измерениями с помощью частотомера ЧЗ-64/1 и рубидиевого стандарта частоты Ч1-50.

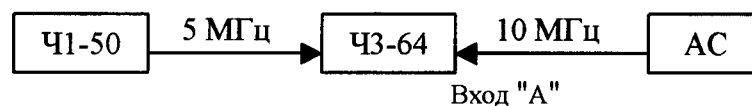


Рисунок 1. Определение погрешности опорного генератора.

7.3.1.1. Соединить поверочное оборудование по схеме рисунка 1. Выход опорного генератора анализатора (АС) на задней панели соединить с входом "А" ЧЗ-64/1. В качестве опорного генератора ЧЗ-64/1 (гнездо "ВНЕШ" на задней панели прибора) использовать сигнал с частотой 5 МГц от стандарта частоты Ч1-50.

7.3.1.2. После полуторачасового прогрева используемых приборов, произвести измерения частоты частотомером ЧЗ-64/1. Дать показаниям частотомера установиться.

Результаты измерений считать удовлетворительными, если показания частотомера отклоняются от номинала (10 МГц) не более чем на 1,8 Гц.

7.3.2. Определение погрешности отсчета частоты.

7.3.2.1. Погрешность определяется при измерении известной частоты входного сигнала по схеме рисунка 2. При этом опорный генератор источника сигнала (синтезатор) синхронизируется от опорного генератора АС.

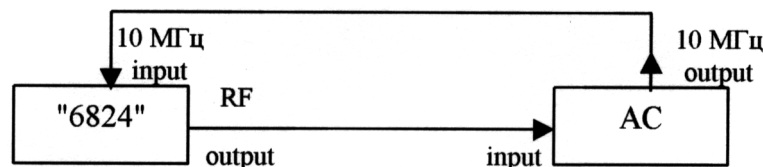


Рисунок 2.

7.3.2.2. В "6824" установить частоту сигнала 517,59 МГц и уровень сигнала, равный минус 10 дБм.

7.3.2.3. В АС выполнить операцию **Preset** и подождать окончания процедуры. Далее установить полосу обзора (**Span**) 1,980 МГц в соответствии с РЭ АС.

7.3.2.4. Занести показания частотного маркера в таблицу 3.

7.3.2.5. Менять частоту синтезатора "6824" и полосу обзора АС в соответствии с таблицей 3 и заносить результаты измерений в таблицу.

Таблица 3

Частота "6824", МГц	Полоса обзора, МГц	Нижний предел частоты, МГц	Результат измерения, МГц	Верхний предел частоты, МГц
517,59	1,980	517,5825		517,5975
832,50	1,980	832,4925		832,5075
1505,00	0,106	1504,9996		1505,0004
1505,00	7,950	1504,9697		1505,0303
1505,00	54,100	1504,7942		1505,2058
1505,00	127,200	1504,5160		1505,4840
1505,00	2000,00	1496,5167		1513,4833

Результаты поверки считаются положительными, если показания маркера находятся в пределах, указанных в таблице.

7.3.3. Определение погрешности внутреннего частотомера АС.

7.3.3.1. Соединить поверочное оборудование по схеме рисунка 2.

7.3.3.2. В "6824" установить частоту сигнала 1 ГГц.

7.3.3.3. В АС выполнить операцию **Preset**, установить полосу обзора **Span, 10 MHz**, полосу разрешения **Resolution BW 100 кГц** и настроить прибор на измерение частоты сигнала с помощью встроенного частотомера **Freq Count**.

Результаты поверки считать положительными, если значение частоты, измеренной встроенным частотомером и отображенной на дисплее, лежит в пределах от 999999999,9 Гц до 1000000000,1 Гц.

7.3.4. Определение уровня усредненного шума на входе анализатора.

Определение уровня усредненного шума на входе АС выполняется при подсоединенной согласованной нагрузке (50 Ом) на входе.

7.3.4.1. Выполнить на анализаторе операцию **Preset**.

7.3.4.2. Установить полосу разрешения 1 Гц **Resolution BW, 1 Гц** и ослабление входного аттенюатора 0 дБ **Attenuation (Man), 0 dB**.

7.3.4.3. Измерение усредненного уровня собственного шума производить в частотных диапазонах, указанных в таблице 4. Сделать установки начальной и конечной частоты диапазона: **Frequency, Start Freq., 10 кГц, Stop Freq., 100 кГц, Amplitude, - 70 дБм, Attenuation (Man), 0 dB, BW/Avg**.

7.3.4.4. Поместить, вращая ручку управления, **Display line** на среднюю часть шумовой дорожки, игнорируя отдельные выбросы на ней. Записать полученное значение усредненного шума в таблицу 4.

Таблица 4

Тип анализатора	Частотный диапазон, МГц	Измеренное значение усредненного шума, дБм	Предельное значение усредненного шума, дБм
E4440A E4443A E4445A	0,01.. 0,1		-135
	0,1		-145
	.10		-150
	10.. 1200		-155
	1200.. 2500		-154
	2500.. 3000		-153
	3000.. 6600		-152
	6600.. 13200		-150
E4446A E4448A	13200.. 20000		-147
	20000.. 26500		-143
	0,1		-140
			-145
	.10		-150
	10.. 1200		-154
	1200.. 2200		-153
	2200.. 3000		-152
	3000.. 6600		-151
	6600.. 13200		-146
	13200.. 20000		-145
	20000.. 22500		-143
22500.. 26800		-140	
26800.. 31150		-142	
31150.. 36000		-134	
36000.. 38000		-129	
38000.. 44000		-131	

Результаты поверки положительные, если измеренные значения усредненного уровня шума ниже предельных значений, приведенных в 4-ой колонке таблицы.

7.3.5. Определение абсолютной погрешности измерения амплитуды сигнала.

Измерения проводятся на частоте 50 МГц при установке входного аттенюатора поверяемого прибора на 10 дБ.

7.3.5.1. Соединить поверочное оборудование по схеме рис. 3.

7.3.5.2. Подготовить к работе радиоизмерительный комплекс "6824" в соответствии с РЭ. Установить уровень выходного сигнала 0 дБм, пользуясь измерителем МЗ-91.

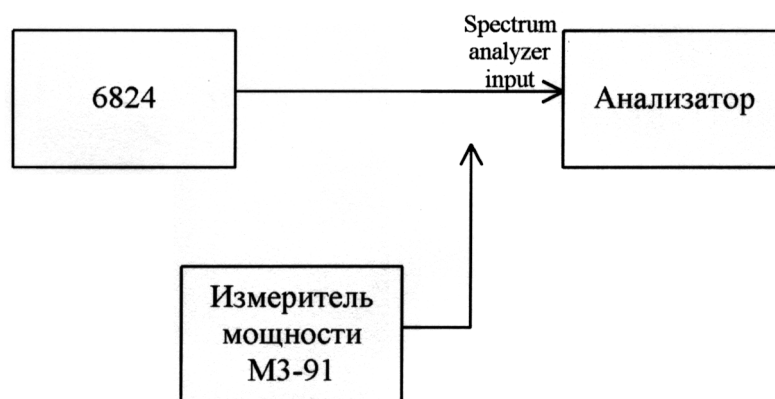


Рисунок 3. Определение абсолютной погрешности измерения амплитуды сигнала.

7.3.5.3. На поверяемом приборе выполнить операцию **Preset**, затем установить в соответствии с РЭ ширину полосы разрешения 47 кГц и полосы обзора 5 МГц. Измерить с помощью маркера уровень входного сигнала. Абсолютную погрешность измерения найти как разность измеренного значения и показаний МЗ-91. Результат занести в таблицу 5.

7.3.5.4. Изменять уровень выходного сигнала "6824", а также ширину полос разрешения и обзора АС в соответствии с таблицей 5 и заносить найденную погрешность в таблицу.

Таблица 5

Уровень входного сигнала АС, дБм	Полоса разрешения, кГц	Полоса обзора, кГц	Измеренное значение погрешности, дБ	Нормируемое значение погрешности, дБ
-10	47	5000		$\pm 0,24$
-12	18	2000		$\pm 0,24$
-20	9	1000		$\pm 0,24$
-25	5	500		$\pm 0,24$
-35	2	200		$\pm 0,24$
-50	1	100		$\pm 0,24$

Результаты поверки считать положительными, если измеренные погрешности укладываются в пределы, указанные в последнем столбце таблицы.

7.3.6. Определение неравномерности АЧХ анализатора.

Неравномерность АЧХ определяется как отклонение уровня измеряемого сигнала от опорного уровня на частоте 50 МГц.

7.3.6.1. Для определения неравномерности АЧХ на частотах ниже 18 ГГц соединить поверочное оборудование по схеме рис. 4. Верхнее плечо делителя соединить с входом АС через переход (без кабеля).

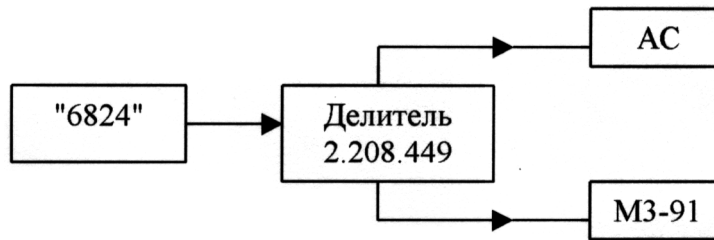


Рисунок 4. Определение неравномерности АЧХ на частотах ниже 18 ГГц.

7.3.6.2. Подготовить измеритель мощности МЗ-91 к измерениям согласно РЭ.

7.3.6.3. Установить в "6824" частоту сигнала 50 МГц и уровень сигнала (Amplitude) 0 дБм.

7.3.6.4. В АС провести операцию **Preset**. Выдержать паузу и далее, пользуясь РЭ установить центральную частоту 50 МГц, полосу обзора 20 кГц, полосу разрешения 10 кГц, амплитуду 0 дБм :

Frequency, 50 MHz

CF Step Auto Man, 50 MHz

Span, 20 kHz

Amplitude, 0 dBm.

BW/Avg, , 10 kHz

7.3.6.5. Измерить с помощью МЗ-91 уровень подаваемого на АС сигнала на частоте 50 МГц и занести результат в таблицу 6 в качестве опорного уровня, относительно которого будет находиться неравномерность АЧХ.

7.3.6.6. Устанавливать центральные частоты АС из второй колонки таблицы 6 и равные им частоты сигнала "6824", подправляя при этом уровень сигнала так, чтобы маркер АС показывал $(0 \pm 0,1)$ дБм. Снимать показания МЗ-91. Для определения неравномерности АЧХ на частотах ниже 10 МГц в схеме рис. 4 вместо измерителя мощности МЗ-91 использовать вольтметр переменного тока ВЗ-63.

7.3.6.7. Уровни сигнала записывать в третью колонку таблицы 6. В 4-й колонке записывается разность между показаниями измерителя мощности и уровнем сигнала на частоте 50 МГц, представляющую собой неравномерность АЧХ.

Таблица 6

Тип анализатора	Частота сигнала, МГц	Измеренный уровень сигнала, дБм	Неравномерность АЧХ, дБ	Пределы неравномерности, дБ
Все типы	10 ⁻⁵ 1 10			±0,38
Все типы	50	Опорный уровень		
Все типы	100 300 600 1000 1500 2000 2500 2950			±0,38

Все типы	3000			±1,50
	4000			
	5000			
	6000			
	6550			
E4445A	6700			±2,00
E4440A	8000			
E4446A	10000			
	13000			
E4440A	13500			±2,00
E4446A	16000			
	19000			
	21900			
E4440A	22000			±2,50
E4446A	24000			
	26500			
E4446A	26550			±1,75
	29000			
	31150			
E4446A	31200			±3,00
	35000			
	40000			
	44000			

7.3.6.8. Для определения неравномерности АЧХ АС на частотах выше 18 ГГц соединить поверочное оборудование по схеме рис. 5. НО – направленный ответвитель 2.261.052 (или 2.261.049). КВП – коаксиально-волноводный переход с волноводного сечения 11х7,5 мм (или 7,2х3,4) на коаксиальное 2,4/1,04,. На частотах 18 ГГц и 25,95 ГГц производится "сшивка" АЧХ установкой тех же показаний маркера на АС, что были при использовании предыдущего оборудования.

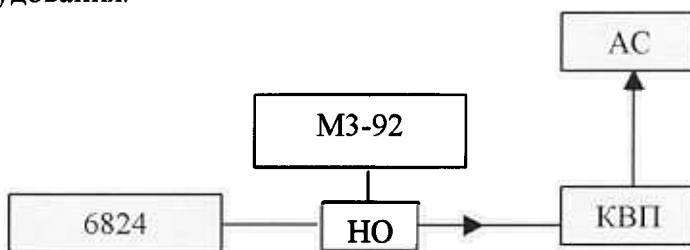


Рисунок 5. Определение неравномерности АЧХ на частотах выше 18 ГГц.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если неравномерность АЧХ остается в пределах, приведенных в последней колонке табл. 6.

7.3.7. Определение погрешности, связанной с переключением входного аттенюатора.

7.3.7.1. Соединить поверочное оборудование по схеме рис. 6.

7.3.7.2. Установить в "6824" частоту сигнала 50 МГц и уровень сигнала (Amplitude) 0 дБм, а ослабление внешнего прецизионного аттенюатора 70 дБ.

7.3.7.3. На поверяемом приборе произвести следующие установки: центральная частота – 50 МГц, ослабление входного ступенчатого аттенюатора – 0 дБ, опорный уровень – минус 50 дБм, полоса обзора – 100 кГц, полоса разрешения – 3 кГц, видео полоса – 30 Гц.

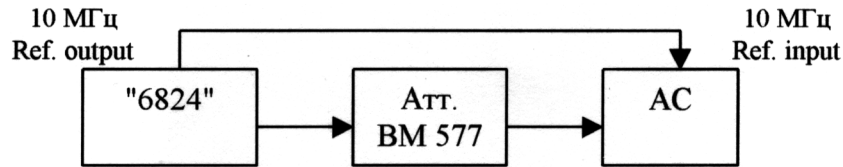


Рисунок 6. Определение погрешности входного аттенюатора.

7.3.7.4. Произвести измерение уровня сигнала с помощью маркера и результаты занести в таблицу 7.

7.3.7.5. Устанавливая ослабление входного ступенчатого аттенюатора поверяемого прибора и ослабление внешнего прецизионного аттенюатора в соответствии с таблицей 7 определять разность показаний маркера с показаниями при нулевом ослаблении ступенчатого аттенюатора. Эта разность принимается за погрешность, связанную с переключением входного ступенчатого аттенюатора АС.

Таблица 7

Ослабление внешнего аттенюатора, дБ	Ослабление входного ступенчатого аттенюатора, дБ	Маркерные измерения уровня, дБм	Погрешность, дБ
50	0		
40	10		
30	20		
20	30		
10	40		
0	50		

Результаты поверки считаются положительными, если измеренные значения погрешности укладываются в пределы $\pm 0,2$ дБ.

7.3.8. Определение уровня интермодуляционных искажений второго порядка.

7.3.8.1. Соединить поверочное оборудование по схеме рис. 7. Здесь ФНЧ – фильтр низких частот из комплекта генератора Г4-111 с частотой среза 650 МГц.

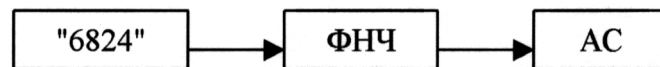


Рисунок 7. Определение уровня интермодуляционных искажений второго порядка.

7.3.8.2. Установить частоту выходного сигнала ""6824"" равной 500 МГц и уровень сигнала минус 10 дБм.

7.3.8.3. На АС выполнить операцию **Preset**. Выдержать паузу до окончания процедуры **Preset** и далее установить центральную частоту 500 МГц **Frequency, 500 MHz**, полосу обзора 10 МГц **Span, 10 MHz**, амплитуду минус 10 дБм **Amplitude, - 10 dBm**, ослабление аттенюатора 10 дБ **Attenuation (Man), 10 dB** и полосу разрешения 30 кГц **BW/Avg, 30 kHz**.

7.3.8.4. Подрегулировать уровень выходного сигнала ""6824"" так, чтобы пик сигнала расположился на номинальном уровне дисплея.

7.3.8.5. Настроить центральную частоту АС на 2-ю гармонику (1 ГГц). Нажать Peak Search. Снять показания амплитудного маркера.

Результаты поверки удовлетворительны, если показания Marker delta на дисплее менее минус 92 дБ.

7.3.9. Определение уровня фазового шума анализатора.

7.3.9.1. Для определения уровня собственного фазового шума соединить поверочное оборудование по схеме рис. 2.

7.3.9.2. Установить на выходе синтезаторного генератора "6824" уровень сигнала минус 10 дБм частотой 1000 МГц.

7.3.9.3. На поверяемом приборе выполнить операцию **Preset** и после паузы установить центральную частоту 1000 МГц, полосу обзора 100 кГц, опорный уровень 0 дБм, полосу разрешения 1 кГц.

7.3.9.4. Установить линию спектра сигнала в центр экрана, а вершину пика подвести к верхней линии "REF LEVEL". Для запуска однократной развертки нажать клавиши "TRIG" и "SINGLE" и пронаблюдать выполнение развертки. Нажать клавиши "MRK" и "MARKER DELTA", чтобы установить режим дельта маркера.

7.3.9.5. Сместить маркер на 10 кГц от вершины линии спектра и произвести отсчет уровня U. Вычислить уровень шума по формуле:

Уровень фазового шума = $U - 10 \times \log(\text{Полоса разрешения} / 1 \text{ Гц})$

Результат занести в таблицу 8.

7.3.9.10. Менять величину отстройки в соответствии с таблицей 8 и производить измерения уровня шума. Результаты измерений (и вычислений) заносить в таблицу 8.

Таблица 8

Величина отстройки, кГц	0,1	1	10	30	100	1000	6000	10000
Результаты измерений, дБс/Гц								
Предельные значения, дБс/Гц	-91	-103	-114	-114	-120	-144	-151	-151

Результаты поверки считаются положительными, если уровень фазового шума ниже предельных значений, показанных в третьей строке таблицы.

8. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

При выполнении операций поверки оформляются протоколы в произвольной форме.

При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке в соответствии с ПР50.2.006-94.

При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности в соответствии с ПР50.2.006-94.

Главный метролог

А.С. Дойников

Начальник лаб. 130 МЦРМИ

С.В. Безденежных

Ст. научн. сотрудник

В.В. Кубышкин