

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

АО «ПриСТ»



А.Н. Новиков

АО «30» апреля 2026 г.

«ГСИ. Калибраторы осциллографов 9500С.
Методика поверки»

МП-ПР-15-2026

Москва
2026

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на калибраторы осциллографов 9500С (далее по тексту – калибраторы) с серийными номерами FLK9500C001, FLK9500C002, FLK9500C003, FLK9500C004, FLK9500C005 и устанавливает методы и средства их поверки.

При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемых калибраторов к государственным первичным эталонам единиц величин в соответствии с:

- государственной поверочной схемой для средств измерений импульсного электрического напряжения, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3463, к Государственному первичному специальному эталону единицы импульсного электрического напряжения с длительностью импульса от $4 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-5}$ с – ГЭТ 182-2010.

В результате поверки могут быть подтверждены метрологические требования (приведены в Приложении А) предъявляемые к поверяемым средствам измерений при применении их в качестве рабочего эталона 2-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений импульсного электрического напряжения утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 № 3463.

Допускается периодическая поверка калибраторов для меньшего числа воспроизводимых величин и (или) на меньшем числе диапазонов воспроизведения, и (или) отдельных измерительных каналов, по отношению к указанным в разделе «Метрологические и технические характеристики» Описания типа.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик применяются метод прямых измерений.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

При проведении первичной и периодической поверок калибраторов должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1. Внешний осмотр средства измерений	да	да	Раздел 6
2. Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	Раздел 7
3. Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	Раздел 8
4. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	Раздел 9
5. Определение абсолютной погрешности воспроизведения частоты в режиме воспроизведения прямоугольного сигнала	да	нет	9.1
6. Определение длительности фронта и среза в режиме воспроизведения прямоугольного сигнала	да	нет	9.2
7. Определение абсолютной погрешности установки длительности импульсов в режиме генератора длительности импульсов	да	нет	9.3
8. Определение абсолютной погрешности установки частоты синусоидального сигнала	да	да	9.4

9. Определение абсолютной погрешности установки периода следования временных маркеров	да	нет	9.5
10. Определение абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока	да	да	9.6
11. Определение абсолютной погрешности установки амплитуды прямоугольного сигнала	да	да	9.7
12. Определение абсолютной погрешности установки амплитуды синусоидального сигнала на опорной частоте 50 кГц	да	да	9.8
13. Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики синусоидального сигнала	да	да	9.9
14. Определение абсолютной погрешности установки амплитуды в режиме формирования сигнала с длительностью фронта 125 пс и 500 пс	да	да	9.10
15. Определение длительности фронта в режиме формирования сигнала с длительностью фронта 125 пс и 500 пс	да	да	9.11
16. Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления с помощью калибратора	да	да	9.12
17. Определение абсолютной погрешности измерения емкости с помощью калибратора	да	да	9.13

При отрицательных результатах любой операции поверки, поверка прекращается и осуществляется выполнение пункта 11.3 данной методики поверки.

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 15 °С до плюс 35 °С;
- относительная влажность от 20 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение питающей сети от 200 до 240 В;

4. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
7.1	Средства измерений температуры окружающей среды от +10 до +30 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью ± 3 %	Термогигрометр Fluke мод. 1620A DewK (сер. № 58174-14)
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью ± 5 гПа	Измеритель давления Testo 511 (сер. № 53431-13)

Продолжение таблицы 2

1	2	3
7.1	Средства измерений переменного напряжения в диапазоне от 50 до 480 В. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений переменного напряжения 2 %. Средства измерений частоты от 45 до 60 Гц. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты 1 %.	Прибор измерительный универсальный параметров электрической сети DMG 800 (рег. № 49072-12)
9.1, 9.3, 9.4, 9.5	Диапазон измерения частоты от 10 Гц до 4200 МГц; Эталоны единицы времени и частоты, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 5 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360.	Частотомер универсальный CNT-90XL (рег. № 70888-18) Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG (рег. № 70172-18)
7.2, 9.2	Осциллограф цифровой с полосой пропускания 1 ГГц	Осциллограф цифровой запоминающий HDO6104AR (рег. № 68188-17)
9.6, 9.7, 9.8, 9.9, 9.12	Средства измерений постоянного и переменного напряжения. Диапазон измерения постоянного напряжения от -1000 В до +1000 В; пределы допускаемой погрешности от $\pm(9,6 \cdot 10^{-6} \cdot U_{\text{уст}} + 2,6 \text{ мкВ})$ до $\pm(20 \cdot 10^{-6} \cdot U_{\text{уст}} + 32 \text{ мкВ})$. Диапазон измерения переменного напряжения от 10 мВ до 1000 В в диапазоне частот от 10 Гц до 1 МГц; пределы допускаемой относительной погрешности от $24 \cdot 10^{-6}$ до $1200 \cdot 10^{-6}$.	Мультиметр цифровой прецизионный Fluke 8588A (рег. № 87803-22)
9.9	Средства измерений электрической мощности. Диапазон измерений мощности от $3 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^2$ мВт. Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения мощности в частотном диапазоне от 0 до 100 МГц: $\pm 2,5$ %.	Ваттметры поглощаемой мощности СВЧ NRP18A (рег. № 64926-16)
9.10, 9.11	Эталоны единицы импульсного электрического напряжения, соответствующие требованиям к эталонам 1 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений импульсного электрического напряжения, утвержденной приказом Росстандарта № 3463 от 30.12.2019.	Осциллографы стробоскопические WE 100H (рег. № 32489-06)
9.12	Средства измерений электрического сопротивления. Диапазон значений сопротивления от 0,01 до 111111,1 Ом. Класс точности 0,002.	Меры электрического сопротивления P3026 (рег. № 8478-04)
9.12	Средства измерений электрического сопротивления. Номинальное значение сопротивления 1 МОм. Класс точности 0,02	Магазины сопротивления P40108 (рег. № 9381-83)
9.13	Средства измерений электрической емкости. Диапазон частот от 20 Гц до 2 МГц. Основная погрешность измерения: от 0,05 % до 0,1 %. Вспомогательное оборудование: Калибровочное устройство WAYNE KERR Transfer Standards BNC 5-654-7015. Номинальные значения емкости 10 пФ, OPEN	Измеритель RLC E4980A (рег. № 62364-15)

Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа, поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.

5. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 15.12.2020 года N 903н.

5.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в руководствах по их эксплуатации.

5.3 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением до 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

6. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Перед поверкой должен быть проведен внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие поверяемого средства измерений следующим требованиям:

- не должно быть механических повреждений корпуса;
- внешний вид СИ должен соответствовать изображению в описании типа;
- все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений.

При наличии дефектов поверяемый калибратор до поверки не допускается.

7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- средства поверки и поверяемый прибор должны быть подготовлены к работе согласно их руководствам по эксплуатации;
- должен быть выполнен контроль условий по обеспечению безопасности проведения поверки (раздел 5);
- должен быть выполнен контроль условий проведения поверки (раздел 3).

7.2 Опробование калибраторов проводят при помощи осциллографа цифрового запоминающего HDO6104AR (далее - осциллограф).

7.2.1 Подключить выносной формирователь импульсов канала 1 калибратора к входному каналу осциллографа. Проверить работоспособность калибратора в режимах установки постоянного напряжения, воспроизведения импульсных сигналов, сигналов синусоидальной и прямоугольной формы, а также возможность измерения входного сопротивления и входной емкости канала осциллографа.

7.2.2 Покачивая выносной формирователь импульсов и кабель его подключения, проконтролировать отсутствие пропаданий сигнала.

7.2.3 Повторить операции из пункта 7.2.1 и 7.2.2 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

При отрицательном результате опробования поверяемый калибратор до поверки не допускается.

8 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Нажать кнопку «Setup» на лицевой панели калибратора, в появившемся меню в строке «Revision» считать версию программного обеспечения, представленную в формате «vX.X.X».

Результат операции поверки считать положительным, если номер версии программного обеспечения не ниже v1.0.1.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение абсолютной погрешности воспроизведения частоты в режиме воспроизведения прямоугольного сигнала

Определение абсолютной погрешности воспроизведения частоты проводить методом прямых измерений с помощью частотомера CNT-90XL (далее – частотомер) в режиме работы синхронизации от стандарта частоты рубидиевого GPS-12RG.

9.1.1 Выносной формирователь импульсов канала 1 калибратора подключить к каналу «А» частотомера согласно РЭ.

9.1.2 На частотомере установить режим измерения частоты согласно РЭ.

9.1.3 Установить на калибраторе параметры согласно РЭ:

- Режим воспроизведения прямоугольного сигнала;
- Амплитуда 1 В;
- Сопротивление на выходе 50 Ом;
- Частота согласно таблице 3.

9.1.4 Зафиксировать значение частоты на частотомере и внести в графу «Измеренное значение частоты» таблицы 3.

9.1.5 Рассчитать абсолютную погрешность воспроизведения частоты по формуле (1).

$$\Delta = f_n - f_{из}, \quad (1)$$

где f_n – номинальное значение частоты, установленное на калибраторе, Гц;

$f_{из}$ – измеренное частотомером значение частоты, Гц.

Таблица 3

Номинальное значение частоты	Измеренное значение частоты	Абсолютная погрешность	Диапазоны допускаемой абсолютной погрешности, Гц
10 Гц			$\pm 0,0100015$
100 Гц			$\pm 0,010015$
1 кГц			$\pm 0,01015$
10 кГц			$\pm 0,0115$

9.1.6 Повторить операции из пунктов 9.1.1 – 9.1.5 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

Результаты операции поверки считать положительными, если абсолютная погрешность воспроизведения частоты находится в пределах допускаемых значений, приведенных в таблице 3.

9.2 Определение длительности фронта и среза в режиме воспроизведения прямоугольного сигнала

Определение длительности фронта и среза проводить методом прямых измерений с помощью осциллографа цифрового запоминающего HDO6104AR (далее – осциллограф).

9.2.1 Подключить выносной формирователь импульсов канала 1 калибратора к входу осциллографа.

9.2.2 Подготовить осциллограф для проведения измерений длительности фронта и среза сигнала согласно РЭ.

9.2.3 Установить на калибраторе параметры согласно РЭ:

- Режим воспроизведения прямоугольного сигнала;
- Амплитуда 1 В;

- Сопротивление на выходе 50 Ом;
- Частота 10 кГц.

9.2.4 Зафиксировать значения длительности фронта и среза импульса на осциллографе и внести в графу «Измеренное значение» таблицы 4.

Таблица 4

Длительность	Измеренное значение, нс	Допускаемые значения, нс, не более
Фронта		150
Среза		

9.2.5 Повторить операции из пунктов 9.2.1 – 9.2.4 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

Результаты операции поверки считать положительными, если измеренные значения длительности фронта и среза не превышают допустимые согласно таблице 4.

9.3 Определение абсолютной погрешности установки длительности импульсов в режиме генератора длительности импульсов

Определение абсолютной погрешности установки длительности импульсов в режиме генератора длительности импульсов проводить методом прямых измерений с помощью частотомера CNT-90XL (далее – частотомер) в режиме работы синхронизации от стандарта частоты рубидиевого GPS-12RG.

9.3.1 Выносной формирователь импульсов канала 1 калибратора подключить к каналу «А» частотомера согласно РЭ.

9.3.2 На частотомере установить режим измерения длительности импульсов согласно РЭ.

9.3.3 Установить на калибраторе параметры согласно РЭ:

- Режим установки длительности импульсов;
- Амплитуда 1 В;
- Длительность импульса согласно таблице 5;
- Частота согласно таблице 5.

9.3.4 Зафиксировать значение длительности импульсов на частотомере и внести в графу «Измеренное значение длительности импульсов» таблицы 5.

9.3.5 Рассчитать абсолютную погрешность установки длительности импульсов по формуле (2).

$$\Delta = \tau_n - \tau_{и}, \quad (2)$$

где τ_n – номинальное значение длительности импульсов, установленное на калибраторе, нс;
 $\tau_{и}$ – измеренное частотомером значение длительности импульсов, нс.

Таблица 5

Номинальное значение длительности импульсов	Частота	Измеренное значение длительности импульсов	Абсолютная погрешность	Диапазоны допускаемой абсолютной погрешности, нс
10 нс	1 кГц			±0,7
	10 кГц			
	100 кГц			
	1 МГц			
100 нс	1 кГц			±5,2
	10 кГц			
	100 кГц			
	1 МГц			

9.3.6 Повторить операции из пунктов 9.3.1 – 9.3.5 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

Результаты операции поверки считать положительными, если абсолютная погрешность установки длительности импульсов в режиме воспроизведения прямоугольного сигнала находится в пределах допускаемых значений, приведенных в таблице 5.

9.4 Определение абсолютной погрешности установки частоты синусоидального сигнала

Определение абсолютной погрешности установки частоты синусоидального сигнала проводить методом прямых измерений с помощью частотомера CNT-90XL (далее – частотомер) в режиме работы синхронизации от стандарта частоты рубидиевого GPS-12RG.

9.4.1 Выносной формирователь импульсов канала 1 калибратора подключить к каналу «А» частотомера для значений частоты ниже 400 МГц, к каналу «С» для значений частоты свыше 400 МГц согласно РЭ.

9.4.2 На частотомере установить режим измерения частоты для значений частоты свыше 10 Гц, режим измерения периода для значений частоты до 10 Гц включительно согласно РЭ.

9.4.3 Установить на калибраторе параметры согласно РЭ:

- Режим установки синусоидального сигнала;
- Амплитуда 1 В;
- Частота согласно таблице 6.

9.4.4 Зафиксировать значение частоты на частотомере и внести в графу «Измеренное значение частоты» таблицы 6.

9.4.5 Рассчитать абсолютную погрешность установки частоты по формуле (1).

Таблица 6

Номинальное значение частоты	Измеренное значение частоты	Абсолютная погрешность	Диапазоны допускаемой абсолютной погрешности, Гц
100 Гц			$\pm 0,000016$
10 кГц			$\pm 0,001501$
10 МГц			$\pm 1,500001$
100 МГц			$\pm 15,000001$
1 ГГц			$\pm 150,000001$
4,2 ГГц			$\pm 600,000001$

9.4.6 Повторить операции из пунктов 9.4.1 – 9.4.5 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

Результаты операции поверки считать положительными, если абсолютная погрешность воспроизведения частоты находится в пределах допускаемых значений, приведенных в таблице 6.

9.5 Определение абсолютной погрешности установки периода следования временных маркеров

Определение абсолютной погрешности установки периода следования временных маркеров проводить методом прямых измерений с помощью частотомера CNT-90XL (далее – частотомер) в режиме работы синхронизации от стандарта частоты рубидиевого GPS-12RG.

9.5.1 Выносной формирователь импульсов канала 1 калибратора подключить к каналу «А» частотомера для значений периода до 10 нс включительно, к каналу «С» для значений периода ниже 10 нс согласно РЭ.

9.5.2 На частотомере установить режим измерения периода согласно РЭ.

9.5.3 Установить на калибраторе параметры согласно РЭ:

- Режим установки периода следования временных маркеров;
- Амплитуда 1 В;
- Период согласно таблице 7.

9.5.4 Зафиксировать значение периода на частотомере и внести в графу «Измеренное значение периода» таблицы 7.

9.5.5 Рассчитать абсолютную погрешность установки периода следования временных маркеров по формуле (3).

$$\Delta = T_n - T_d, \quad (3)$$

где T_n – значение периода, установленное на калибраторе, нс;

T_d – измеренное частотомером значение периода, нс.

Таблица 7

Значение периода на калибраторе	Измеренное значение периода	Абсолютная погрешность	Диапазоны допускаемой абсолютной погрешности
100 мс			$\pm 1,50 \cdot 10^{-5}$ мс
100 мкс			$\pm 1,50 \cdot 10^{-5}$ мкс
100 нс			$\pm 1,50 \cdot 10^{-5}$ нс
1 нс			$\pm 1,50 \cdot 10^{-7}$ нс

9.5.6 Повторить операции из пунктов 9.5.1 – 9.5.5 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

Результаты операции поверки считать положительными, если абсолютная погрешность установки периода находится в пределах допускаемых значений, приведенных в таблице 7.

9.6 Определение абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока

Определение абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока проводить при помощи мультиметра цифрового прецизионного Fluke 8588A (далее – мультиметр) методом прямым измерений.

Перед работой с мультиметром необходимо провести калибровку нуля мультиметра в соответствии с РЭ.

9.6.1 Подключить выносной формирователь импульсов канала 1 калибратора к входу мультиметра «INPUT (HI/LO)» для измерений с выходным сопротивлением калибратора 1 МОм. При измерениях с выходным сопротивлением калибратора 50 Ом установить проходную нагрузку 50 Ом.

9.6.2 На мультиметре установить следующие параметры согласно РЭ:

- Режим измерения: DCV;
- Предел измерения: Auto;
- Resolution 7 Digits;
- Усреднение 16 в соответствии с РЭ.

9.6.3 Установить на калибраторе параметры согласно РЭ:

- Режим установки напряжения постоянного тока;
- Выходное сопротивление согласно таблице 8;
- Значение напряжения согласно таблице 8.

9.6.4 Зафиксировать измеренное мультиметром значение и записать в графу «Измеренное значение напряжения» таблицы 8.

9.6.5 Рассчитать абсолютную погрешность воспроизведения напряжения постоянного тока по формуле (4).

$$\Delta = U_n - U_d, \quad (4)$$

где U_n – номинальное значение напряжения, установленное на калибраторе, В;

U_d – измеренное мультиметром значение напряжения, В.

Таблица 8

Номинальное значение напряжения	Измеренное значение напряжения, В	Абсолютная погрешность	Диапазоны допускаемой абсолютной погрешности, В
Выходное сопротивление калибратора 1 МОм			
0,1 В			$\pm 0,00002$
-0,1 В			$\pm 0,00002$
1 В			$\pm 0,00011$
-1 В			$\pm 0,00011$
10 В			$\pm 0,00101$
-10 В			$\pm 0,00101$
100 В			$\pm 0,01001$
-100 В			$\pm 0,01001$
200 В			$\pm 0,02001$
-200 В			$\pm 0,02001$
Выходное сопротивление калибратора 50 Ом			
0,1 В			$\pm 0,000035$
-0,1 В			$\pm 0,000035$
1 В			$\pm 0,00026$
-1 В			$\pm 0,00026$
5 В			$\pm 0,00126$
-5 В			$\pm 0,00126$

9.6.6 Повторить операции из пунктов 9.6.1 – 9.6.5 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

Результаты операции поверки считать положительными, если абсолютная погрешность воспроизведения напряжения постоянного тока находится в пределах допускаемых значений, приведенных в таблице 8.

9.7 Определение абсолютной погрешности установки амплитуды прямоугольного сигнала

Определение абсолютной погрешности установки амплитуды прямоугольного сигнала проводить при помощи мультиметра цифрового прецизионного Fluke 8588A (далее – мультиметр) методом прямым измерений.

Перед работой с мультиметром необходимо провести калибровку нуля мультиметра в соответствии с РЭ.

9.7.1 Подключить выносной формирователь импульсов канала 1 калибратора к входу мультиметра «INPUT (HI/LO)» для измерений с выходным сопротивлением калибратора 1 МОм. При измерениях с выходным сопротивлением калибратора 50 Ом установить проходную нагрузку 50 Ом.

9.7.2 На мультиметре установить следующие параметры согласно РЭ:

- Режим измерения: ACV;
- Предел измерения: Auto;
- Resolution 7 Digits;
- Усреднение 16 в соответствии с РЭ.

9.7.3 Установить на калибраторе параметры согласно РЭ:

- Режим установки прямоугольного сигнала;

- Выходное сопротивление согласно таблице 9;
- Частота согласно таблице 9;
- Значение амплитуды согласно таблице 9.

9.7.4 Зафиксировать измеренное мультиметром значение и записать в графу «Измеренное значение напряжения» таблицы 9.

9.7.5 Рассчитать абсолютную погрешность установки амплитуды прямоугольного сигнала по формуле (5).

$$\Delta = U_n - (U_d \cdot 2), \quad (5)$$

где U_n – номинальное значение напряжения, установленное на калибраторе, В;

U_d – измеренное мультиметром значение напряжения, В.

Таблица 9

Номинальное значение напряжения	Измеренное значение напряжения	Абсолютная погрешность	Диапазоны допускаемой абсолютной погрешности
Прямоугольный положительный сигнал, выходное сопротивление калибратора 1 МОм			
Частота 1 кГц			
0,1 В			$\pm 0,00011$
1 В			$\pm 0,00101$
10 В			$\pm 0,01001$
100 В			$\pm 0,10001$
200 В			$\pm 0,20001$
Прямоугольный отрицательный сигнал, выходное сопротивление калибратора 1 МОм			
Частота 1 кГц			
0,1 В			$\pm 0,00011$
1 В			$\pm 0,00101$
10 В			$\pm 0,01001$
100 В			$\pm 0,10001$
200 В			$\pm 0,20001$
Прямоугольный симметричный сигнал, выходное сопротивление калибратора 1 МОм			
Частота 1 кГц			
0,1 В			$\pm 0,00011$
1 В			$\pm 0,00101$
10 В			$\pm 0,01001$
100 В			$\pm 0,10001$
200 В			$\pm 0,20001$
Прямоугольный положительный сигнал, выходное сопротивление калибратора 50 Ом			
Частота 1 кГц			
0,1 В			$\pm 0,00011$
1 В			$\pm 0,00101$
5 В			$\pm 0,0501$
Прямоугольный отрицательный сигнал, выходное сопротивление калибратора 50 Ом			
Частота 1 кГц			
0,1 В			$\pm 0,00011$
1 В			$\pm 0,00101$
5 В			$\pm 0,0501$
Прямоугольный симметричный сигнал, выходное сопротивление калибратора 50 Ом			
Частота 1 кГц			
0,1 В			$\pm 0,00011$
1 В			$\pm 0,00101$
5 В			$\pm 0,0501$

9.7.6 Повторить операции из пунктов 9.7.1 – 9.7.5 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

Результаты операции поверки считать положительными, если абсолютная погрешность установки амплитуды прямоугольного сигнала находится в пределах допускаемых значений, приведенных в таблице 9.

9.8 Определение абсолютной погрешности установки амплитуды синусоидального сигнала на опорной частоте 50 кГц

Определение абсолютной погрешности установки амплитуды синусоидального сигнала на опорной частоте 50 кГц проводить при помощи мультиметра цифрового прецизионного Fluke 8588A (далее – мультиметр) методом прямым измерений.

Перед работой с мультиметром необходимо провести калибровку нуля мультиметра в соответствии с РЭ.

9.8.1 Подключить выносной формирователь импульсов канала 1 калибратора к входу мультиметра «INPUT (HI/LO)» через проходную нагрузку 50 Ом.

9.8.2 На мультиметре установить следующие параметры согласно РЭ:

- Режим измерения: ACV;
- Предел измерения: Auto;
- Resolution 7 Digits;
- Усреднение 16 в соответствии с РЭ.

9.8.3 Установить на калибраторе параметры согласно РЭ:

- Режим установки синусоидального сигнала;
- Выходное сопротивление 50 Ом;
- Частота 50 кГц;
- Значение амплитуды согласно таблице 10.

9.8.4 Зафиксировать измеренное мультиметром значение и записать в графу «Измеренное значение напряжения» таблицы 10.

9.8.5 Рассчитать абсолютную погрешность установки амплитуды синусоидального сигнала по формуле (6).

$$\Delta = U_n - (U_d \cdot 2 \cdot \sqrt{2}), \quad (6)$$

где U_n – номинальное значение напряжения, установленное на калибраторе, В;

U_d – измеренное мультиметром значение напряжения, В.

Таблица 10

Номинальное значение напряжения	Измеренное значение напряжения	Абсолютная погрешность	Диапазоны допускаемой абсолютной погрешности, В
Выходное сопротивление калибратора 50 Ом			
0,05 В			±0,00075
0,5 В			±0,0075
3 В			±0,45
5 В			±0,75

9.8.6 Повторить операции из пунктов 9.8.1 – 9.8.5 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

Результаты операции поверки считать положительными, если абсолютная погрешность установки амплитуды синусоидального сигнала находится в пределах допускаемых значений, приведенных в таблице 10.

9.9 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики синусоидального сигнала

Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики синусоидального сигнала до 9 кГц проводить при помощи мультиметра цифрового прецизионного Fluke 8588A (далее – мультиметр) методом прямым измерений.

Перед работой с мультиметром необходимо провести калибровку нуля мультиметра в соответствии с РЭ.

9.9.1 Подключить выносной формирователь импульсов канала 1 калибратора к входу мультиметра «INPUT (HI/LO)» через проходную нагрузку 50 Ом.

9.9.2 На мультиметре установить следующие параметры согласно РЭ:

- Режим измерения: ACV;
- Предел измерения: Auto;
- Resolution 7 Digits;
- Усреднение 16 в соответствии с РЭ.

9.9.3 Установить на калибраторе синусоидальный сигнал с амплитудой 50 мВ, частотой 50 кГц, выходное сопротивление 50 Ом.

9.9.4 Зафиксировать измеренное мультиметром значение напряжения и записать как опорное U_{50} .

9.9.5 Последовательно, изменяя частоту выходного сигнала калибратора, измерить напряжение U_f на следующих частотах: 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 5 кГц, 9 кГц.

9.9.6 Рассчитать неравномерность АЧХ синусоидального сигнала по формуле (7).

$$\delta_{\text{АЧХ}} = \frac{U_f - U_{50}}{U_{50}} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где U_f – измеренное мультиметром значение напряжения на частотах, В;

U_{50} – измеренное мультиметром значение напряжения на частоте 50 кГц, В.

9.9.7 Повторить операции из пунктов 9.9.3 – 9.9.5 для следующих значений амплитуды на выходе калибратора 2 В.

9.9.8 Повторить операции из пунктов 9.9.1 – 9.9.7 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики синусоидального сигнала свыше 9 кГц проводить при помощи ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP18A (далее – ваттметр) методом прямым измерений.

Перед работой с ваттметром необходимо провести калибровку нуля ваттметра в соответствии с РЭ.

9.9.9 Подключить выносной формирователь импульсов канала 1 калибратора к ваттметру.

9.9.10 На ваттметре установить следующие параметры согласно РЭ:

- Режим измерения мощности, Вт.

9.9.11 Установить на калибраторе синусоидальный сигнал с амплитудой 50 мВ, частотой 50 кГц, выходное сопротивление 50 Ом.

9.9.12 Зафиксировать измеренное ваттметром значение мощности и записать как опорное P_{50} .

9.9.13 Последовательно, изменяя частоту выходного сигнала калибратора, измерить уровень мощности P_f на следующих частотах: 1 МГц, 100 МГц, 550 МГц, 1,1 ГГц, 2,02 ГГц, 3,2 ГГц, 4,2 ГГц.

9.9.14 Рассчитать неравномерность АЧХ синусоидального сигнала по формуле (8).

$$\delta_{\text{АЧХ}} = \frac{20 \cdot \sqrt{P_f} - 20 \cdot \sqrt{P_{50}}}{20 \cdot \sqrt{P_{50}}} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где P_f – измеренное ваттметром значение мощности на частотах, Вт;

P_{50} – измеренное ваттметром значение мощности на частоте 50 кГц, Вт.

9.9.15 Повторить операции из пунктов 9.9.11 – 9.9.14 для следующих значений амплитуды на выходе калибратора 2 В.

9.9.16 Повторить операции из пунктов 9.9.9 – 9.9.15 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

Таблица 11

Диапазоны частот	Диапазоны допускаемых значений неравномерности АЧХ
от 0,1 Гц до 550 МГц включ.	$\pm 1,5 \%$
св. 550 МГц до 1100 МГц включ.	$\pm 2 \%$
св. 1100 МГц до 2020 МГц включ.	$\pm 3 \%$
св. 2020 МГц до 4200 МГц	$\pm 4 \%$

Результаты операции поверки считать положительными, если расчетные значения неравномерности АЧХ синусоидального сигнала калибратора находятся в пределах допускаемых значений, приведенных в таблице 11.

9.10 Определение абсолютной погрешности установки амплитуды в режиме формирования сигнала с длительностью фронта 125 нс и 500 нс

Определение абсолютной погрешности установки амплитуды в режиме формирования сигнала с длительностью фронта 125 нс и 500 нс проводить при помощи осциллографа стробоскопического WE 100Н (далее - осциллограф) методом прямым измерений.

9.10.1 Подключить выносной формирователь импульсов канала 1 калибратора к ВЧ входу осциллографа. Подключить выносной формирователь импульсов любого свободного канала калибратора к входу синхронизации осциллографа (в случае использования только одного канала произвести подключение кабелем).

9.10.2 Подготовить осциллограф для проведения измерений амплитуды сигнала согласно РЭ.

9.10.3 Установить на калибраторе параметры согласно РЭ:

- Режим установки сигнала с малой длительностью фронта;
- Выходное сопротивление 50 Ом;
- Синхронизация по соответствующему каналу;
- Число усреднений 16
- Частота согласно таблице 12;
- Значение амплитуды согласно таблице 12.

9.10.4 Зафиксировать измеренное осциллографом значение и записать в графу «Измеренное значение амплитуды» таблицы 12.

9.10.5 Рассчитать абсолютную погрешность установки амплитуды по формуле (1).

Таблица 12

Таблица 12				
Номинальное значение установки амплитуды	Измеренное значение амплитуды, В	Частота, МГц	Абсолютная погрешность	Диапазоны допускаемой абсолютной погрешности, В
Режим формирования сигнала с длительностью фронта 125 пс				
0,1 В		1		±0,003
2 В				±0,06
Режим формирования сигнала с длительностью фронта 500 пс				
0,1 В		1		±0,003
2 В				±0,06

9.10.6 Повторить операции из пунктов 9.10.1 – 9.10.5 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

Результаты операции поверки считать положительными, если абсолютная погрешность установки амплитуды в режиме формирования сигнала с длительностью фронта 125 пс и 500 пс находится в пределах допускаемых значений, приведенных в таблице 12.

9.11 Определение длительности фронта в режиме формирования сигнала с длительностью фронта 125 пс и 500 пс

Определение длительности фронта в режиме формирования сигнала с длительностью фронта 125 пс и 500 пс проводить при помощи осциллографа стробоскопического WE 100Н (далее – осциллограф) методом прямым измерений.

9.11.1 Подключить выносной формирователь импульсов канала 1 калибратора к ВЧ входу осциллографа. Подключить выносной формирователь импульсов любого свободного канала калибратора к входу синхронизации осциллографа (в случае использования только одного канала произвести подключение кабелем).

9.11.2 Подготовить осциллограф для проведения измерений времени нарастания согласно РЭ:

9.11.3 Установить на калибраторе параметры согласно РЭ:

- Режим установки сигнала с малой длительностью фронта;
- Выходное сопротивление 50 Ом;
- Число усреднений 16
- Синхронизация по соответствующему каналу;
- Частота согласно таблице 13;
- Значение амплитуды согласно таблице 13.

9.11.4 Зафиксировать измеренное осциллографом значение и записать в графу «Измеренное значение длительности фронта сигнала, пс» таблицы 13.

Таблица 13

Таблица 13			
Номинальное значение установки амплитуды	Измеренное значение длительности фронта сигнала, пс	Частота, МГц	Допускаемые значения длительности фронта сигнала, не более, пс
Режим формирования сигнала с длительностью фронта 125 пс			
100 мВ		1	140
2 В			
Режим формирования сигнала с длительностью фронта 500 пс			
100 мВ		1	550
2 В			

9.11.5 Повторить операции из пунктов 9.11.1 – 9.11.4 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

Результаты операции поверки считать положительными, если действительные значения длительности фронта сигнала калибратора не превышают допускаемых значений, приведенных в таблице 13.

9.12 Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления с помощью калибратора

Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления с помощью калибратора проводить с помощью мультиметра цифрового прецизионного Fluke 8588A (далее – мультиметр), меры электрического сопротивления Р3026, магазина сопротивления Р40108 методом замещения.

9.12.1 Подключить выносной формирователь импульсов канала 1 калибратора к входу ММЭС согласно таблице 14.

9.12.2 Установить на калибраторе режим измерения сопротивления согласно РЭ.

9.12.3 Устанавливать на ММЭС значения сопротивления в диапазоне из таблицы 14. Записывать измеренные калибратором значения в графу «Измеренное калибратором значение сопротивления» таблицы 14.

9.12.4 Подключить мультиметр к входу ММЭС согласно таблице 14.

9.12.5 Устанавливать на ММЭС соответствующие значения сопротивления в диапазоне из таблицы 14. Записывать измеренные мультиметром значения в графу «Действительное значение сопротивления» таблицы 14.

9.12.6 Рассчитать абсолютную погрешность установки амплитуды по формуле (9).

$$\Delta = R_{и} - R_{д}, \quad (9)$$

где $R_{и}$ – измеренное калибратором значение сопротивления;

$R_{д}$ – действительное значение сопротивления.

Таблица 14

Диапазон установки значений сопротивления	Измеренное калибратором значение сопротивления	Действительное значение сопротивления	Абсолютная погрешность	Диапазоны допускаемой абсолютной погрешности
от 40 до 90 Ом				$\pm 0,001 \cdot R_{д}$
от 800 кОм до 1,2 МОм				$\pm 0,001 \cdot R_{д}$

9.12.7 Повторить операции из пунктов 9.12.1 – 9.12.6 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

Результаты операции поверки считать положительными, если абсолютная погрешность измерения сопротивления с помощью калибратора находится в пределах допускаемых значений, приведенных в таблице 14.

9.13 Определение абсолютной погрешности измерения емкости с помощью калибратора

Определение абсолютной погрешности измерения емкости с помощью калибратора проводить с помощью измерителя RLC Keysight E4980A (далее – измеритель RLC), калибровочного устройства WAYNE KERR Transfer Standards BNC 5-654-7015 (далее – мера) методом замещения.

9.13.1 Провести калибровку OPEN/SHORT измерителя RLC согласно РЭ.

9.13.2 Установить на калибраторе режим измерения емкости согласно РЭ.

9.13.3 Подключать выносной формирователь импульсов к входу меры с значением емкости из диапазона согласно таблице 15.

9.13.3 Записывать измеренные калибратором значения в графу «Измеренное калибратором значение емкости» таблицы 15.

9.13.5 Подключить измеритель RLC к входу меры с соответствующим значением емкости согласно таблице 15.

9.13.6 Записывать измеренные измерителем RLC значения в графу «Действительное значение емкости» таблицы 15.

9.13.7 Рассчитать абсолютную погрешность измерения емкости по формуле (10).

$$\Delta = C_{и} - C_{д} - C_{open}, \quad (10)$$

где $C_{и}$ – измеренное калибратором значение емкости;

C_{open} – измеренное калибратором значение емкости на мере «OPEN»;

$C_{д}$ – действительное значение сопротивления.

Таблица 15

Диапазон номинальных значений емкости	Измеренное калибратором значение емкости	Действительное значение емкости	Абсолютная погрешность	Диапазоны допускаемой абсолютной погрешности
OPEN		-	-	-
от 1 до 35 пФ				$\pm 0,02 \cdot C_d + 0,25$ пФ

9.13.8 Повторить операции из пунктов 9.13.1 – 9.13.7 для остальных выносных формирователей импульсов, представленных в поверку.

Результаты операции поверки считать положительными, если абсолютная погрешность измерения емкости с помощью калибратора находится в пределах допускаемых значений, приведенных в таблице 15.

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Калибратор осциллографов 9500С соответствует метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и результаты его поверки считают положительными, если выполняются условия, приведенные в пунктах 9.1 – 9.13.

В случае невыполнения условий по п. 10.1 результаты поверки калибратора считают отрицательными.

10.2 Оценка соответствия калибраторов осциллографов 9500С обязательным метрологическим требованиям к рабочему эталону 2-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений импульсного электрического напряжения утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 № 3463 проводится по результатам выполнения операций пункта 9.11 настоящей методики поверки.

Полученное значение длительности фронта сопоставляют с требованиями государственной поверочной схемы. Соответствие калибраторов осциллографов 9500С требованиям к рабочему эталону 2-го разряда считается подтвержденным при положительном результате выполнения операций пункта 9.11 и выполнении условия, что значение длительности фронта соответствует требованиям к рабочему эталону 2-го разряда Государственной поверочной схемы для средств измерений импульсного электрического напряжения утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 № 3463.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке и (или) наносится знак поверки на средство измерений.

11.3 При отрицательных результатах поверки (когда не подтверждается соответствие средств измерений метрологическим требованиям) по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

11.4 При соответствии калибратора метрологическим характеристикам, установленным при утверждении типа средства измерений, он может быть признан пригодным для применения в качестве рабочего эталона 2-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений импульсного электрического напряжения утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 № 3463, и

обеспечивающим прослеживаемость к Государственному первичному специальному эталону единицы импульсного электрического напряжения с длительностью импульса от $4 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-5}$ с – ГЭТ 182-2010.

11.5 При проведении поверки в сокращенной форме информация об объеме проведенной поверки передается в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

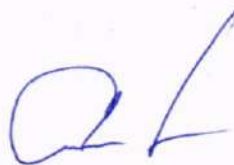
11.6 Протоколы поверки оформляются в соответствии с требованиями установленными федеральным законодательством и правилами в организации, проводившей поверку.

Начальник отдела испытаний
АО «ПриСТ»



О. В. Котельник

Ведущий инженер по метрологии
отдела испытаний АО «ПриСТ»



Е. Е. Смердов

Приложение А

Таблица А1 – Метрологические характеристики в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока, В, при сопротивлении нагрузки: 50 Ом 1 МОм	$\pm 0,0001 \cdot U_{\text{вых}} + 1 \cdot 10^{-5}$ $\pm 0,00025 \cdot U_{\text{вых}} + 1 \cdot 10^{-5}$
Примечание – $U_{\text{вых}}$ – значение воспроизводимого напряжения, В.	

Таблица А2 – Метрологические характеристики в режиме воспроизведения сигнала прямоугольной формы

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения напряжения сигнала прямоугольной формы, В _{п-п} , при напряжении выходного сигнала $U_{\text{вых}}$: до $1 \cdot 10^{-3}$ В _{п-п} от $1 \cdot 10^{-3}$ В _{п-п}	$\pm 0,01 \cdot U_{\text{вых}} + 1 \cdot 10^{-5}$ $\pm 0,001 \cdot U_{\text{вых}} + 1 \cdot 10^{-5}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки частоты сигнала прямоугольной формы, Гц	$\pm (0,15 \cdot 10^{-6} \cdot F_{\text{уст}} + 0,01)$
Время нарастания/среза (τ), нс, не более, при напряжении выходного сигнала $U_{\text{вых}}$: до 100 В _{п-п} от 100 В _{п-п}	150 200
Примечания: $F_{\text{уст}}$ – установленное значение частоты сигнала прямоугольной формы, Гц; $U_{\text{вых}}$ – значение воспроизводимого напряжения, В.	

Таблица А3 – Метрологические характеристики в режиме генератора синусоидального напряжения

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения частоты, Гц	$\pm (0,15 \cdot 10^{-6} \cdot F_{\text{уст}} + 1 \cdot 10^{-6})$
Пределы допускаемой относительной погрешности установки амплитуды синусоидального сигнала на опорной частоте 50 кГц, %	$\pm 1,5$
Неравномерность АЧХ относительно опорной частоты 50 кГц, %, в диапазонах частот от 0,1 Гц до 550 МГц включ. св. 550 МГц до 1,1 ГГц включ. св. 1,1 ГГц до 2,02 ГГц включ. св. 2,02 до 4,20 ГГц	$\pm 1,5$ ± 2 ± 3 ± 4
Примечание – $F_{\text{уст}}$ – установленное значение частоты сигнала прямоугольной формы, Гц.	

Таблица А4 – Метрологические характеристики в режиме формирования сигнала с малым временем нарастания

Наименование характеристики	Значение			
	Режим 500 пс на нагрузке 50 Ом	Режим 125 пс на нагрузке 50 Ом	Режим высоковольтный на нагрузке 1 МОм	Режим высоковольтный на нагрузке 50 Ом
Время нарастания/среза	от 450 до 550 пс	от 100 до 140 пс	менее 150 нс (до 100 В _{п-п}) менее 200 пс (от 100 В _{п-п})	менее 100 нс

Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения амплитуды, %	± 3
--	---------

Таблица А5 – Метрологические характеристики в режиме формирования временных маркеров

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки периода, Гц	$\pm(0,15 \cdot 10^{-6} \cdot F_{уст})$
Примечание – $F_{уст}$ – установленное значение частоты сигнала прямоугольной формы, Гц.	

Таблица А6 – Метрологические характеристики в режиме генератора длительности импульсов

Наименование характеристики	Значение
Диапазон установки длительности импульса (τ), нс	от 1 до 100
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки длительности импульса, нс	$\pm(0,05 \cdot \tau + 0,2)$

Таблица А7 – Метрологические характеристики в режиме измерений электрического сопротивления

Наименование характеристики	Значение				
Диапазон измерений сопротивления, Ом	от 10 до 40 включ.	св. 40 до 90 включ.	св. 90 до $8 \cdot 10^5$ включ.	св. $8 \cdot 10^5$ до $1,2 \cdot 10^6$ включ.	св. $1,2 \cdot 10^6$ до $12 \cdot 10^6$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений сопротивления, %	$\pm 0,5$	$\pm 0,1$	$\pm 0,5$	$\pm 0,1$	$\pm 0,5$

Таблица А8 – Метрологические характеристики в режиме измерения электрической емкости

Наименование характеристики	Значение	
Диапазон измерений емкости С, пФ	от 1 до 35 включ.	св. 35 до 95
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений емкости, пФ	$\pm(0,02 \cdot C + 0,25)$	$\pm(0,03 \cdot C + 0,25)$
Примечание – С – значение измеряемой электрической емкости, пФ.		