


СОГЛАСОВАНО

**Генеральный директор
АО «АКТИ-Мастер»**



 **В.В. Федулов**
«25» января 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Осциллографы цифровые DS70000

**Методика поверки
DS70000/МП-2022**

**Москва
2022**

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на осциллографы цифровые DS70000 (далее – осциллографы), изготавливаемые в модификациях DS70304 и DS70504 компанией “RIGOL TECHNOLOGIES CO., LTD”, Китай, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования (характеристики), указанные в описании типа поверяемых средств измерений.

1.3 При поверке осциллографов обеспечивается прослеживаемость поверяемого средства измерений к государственным эталонам:

- ГЭТ 1-2022 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 31.07.2018 г. № 1621;

- ГЭТ 13-01 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3457;

- ГЭТ 26-2010 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461.

1.3 Операции поверки выполняются методами прямых измерений величин.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	да	да	8.2
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	да	да	8.4, 8.5
Проверка программного обеспечения	да	да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			10
Определение уровня собственных шумов	да	да	10.1
Проверка входного сопротивления	да	да	10.2
Определение погрешности коэффициента отклонения	да	да	10.3
Определение погрешности установки постоянного напряжения смещения	да	да	10.4
Определение погрешности частоты опорного генератора	да	да	10.5
Проверка верхней частоты полосы пропускания	да	да	10.6

2.2 Периодическая поверка по запросу пользователя осциллографа может выполняться для отдельных измерительных каналов.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

В соответствии с ГОСТ 8.395-80 и с учетом условий применения осциллографа, а также средств поверки, при проведении поверки должны соблюдаться следующие требования:

- температура воздуха в помещении $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 107 кПа.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки допускаются лица, имеющие высшее или среднетехническое образование, практический опыт в области радиотехнических измерений, имеющие документ о квалификации в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами в области аккредитации. Специалист, выполняющий поверку, должен быть аттестован по группе электробезопасности не ниже 4 (Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок»).

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Рекомендуются применять средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Наименование средства поверки	Номер пункта методики поверки	Требуемые метрологические и технические характеристики	Рекомендуемый тип средства поверки, регистрационный номер ФИФ ОЕИ
1	2	3	4
Калибратор постоянного напряжения	10.2 10.3 10.4	относительная погрешность воспроизведения постоянного напряжения от $\pm(3 \text{ мВ до } 30 \text{ В})$ на нагрузку 1 МОм и от $\pm(3 \text{ мВ до } 3 \text{ В})$ на нагрузку 50 Ом по 4-х проводной схеме в пределах $\pm 0,2 \%$	Калибратор осциллографов 9500В с активной головкой 9530; рег. № 30374-13
Стандарт частоты	10.5	относительная погрешность воспроизведения частоты 10 МГц в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-8}$	Стандарт частоты рубидиевый FS 725; рег. № 31222-06
Частотомер	10.5	количество разрядов индикации частоты 0,5; 1; 10 МГц не менее 8; вход внешней синхронизации 10 МГц	Частотомер универсальный Tektronix FCA3000; рег. № 51532-12
Генератор высокочастотный	10.6	диапазон частот от 10 МГц до 5 ГГц; диапазон установки уровня мощности от 0 до +10 дБм	Генератор сигналов E8257D с опциями 520, 1E1; рег. № 53941-13
Ваттметр проходящей мощности	10.6	относительная погрешность измерения мощности СВЧ от -5 до +5 дБм на частотах от 10 МГц до 5 ГГц в пределах $\pm 0,3 \text{ дБ}$	Ваттметр проходящей мощности СВЧ NRP-Z28; рег. № 43643-10

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Вспомогательные средства поверки			
Измеритель температуры, влажности и атмосферного давления	3 8.2	пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры $\pm 0,5$ °С в диапазоне от 0 °С до +50 °С; пределы абсолютной погрешности измерений относительной влажности ± 3 % в диапазоне от 40 % до 90 %; пределы абсолютной погрешности измерений атмосферного давления $\pm 0,2$ кПа в диапазоне от 86 кПа до 106 кПа	Термогигрометр ИВА-6Н-Д; рег. № 46434-11
Кабели, адаптеры	раздел 10	тип BNC, N, SMA	-

5.2 Возможно применение средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

5.3 Адаптер N(f)-BNC(m), используемый в операции 10.6, по диапазону рабочих частот должен соответствовать полосе пропускания поверяемого осциллографа.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

6.2 Необходимо соблюдать меры предосторожности, изложенные в руководстве по эксплуатации осциллографов, а также меры безопасности, указанные в руководствах по эксплуатации средств поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра осциллографа проверяются:

- правильность маркировки и комплектность;
- чистота и исправность разъемов;
- исправность органов управления, четкость фиксации их положений;
- отсутствие механических повреждений корпуса и ослабления крепления элементов конструкции (определяется на слух при наклонах осциллографа).

7.2 При наличии дефектов или повреждений, препятствующих нормальной эксплуатации поверяемого осциллографа, его следует направить заявителю поверки (пользователю) для ремонта.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед началом выполнения дальнейших операций поверки следует изучить руководство по эксплуатации осциллографа, а также руководства по эксплуатации средств поверки.

8.2 Выполнить контроль условий поверки в соответствии с требованиями, указанными в разделе 3 настоящей методики поверки.

8.3 Перед началом выполнения дальнейших операций используемые средства поверки и поверяемый осциллограф должны быть подключены к сети 230 В; 50 Гц и выдержаны во включенном состоянии в соответствии с указаниями руководств по эксплуатации.

Минимальное время прогрева осциллографа 30 минут.

8.4 Выполнить самотестирование (Self-test) по следующей процедуре:

- отключить сетевое питание осциллографа и вновь включить питание, при этом автоматически запустится процесс самотестирования;
 - по завершении самотестирования в появившемся окне следует кликнуть на ярлыке навигации в левом нижнем углу окна и выбрать **Restart**, после чего должно быть выдано сообщение "Are you sure to reboot?";
 - кликнуть **OK** для перезагрузки осциллографа.
- В процессе самотестирования не должно появиться сообщений об ошибках.

8.5 После прогрева осциллографа в течение не менее 30 минут выполнить процедуру автоподстройки (Self-calibration), для чего:

- убедиться в том, что к каналам осциллографа ничего не подключено;
- войти в меню **Utility**, выбрать функцию **SelfCal**, при этом появится окошко меню автоподстройки;
- запустить процедуру клавишей **Start**;
- дождаться завершения процесса автоподстройки, по его завершению не должно появиться сообщений об ошибках;
- выйти из меню автоподстройки.

8.6 Проверить остаточное смещение каналов по вертикали по следующей процедуре:

- в меню **Horizontal** выбрать **Acquisition: Average**;
- в пункте **Averages** установить количество усреднений 16;
- выйти из меню **Horizontal**;
- установить на всех каналах коэффициент отклонения 2 мВ/дел;
- проверить, что отклонение траектории сигнала от центра горизонтальной линии сетки не превышает 0,5 деления вертикальной шкалы на всех четырех каналах осциллографа.

При наличии ошибок и несоответствий осциллограф поверке не подлежит, он должен быть направлен заявителю поверки для проведения ремонта.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Войти в меню **Utility**, выбрать опцию **About**.

В окне должны отобразиться идентификационные данные осциллографа и установленного программного обеспечения (Firmware).

Идентификационный номер версии программного обеспечения (Firmware), должен быть не ниже 00.02.01.

Выйти из меню **Utility**.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Определение метрологических характеристик осциллографа выполнить по процедурам, изложенным в пунктах 10.1 ÷ 10.6.

Полученные результаты должны удовлетворять критериям подтверждения соответствия метрологическим требованиям, которые приведены в каждой операции поверки.

Допускается фиксировать результаты измерений качественно без указания действительных измеренных значений, если заявителем поверки не предъявлен запрос по их представлению в протоколе поверки.

При получении отрицательных результатов по какой-либо операции необходимо повторить операцию. При повторном отрицательном результате осциллограф следует направить заявителю поверки (пользователю) для проведения регулировки и/или ремонта.

10.1 Определение уровня собственных шумов

10.1.1 Убедиться в том, что к входам каналов осциллографа ничего не подключено.

10.1.2 Выполнить заводскую установку осциллографа клавишей **Default Setup**.

10.1.3 Активировать канал CH1.

В меню **Vertical** установить входное сопротивление **Impedance** канала (Rin) 50 Ом.

10.1.4 Установить на канале в меню **Vertical**:

- коэффициент отклонения 1 мВ/дел;
 - ограничение верхней частоты полосы пропускания **BW Limit** 20 МГц;
- Установить на канале в меню **Horizontal**:
- режим выборки (Acquisition mode) Normal;
 - коэффициент развертки 5 нс/дел.

10.1.5 Войти в меню **Trigger**, установить источник синхронизации на CH1.

10.1.6 Войти в меню **Measure, Vertical**, выбрать измерение среднеквадратического значения AC.RMS. Результат измерения отображается в правой секции дисплея.

10.1.7 Войти в окно измерений, выбрать функцию **Setting**.

Установить **Count: 100, Statistic: On**.

10.1.8 Провести перезагрузку статистики, нажав **Reset Stat.**, После завершения 100 отсчетов, записать максимальное значение отсчета AC.RMS в столбец 4 таблицы 10.1.1 для модификации DS70304, таблицы 10.1.2 для модификации DS70504.

10.1.9 Установить в меню **Vertical** на канале коэффициент отклонения 2 мВ/дел.
Выполнить действия по пункту 10.1.8.

10.1.10 Установить в меню **Vertical** на канале коэффициент отклонения 5 мВ/дел., максимальную полосу пропускания, для чего в меню **Vertical** выбрать **BW Limit: OFF**.
Выполнить действия по пункту 10.1.8.

10.1.11 Устанавливать в меню **Vertical** на канале значения коэффициента отклонения, указанные в таблице 10.1.1 или 10.1.2 для соответствующей модификации осциллографа.
Выполнять действия по пункту 10.1.8.

10.1.12 Деактивировать канал.

10.1.13 Выполнить действия по пунктам 10.1.3 – 10.1.12 для остальных каналов.

10.1.14 Выполнить действия по пунктам 10.1.3 – 10.1.13, установив входное сопротивление **Impedance** каналов (Rin) 1 МОм. Записывать отсчеты AC.RMS в столбец 4 таблицы 10.1.3.

Таблица 10.1.1 – Уровень собственных шумов DS70304 при входном сопротивлении 50 Ом

Ко	Rin	BW Limit	Измеренное значение AC.RMS	Верхний предел допускаемых значений, мВ
1	2	3	4	5
1 мВ/дел	50 Ом	20 МГц		0,40
2 мВ/дел		20 МГц		0,40
5 мВ/дел		OFF		0,60
10 мВ/дел		OFF		0,68
20 мВ/дел		OFF		1,4
50 мВ/дел		OFF		3,5
100 мВ/дел		OFF		5,6
200 мВ/дел		OFF		15
500 мВ/дел		OFF		28
1 В/дел		OFF		35

Таблица 10.1.2 – Уровень собственных шумов DS70504 при входном сопротивлении 50 Ом

Ко	Rin	BW Limit	Измеренное значение AC.RMS	Верхний предел допускаемых значений, мВ
1	2	3	4	5
1 мВ/дел	50 Ом	20 МГц		0,50
2 мВ/дел		20 МГц		0,50
5 мВ/дел		OFF		0,80
10 мВ/дел		OFF		0,90
20 мВ/дел		OFF		2,0
50 мВ/дел		OFF		5,0
100 мВ/дел		OFF		8,0
200 мВ/дел		OFF		20
500 мВ/дел		OFF		40
1 В/дел		OFF		60

Таблица 10.1.3 – Уровень собственных шумов при входном сопротивлении 1 МОм

Ко	Rin	BW Limit	Измеренное значение AC.RMS	Верхний предел допускаемых значений, мВ
1	2	3	4	5
1 мВ/дел	1 МОм	20 МГц		0,50
2 мВ/дел		20 МГц		0,50
5 мВ/дел		OFF		0,60
10 мВ/дел		OFF		0,90
20 мВ/дел		OFF		2,0
50 мВ/дел		OFF		4,0
100 мВ/дел		OFF		8,0
200 мВ/дел		OFF		25
500 мВ/дел		OFF		30
1 В/дел		OFF		60
2 В/дел		OFF		110
5 В/дел		OFF		300
10 В/дел		OFF		600

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ: измеренные значения уровня собственных шумов каналов не должны превышать верхний предел допускаемых значений, указанный в столбце 5 таблиц 10.1.1, 10.1.2, 10.1.3.

Пределы допускаемых значений уровня собственных шумов указаны по допускаемым значениям, приведенным в описании типа поверяемого осциллографа.

10.2 Проверка входного сопротивления

10.2.1 Выполнить заводскую установку осциллографа клавишей **Default Setup**.

10.2.2 Соединить выход активной головки калибратора 9500В с входом канала CH1 осциллографа.

10.2.3 Установить на калибраторе режим измерения сопротивления 1 МОм.

10.2.4 Активировать канал осциллографа и выход калибратора.

В меню **Vertical** установить входное сопротивление **Impedance** канала (Rin) 1 МОм.

10.2.5 В меню **Vertical** канала установить коэффициент отклонения 100 мВ/дел.

Записать измеренное калибратором значение сопротивления в столбец 3 таблицы 10.2.

10.2.6 В меню **Vertical** канала установить коэффициент отклонения 500 мВ/дел.

Записать измеренное калибратором значение сопротивления в столбец 3 таблицы 10.2.

10.2.7 В меню **Vertical** установить входное сопротивление **Impedance** канала (Rin) 50 Ом.

10.2.8 Выполнить действия по пунктам 10.2.5 и 10.2.6, установив на калибраторе сопротивление 50 Ом.

10.2.9 Деактивировать канал осциллографа и выход калибратора.

10.2.10 Выполнить действия по пунктам 10.2.2 – 10.2.9 для остальных каналов осциллографа.

Таблица 10.2 – Входное сопротивление каналов

Ко	Rin	Измеренное значение	Нижний предел допускаемых значений	Верхний предел допускаемых значений
1	2	3	4	5
100 мВ/дел	1 МОм		0,990 МОм	1,010 МОм
500 мВ/дел	1 МОм		0,990 МОм	1,010 МОм
100 мВ/дел	50 Ом		48,75 Ом	51,25 Ом
500 мВ/дел	50 Ом		48,75 Ом	51,25 Ом

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ: измеренные значения входного сопротивления каналов должны находиться в пределах допускаемых значений, приведенных в описании типа поверяемого осциллографа и указанных в столбцах 4 и 5 таблицы 10.2.

10.3 Определение погрешности коэффициента отклонения

10.3.1 Выполнить заводскую установку осциллографа клавишей **Default Setup**.

10.3.2 Установить на калибраторе 9500В режим воспроизведения постоянного напряжения на нагрузку 1 МОм.

10.3.3 Соединить выход активной головки калибратора 9500В с входом канала CH1 осциллографа.

10.3.4 Активировать на осциллографе канал CH1.

10.3.5 В меню канала **Vertical** сделать установки:

- ослабление пробника **Probe 1X**;
- входное сопротивление **Impedance** канала (R_{in}) 1 МОм;
- напряжение смещения **Vertical offset** 0 В;
- коэффициент отклонения $K_o = 1$ мВ/дел.

10.3.6 Войти в меню **Trigger**, установить источник синхронизации на CH1.

10.3.7 В меню канала **Horizontal** сделать установки:

- коэффициент развертки 1 мкс/дел.
- в меню **Acquisition** выбрать функцию усреднения Average, количество усреднений 32.

10.3.8 В меню **Measure** выбрать в окне **Vertical** измерение среднего значения V_{avg} .

10.3.9 Установить на калибраторе положительное значение напряжения $U_{CAL+} = +3$ мВ. Активировать выход калибратора.

Записать измеренное на канале осциллографа положительное значение напряжения U_{pos} в столбец 4 таблицы 10.3.

Установить на калибраторе отрицательное значение напряжения $U_{CAL-} = -3$ мВ.

Записать измеренное на канале осциллографа отрицательное значение напряжения U_{neg} в столбец 5 таблицы 10.3.

Вычислить разностное значение $\Delta U = (U_{pos} - U_{neg})$ и записать его в столбец 6 таблицы 10.3.

10.3.10 Устанавливать значения коэффициента отклонения K_o и соответствующие значения U_{CAL+} и U_{CAL-} , указанные в столбцах 1, 2, 3 таблицы 10.3. Записывать измеренные на канале осциллографа значения напряжения U_{pos} и U_{neg} в столбцы 4 и 5 таблицы 10.3.

Вычислять разностные значения $\Delta U = (U_{pos} - U_{neg})$ и записывать их в столбец 6 таблицы 10.3.

10.3.11 Деактивировать выход калибратора. Установить на калибраторе и на канале осциллографа значение сопротивления 50 Ом. Выполнить действия по пунктам 10.3.9 – 10.3.10.

10.3.12 Деактивировать выход калибратора и канал осциллографа.

10.3.13 Выполнить действия по пунктам 10.3.3 – 10.3.12 для остальных каналов осциллографа.

Таблица 10.3 – Погрешность коэффициента отклонения

Ko	Ucal+	Ucal–	Upos	Uneg	ΔU	ΔU_{min}	ΔU_{max}
1	2	3	4	5	6	7	8
Rin = 1 МОм							
1 мВ/дел	+3 мВ	–3 мВ				5,36 мВ	6,64 мВ
2 мВ/дел	+6 мВ	–6 мВ				11,36 мВ	12,64 мВ
5 мВ/дел	+15 мВ	–15 мВ				29,2 мВ	30,8 мВ
10 мВ/дел	+30 мВ	–30 мВ				58,4 мВ	61,6 мВ
20 мВ/дел	+60 мВ	–60 мВ				116,8 мВ	123,2 мВ
50 мВ/дел	+150 мВ	–150 мВ				292 мВ	308 мВ
100 мВ/дел	+300 мВ	–300 мВ				584 мВ	616 мВ
200 мВ/дел	+600 мВ	–600 мВ				1,168 В	1,232 В
500 мВ/дел	+1,5 В	–1,5 В				2,92 В	3,08 В
1 В/дел	+3 В	–3 В				5,84 В	6,16 В
2 В/дел	+6 В	–6 В				11,68 В	12,32 В
5 В/дел	+15 В	–15 В				29,2 В	30,8 В
10 В/дел	+30 В	–30 В				58,4 В	61,6 В
Rin = 50 Ом							
1 мВ/дел	+3 мВ	–3 мВ				5,36 мВ	6,64 мВ
2 мВ/дел	+6 мВ	–6 мВ				11,36 мВ	12,64 мВ
5 мВ/дел	+15 мВ	–15 мВ				29,2 мВ	30,8 мВ
10 мВ/дел	+30 мВ	–30 мВ				58,4 мВ	61,6 мВ
20 мВ/дел	+60 мВ	–60 мВ				116,8 мВ	123,2 мВ
50 мВ/дел	+150 мВ	–150 мВ				292 мВ	308 мВ
100 мВ/дел	+300 мВ	–300 мВ				584 мВ	616 мВ
200 мВ/дел	+600 мВ	–600 мВ				1,168 В	1,232 В
500 мВ/дел	+1,5 В	–1,5 В				2,92 В	3,08 В
1 В/дел	+3 В	–3 В				5,84 В	6,16 В

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ

ТРЕБОВАНИЯМ: измеренные разностные значения напряжения ΔU должны находиться в пределах допускаемых значений ΔU_{min} и ΔU_{max} , указанных в столбцах 7 и 8 таблицы 10.3.

Пределы допускаемых значений вычислены на основе допускаемого значения относительной погрешности коэффициента отклонения $\pm 2\%$ по описанию типа поверяемого осциллографа, и формуле расчета относительной погрешности коэффициента отклонения $\delta_{изм}$, приведенной в технической документации изготовителя:

$$\delta_{изм} = \{[(U_{pos} - U_{neg}) - (U_{CAL+} - U_{CAL-})] / FS\} \cdot 100 \%,$$

где $FS = (K_o \cdot 8 \text{ дел})$ – напряжение полной шкалы, значения которой составляют 8 делений по вертикали для всех коэффициентов отклонения K_o , кроме 1 мВ/дел и 2 мВ/дел.

Для коэффициентов отклонения $K_o = 1 \text{ мВ/дел}$ и $K_o = 2 \text{ мВ/дел}$, которые являются масштабным преобразованием коэффициента отклонения $K_o = 4 \text{ мВ/дел}$, напряжение полной шкалы FS принимается равным $(4 \text{ мВ/дел} \cdot 8 \text{ дел}) = 32 \text{ мВ}$.

Исходя из этого, расчет пределов допускаемых значений ΔU_{min} и ΔU_{max} выполнен по формулам:

$$\begin{aligned} \Delta U_{min} &= (-2\% / 100\%) \cdot FS + (U_{CAL+} - U_{CAL-}), \\ \Delta U_{max} &= (+2\% / 100\%) \cdot FS + (U_{CAL+} - U_{CAL-}). \end{aligned}$$

10.4 Определение погрешности установки постоянного напряжения смещения

10.4.1 Выполнить заводскую установку осциллографа клавишей **Default Setup**.

10.4.2 Установить на калибраторе 9500В режим воспроизведения постоянного напряжения на нагрузку 1 МОм.

10.4.3 Соединить выход активной головки калибратора 9500В с входом канала CH1 осциллографа.

10.4.4 Активировать на осциллографе канал CH1.

10.4.5 В меню канала **Vertical** сделать установки:

- ограничение полосы пропускания **BW Limit** 20 МГц;
- входное сопротивление **Impedance** канала (R_{in}) 1 МОм;
- коэффициент отклонения $K_o = 1$ мВ/дел;
- напряжение смещения **Vertical offset** (U_{of}) = +1 В.

10.4.6 В меню канала **Horizontal** сделать установки:

- коэффициент развертки 1 мс/дел.
- в меню **Acquisition** выбрать функцию усреднения Average, количество усреднений 16.

10.4.7 Войти в меню **Trigger**, установить источник синхронизации на AC Line.

10.4.8 В меню **Measure** выбрать в окне **Vertical** измерение среднего значения V_{avg} .

10.4.9 Установить на калибраторе значение напряжения $U_{CAL} = -1$ В. Активировать выход калибратора.

Записать измеренное на канале осциллографа значение напряжения $U_{изм}$ в столбец 5 таблицы 10.4.

10.4.10 Устанавливать значения коэффициента отклонения K_o , напряжение смещения U_{of} и соответствующее напряжение на калибраторе U_{CAL} , указанные в столбцах 1, 3, 4 таблицы 10.4.

Записывать измеренные на канале осциллографа значения напряжения $U_{изм}$ в столбец 5 таблицы 10.4. Деактивировать выход калибратора.

10.4.11 Выполнить действия по пунктам 10.4.5 – 10.4.10, установив на калибраторе и на канале осциллографа значение сопротивления 50 Ом.

10.4.12 Деактивировать выход калибратора.

10.4.13 Деактивировать канал осциллографа.

10.4.14 Выполнить действия по пунктам 10.4.2 – 10.4.13 для остальных каналов осциллографа.

Таблица 10.4 – Погрешность установки постоянного напряжения смещения

Ko	Rin	Uof	U _{CAL}	Измеренное значение напряжения смещения U _{ИЗМ}	Нижний предел допускаемых значений U _{min}	Верхний предел допускаемых значений U _{max}
1	2	3	4	5	6	7
1 мВ/дел	1 МОм	+1 В	-1 В		-1,0171 В	-982,90 мВ
		0 В	0 В		-2,1 мВ	+2,1 мВ
		-1 В	+1 В		+982,90 мВ	+1,0171 В
200 мВ/дел		+30 В	-30 В		-30,472 В	-29,528 В
		0 В	0 В		-22 мВ	+22 мВ
		-30 В	+30 В		+29,528 В	+30,472 В
500 мВ/дел		+100 В	-100 В		-101,05 В	-98,948 В
		0 В	0 В		-52 мВ	+52 мВ
		-100 В	+100 В		+98,948 В	+101,05 В
1 мВ/дел	50 Ом	+1 В	-1 В		-1,0171 В	-982,90 мВ
		0 В	0 В		-2,1 мВ	+2,1 мВ
		-1 В	+1 В		+982,90 мВ	+1,0171 В
200 мВ/дел		+4 В	-4 В		-4,0820 В	-3,9180 В
		0 В	0 В		-22 мВ	+22 мВ
		-4 В	+4 В		+3,9180 В	+4,0820 В

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ

ТРЕБОВАНИЯМ: измеренные значения постоянного напряжения смещения $U_{ИЗМ}$ должны находиться в пределах допускаемых значений U_{min} и U_{max} , указанных в столбцах 6 и 7 таблицы 10.4. Пределы допускаемых значений вычислены на основе формулы абсолютной погрешности установки напряжения смещения $\Delta_{см}$, приведенной в описании типа поверяемого осциллографа, следующим образом:

$$U_{min} = (U_{CAL} - \Delta_{см})$$

$$U_{max} = (U_{CAL} + \Delta_{см})$$

$$\Delta_{см} = (0,1 \cdot K_o \cdot \text{дел} + 2 \text{ мВ} + 0,015 \cdot U_{of}) \text{ при } U_{of} \leq 200 \text{ мВ}$$

$$\Delta_{см} = (0,1 \cdot K_o \cdot \text{дел} + 2 \text{ мВ} + 0,010 \cdot U_{of}) \text{ при } U_{of} > 200 \text{ мВ}$$

10.5 Определение погрешности частоты опорного генератора

10.5.1 Выполнить заводскую установку осциллографа клавишей **Default Setup**.

10.5.2 Используя адаптер SMA(m)-BNC(f), соединить кабелем BNC(m,m) выход "10 MHz OUT" осциллографа с входом частотомера Tektronix FCA3000.

10.5.3 Соединить кабелем BNC(m,m) вход синхронизации "Ref In" частотомера с выходом "10 MHz" стандарта частоты FS 725.

10.5.4 Выполнить отчет на частотомере, записать его в столбец 2 таблицы 10.5.

10.5.5 Отсоединить кабели от осциллографа и частотомера.

Таблица 10.5 – Частота опорного генератора

Номинальное значение частоты F, МГц	Измеренное значение частоты Физм, МГц	Нижний предел допускаемых значений Fmin, МГц	Верхний предел допускаемых значений Fmax, МГц
1	2	3	4
10			

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ

ТРЕБОВАНИЯМ: измеренное значение частоты должно находиться в пределах допускаемых значений Fmin и Fmax, указанных в столбцах 3 и 4 таблицы 10.5. Пределы допускаемых значений частоты следует рассчитать на основе формулы абсолютной погрешности частоты Δ_F опорного генератора, приведенной в описании типа поверяемого осциллографа, следующим образом:

$$F = 10 \text{ МГц}$$

$$F_{\min} = (F - \Delta_F)$$

$$F_{\max} = (F + \Delta_F)$$

$$\Delta_F = (5 \cdot 10^{-7} + N \cdot 1 \cdot 10^{-6}) \cdot F$$

N – округленное в большую сторону целое количество лет после выпуска осциллографа из производства или последней заводской подстройки частоты опорного генератора.

10.6 Проверка верхней частоты полосы пропускания

10.6.1 Выполнить заводскую установку осциллографа клавишей **Default Setup**.

10.6.2 Подготовить к работе ваттметр проходящей мощности NRP-Z28, выполнить установку нуля ваттметра, ввести количество усреднений 32.

10.6.3 Присоединить разъем СВЧ кабеля ваттметра к выходу генератора, используя при необходимости соответствующий адаптер;

10.6.4 Присоединить выходной разъем ваттметра мощности непосредственно к разъему канала осциллографа, используя адаптер N(f)-BNC(m).

10.6.5 Активировать на осциллографе канал CH1.

10.6.6 В меню канала **Vertical** установить:

- входное сопротивление **Impedance** канала 50 Ом.;
- коэффициент отклонения 100 мВ/дел.

10.6.7 Войти в меню **Trigger**, установить источник синхронизации на CH1.

10.6.8 В меню канала **Horizontal** установить коэффициент развертки 50 нс/дел.

10.6.9 В меню канала **Measure** выбрать в окне **Vertical** измерение среднеквадратического значения AC.RMS.

10.6.10 Установить на генераторе уровень +6 дБм и частоту 10 МГц.
Активировать выход генератора СВЧ.

10.6.11 Подстроить на генераторе уровень сигнала так, чтобы амплитуда сигнала составляла примерно 6 делений вертикальной шкалы осциллографа, а отсчет AC.RMS был равен 212 мВ.

10.6.12 Ввести на ваттметре частоту 10 МГц и зафиксировать отсчет ваттметра как Pin.

10.6.13 Установить на генераторе СВЧ значение частоты Fmax, соответствующее верхней частоте полосы пропускания осциллографа:

- для модификации DS70304 Fmax = 3 ГГц;
- для модификации DS70504 Fmax = 5 ГГц.

Ввести соответствующую частоту на ваттметре.

10.6.14 Подстроить уровень мощности на генераторе таким образом, чтобы отсчет ваттметра был равен зафиксированному в пункте 10.6.12 уровню Pin.

10.6.15 Установить на осциллографе коэффициент развертки так, чтобы на дисплее наблюдалось несколько периодов сигнала.

Записать отсчет AC.RMS в столбец 3 таблицы 10.6.1 для модификации DS70304, таблицы 10.6.2 для модификации DS70504.

10.6.16 Деактивировать канал осциллографа, отключить выход генератора.
Отсоединить выход ваттметра СВЧ от канала осциллографа.

10.6.17 Выполнить действия по пунктам 10.6.4 – 10.6.16 для остальных каналов осциллографа, подлежащих поверке.

Таблица 10.6.1 – Верхняя частота полосы пропускания DS70304

Ко	Напряжение AC.RMS на частоте 10 МГц	Измеренное значение напряжения AC.RMS на частоте 3 ГГц	Нижний предел допускаемого значения
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
100 мВ/дел	212 мВ		150 мВ

Таблица 10.6.2 – Верхняя частота полосы пропускания DS70504

Ко	Напряжение AC.RMS на частоте 10 МГц	Измеренное значение напряжения AC.RMS на частоте 5 ГГц	Нижний предел допускаемого значения
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
100 мВ/дел	212 мВ		150 мВ

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ: измеренное значение амплитуды напряжения на верхней частоте полосы пропускания должно быть выше нижнего предела допускаемого значения, которое указано в столбце 4 таблиц 10.6.1, 10.6.2. Нижний предел допускаемого значения рассчитан по уровню 0,707 (–3 дБ) от установленного значения напряжения на частоте 10 МГц в соответствии с описанием типа поверяемого осциллографа.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки представляются в соответствии с действующими правовыми нормативными документами и передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. Для периодической поверки в сокращенном объеме (пункт 2.2 настоящего документа) должны быть указаны сведения об измерительных каналах, для которых была выполнена поверка.

11.2 При положительных результатах по запросу пользователя (заявителя) оформляется свидетельство о поверке.

11.3 При положительных результатах поверки на поверяемое средство измерений пользователь наносит знак поверки в соответствии с описанием типа средства измерений.

11.4 При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании или выполнении операций поверки, по запросу пользователя (заявителя) выдается извещение о непригодности к применению средства измерений с указанием причин непригодности.

11.5 По запросу пользователя (заявителя) оформляется протокол поверки в произвольной форме. В протоколе поверки допускается привести качественные результаты измерений с выводами о соответствии поверенного средства измерений метрологическим требованиям без указания измеренных числовых значений величин, если пользователь (заявитель) не предъявил требование по указанию измеренных действительных значений.