

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

АО «ПриСТ»



А. Н. Новиков

«19» ноября 2025 г.

«ГСИ. Осциллографы цифровые АКПП-4157.
Методика поверки»

МП-ПР-47-2025

Москва
2025

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на осциллографы цифровые АКИП-4157 (далее – осциллографы) и устанавливает методы и средства поверки.

При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемых осциллографов к следующим государственным первичным эталонам единиц величин:

- к ГЭТ 182-2010 «ГПСЭ единицы импульсного электрического напряжения с длительностью импульса от $4 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-5}$ с», в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта №3463 от 30.12.2019.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в Приложении А.

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

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1 Внешний осмотр средств измерений	Да	Да	Раздел 7
2 Подготовка к поверке и опробование средств измерений	Да	Да	Раздел 8
3 Проверка программного обеспечения	Да	Да	Раздел 9
4 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			Раздел 10
5 Определение сопротивления входных каналов осциллографа	Да	Да	10.1
6 Определение абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока	Да	Да	10.2
7 Определение абсолютной погрешности измерения импульсного электрического напряжения	Да	Да	10.3
8 Определение погрешности установки уровня постоянного смещения	Да	Да	10.4
9 Проверка ширины полосы пропускания	Да	Да	10.5
10 Определение времени нарастания переходной характеристики	Да	Да	10.6
11 Определение относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора	Да	Да	10.7
12 Определение метрологических характеристик функционального генератора ¹⁾	Да	Да	10.8
13 Оформление результатов поверки	Да	Да	Раздел 11

¹⁾ – выполняется при наличии опции

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от +15 °С до +25 °С;
- относительная влажность от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 86 до 106 кПа;
- напряжение сети питания от 198 до 240 В.

4. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка осциллографов цифровых АКИП-4157 должна выполняться специалистами организации, аккредитованной в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений данного вида, имеющими необходимую квалификацию, ознакомленными с руководством по эксплуатации и освоившими работу с осциллографами и применяемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику поверки.

4.2 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

5. 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
8.1	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 (рег. № 58174-14)
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью ± 5 гПа	Измеритель давления Testo 511 (рег. № 53431-13)
	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)
10.1 – 10.6	Эталон единицы импульсного электрического напряжения, соответствующие требованиям к эталонам 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений импульсного электрического напряжения, утвержденной приказом Росстандарта № 3463 от 30.12.2019. Эталон единицы напряжения постоянного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, утвержденной приказом Росстандарта № 1520 от 28.07.2023.	Калибратор осциллографов 9500В (рег. № 30374-13)

Продолжение таблицы 2

1	2	3
10.7, 10.8	Эталоны единицы измерений времени и частоты, соответствующие требованиям к эталонам 4 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022.	Частотомер универсальный CNT-90XL (рег. № 70888-18)
10.8	Эталоны единицы напряжения постоянного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, утвержденной приказом Росстандарта № 1520 от 28.07.2023.	Вольтметр универсальный В7-78/1 (рег. № 52147-12)
10.8	Эталоны единицы напряжения переменного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений переменного электрического напряжения, утвержденной приказом Росстандарта № 1706 от 18.08.2023.	
10.8	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: $\pm 2,5$ %.	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T (рег. № 69958-17)
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа, поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 15 декабря 2020 года N 903н.

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

7. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

- не должно быть механических повреждений корпуса. Все надписи должны быть четкими и ясными;
- все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.

При наличии дефектов поверяемый осциллограф бракуется и направляется в ремонт.

8. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- средства поверки и поверяемый осциллограф должны быть подготовлены к работе согласно их руководствам по эксплуатации и прогреты в течение 30 минут;
- должен быть выполнен контроль условий по обеспечению безопасности проведения поверки (раздел 6);
- должен быть выполнен контроль условий проведения поверки (раздел 3).

8.2 Для проверки функционирования основных режимов – подключить калибратор Fluke 9500B с использованием формирователя 9530 на вход 1 осциллографа. Подать с

калибратора симметричный меандр частотой 1 кГц и размахом 1 В. Коэффициент отклонения поверяемого осциллографа установить равным 200 мВ/дел, коэффициент развертки 1 мс/дел. При этом на экране осциллографа должен наблюдаться сигнал с размером изображения по вертикали равным пяти большим делениям шкалы и размером изображения по горизонтали в виде десяти периодов сигнала.

8.3 При изменении значения коэффициента отклонения должно наблюдаться изменение высоты изображения импульсов. При изменении значения коэффициента развертки должно наблюдаться изменение ширины изображения импульсов.

8.4 Опробование провести для каждого канала осциллографа.

При отрицательном результате опробования осциллограф бракуется и направляется в ремонт.

После опробования выполнить предварительную самокалибровку осциллографа. Для этого войти в меню «Utility» - «Maintenance» - «Self Calibration» и произвести калибровку согласно руководству по эксплуатации.

9. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Проверка идентификационных данных программного обеспечения осциллографов цифровых АКПП-4157 осуществляется путем вывода на дисплей прибора информации о версии программного обеспечения. Вывод системной информации осуществляется по процедуре, описанной в руководстве по эксплуатации на прибор.

Результат считается положительным, если версия программного обеспечения соответствует данным, приведенным в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	-
Номер версии (идентификационный номер ПО), не ниже	1.0.1.1.0.0.1

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Допускается проведение периодической поверки отдельных измерительных каналов осциллографов с обязательным указанием в сведениях о поверке информации об объеме проведенной поверки.

10.1 Определение сопротивления входных каналов осциллографа

Определение сопротивления входных каналов осциллографа проводить методом прямого измерения сопротивления калибратором осциллографов Fluke 9500В в следующей последовательности:

10.1.1 Включить осциллограф и выполнить сброс на заводские настройки согласно инструкции по эксплуатации.

10.1.2 Подключить калибратор осциллографов Fluke 9500В с использованием формирователя 9530 ко входу первого канала осциллографа.

10.1.3 На калибраторе установить режим измерения сопротивления.

10.1.4 Провести измерения сопротивления для каждого канала осциллографа при настройках, приведенных в таблице 4.

10.1.5 Определить отклонение сопротивления входных каналов осциллографа от номинального значения ΔR по формуле (1):

$$\Delta R = R_{\text{ном}} - R_{\text{изм}} \quad (1)$$

где $R_{\text{изм}}$ – значение сопротивления входного канала, измеренное калибратором, Ом;

$R_{\text{ном}}$ – значение сопротивления входного канала, установленного в осциллографе, Ом.

Результаты операции поверки считать положительными, если отклонение от номинального сопротивления находится в пределах, приведенных в таблице 4.

Таблица 4

Установленный коэффициент отклонения, мВ/дел.	Номинальное значение входного сопротивления	Допускаемое отклонение от номинального сопротивления, Ом
50	1 МОм	$\pm 2 \cdot 10^4$
200	50 Ом	$\pm 0,5$

10.2 Определение абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока

Определение абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока проводить с помощью калибратора осциллографов Fluke 9500В с использованием формирователя 9530.

10.2.1 Подключить калибратор осциллографов Fluke 9500В с использованием формирователя 9530 ко входу первого канала осциллографа. Остальные каналы должны быть выключены.

10.2.2 Выполнить следующие установки на осциллографе:

- канал 1: включен, остальные каналы выключены;
- ограничение полосы пропускания: 20 МГц;
- тип синхронизации: Edge (Фронт);
- режим измерения: Mean (Среднее значение), статистика измерений: включена.

10.2.3 Установить калибратор в режим источника напряжения постоянного тока. Установить нагрузку на выходе калибратора в соответствии с сопротивлением входа осциллографа. Провести измерения напряжения постоянного тока положительной и отрицательной полярности, при установках, приведенных в таблице 5.

10.2.4 Для получения результата измерения произвести считывание среднего значения результата измерения при числе статистики измерений не менее 50. Записать измеренные значения в таблицу 5.

Определить абсолютную погрешность измерения напряжения постоянного тока по формуле (2):

$$\Delta U = U_{\text{изм}} - U_{9500\text{В}} \quad (2)$$

где $U_{\text{изм}}$ – значение напряжения, измеренное поверяемым осциллографом, В;

$U_{9500\text{В}}$ – значение амплитуды, установленное на калибраторе, В.

Таблица 5

Установленный коэффициент отклонения	Напряжение постоянного тока, установленное на калибраторе	Значение напряжения постоянного тока, измеренное осциллографом		Допускаемые пределы измерения напряжения постоянного тока	
		при входном сопротивлении 50 Ом	при входном сопротивлении 1 МОм	Нижний предел	Верхний предел
0,5 мВ/дел	+1,5 мВ			+0,440 мВ	+2,560 мВ
	-1,5 мВ			-2,560 мВ	-0,440 мВ
1 мВ/дел	+3,0 мВ			+1,880 мВ	+4,120 мВ
	-3,0 мВ			-4,120 мВ	-1,880 мВ
2 мВ/дел	+6,0 мВ			+4,760 мВ	+7,240 мВ
	-6,0 мВ			-7,240 мВ	-4,760 мВ
5 мВ/дел	+15,0 мВ			+13,60 мВ	+16,40 мВ
	-15,0 мВ			-16,40 мВ	-13,60 мВ
10 мВ/дел	+30,0 мВ			+28,20 мВ	+31,80 мВ
	-30,0 мВ			-31,80 мВ	-28,20 мВ
20 мВ/дел	+60,0 мВ			+57,40 мВ	+62,60 мВ
	-60,0 мВ			-62,60 мВ	-57,40 мВ
50 мВ/дел	+150,0 мВ			+145,00 мВ	+155,00 мВ
	-150,0 мВ			-155,00 мВ	-145,00 мВ
100 мВ/дел	+300,0 мВ			+291,00 мВ	+309,00 мВ

	-300,0 мВ			-309,00 мВ	-291,00 мВ
200 мВ/дел	+600,0 мВ			+0,583 В	+0,617 В
	-600,0 мВ			-0,617 В	-0,583 В
0,5 В/дел	+1,50 В			+1,459 В	+1,541 В
	-1,50 В			-1,541 В	-1,459 В
1 В/дел	+3,0 В			+2,919 В	+3,081 В
	-3,0 В			-3,081 В	-2,919 В
2 В/дел	+6,0 В	-		+5,839 В	+6,161 В
	-6,0 В	-		-6,161 В	-5,839 В
5 В/дел	+15,0 В	-		+14,599 В	+15,401 В
	-15,0 В	-		-15,401 В	-14,599 В
10 В/дел	+30,0 В	-		+29,199 В	+30,801 В
	-30,0 В	-		-30,801 В	-29,199 В

10.2.5 Повторить измерения по п. п. 10.2.1 – 10.2.4 для остальных каналов осциллографа. Неиспользуемые каналы должны быть выключены.

Результаты операции поверки считать положительными, если измеренные значения напряжения постоянного тока не превышают допускаемых пределов, приведенных в таблице 5.

10.3 Определение абсолютной погрешности измерения импульсного электрического напряжения

Определение абсолютной погрешности измерения импульсного электрического напряжения проводить с помощью калибратора осциллографов Fluke 9500В с использованием формирователя 9530.

10.3.1 Подключить калибратор осциллографов Fluke 9500В с использованием формирователя 9530 ко входу 1 осциллографа.

10.3.2 Выполнить следующие установки осциллографа:

- канал 1 – включен, остальные каналы выключены;
- связь входа – DC;
- режим измерения – Amplitude (амплитудное значение), статистика измерений – включена;
- ограничение полосы пропускания (BW) – 20 МГц;
- тип синхронизации – Edge (фронт);
- коэффициент развертки: 0,5 мс/дел.
- коэффициент отклонения – устанавливается из таблицы 6.

10.3.3 Установить на калибраторе режим воспроизведения прямоугольного сигнала частотой 1 кГц. Установить нагрузку на выходе калибратора в соответствии с сопротивлением входа осциллографа. Уровень сигнала устанавливать из таблицы 6.

10.3.4 Для получения результата измерения произвести считывание среднего значения результата измерения при числе измерений не менее 50.

10.3.5 Установить калибратор в режим источника импульсного напряжения. Измерения провести при значениях коэффициентов отклонения K_0 , выходного напряжения с калибратора, указанных в таблице 6. Записать измеренные значения в таблицу 6.

10.3.6 Провести измерения по п. 10.3.1 – 10.3.5 для остальных каналов осциллографа. При этом неиспользуемые каналы должны быть отключены.

Таблица 6 – Допускаемые пределы измерения импульсного электрического напряжения

Установленный коэффициент отклонения	Импульсное напряжение, установленное на калибраторе	Значение импульсного напряжения, измеренное осциллографом		Допускаемые пределы измерения напряжения постоянного тока	
		при входном сопротивлении 50 Ом	при входном сопротивлении 1 МОм	Нижний предел	Верхний предел
0,50 мВ/дел	3 мВ			1,94 мВ	4,06 мВ
1 мВ/дел	6 мВ			4,88 мВ	7,12 мВ
2 мВ/дел	12 мВ			10,76 мВ	13,24 мВ
5 мВ/дел	30 мВ			28,60 мВ	31,40 мВ

10 мВ/дел	60 мВ			58,20 мВ	61,80 мВ
20 мВ/дел	120 мВ			117,40 мВ	122,60 мВ
50 мВ/дел	300 мВ			295 мВ	305 мВ
100 мВ/дел	600 мВ			591 мВ	609 мВ
200 мВ/дел	1,2 В			1,183 В	1,217 В
500 мВ/дел	3 В			2,959 В	3,041 В
1 В/дел	5 В			4,919 В	5,081 В
	6 В	-		5,919 В	6,081 В
2 В/дел	12 В	-		11,839 В	12,161 В
5 В/дел	30 В	-		29,599 В	30,401 В
10 В/дел	60 В	-		59,199 В	60,801 В

Результаты операции поверки по данному пункту считать положительными, если измеренные значения импульсного электрического напряжения не превышают допусковых пределов, приведенных в таблице 6.

10.4 Определение погрешности установки уровня постоянного смещения

Определение погрешности установки уровня постоянного смещения проводить с помощью калибратора осциллографов Fluke 9500В с использованием формирователя 9530.

10.4.1 Подключить калибратор осциллографов Fluke 9500В с использованием формирователя 9530 ко входу первого канала осциллографа. Остальные каналы должны быть выключены.

10.4.2 Выполнить следующие установки на осциллографе:

- канал 1: включен, остальные каналы выключены;
- ограничение полосы пропускания: 20 МГц;
- тип синхронизации: Edge (Фронт);
- режим измерения: Mean (Среднее значение), статистика измерений: включена;
- коэффициент отклонения: устанавливать из таблицы 7.

10.4.3 Установить уровень постоянного смещения «Offset» в канале равным 0 В, линия развертки должна быть расположена при этом по центральной горизонтальной линии осциллографа. Установить нагрузку на выходе калибратора в соответствии с сопротивлением входа осциллографа.

10.4.4 Подать напряжение положительной полярности (U_+), значение которого приведено в таблице 7, с калибратора на вход канала 1 осциллографа. Значение напряжения не должно превышать максимально допустимый уровень на входе осциллографа.

10.4.5 Произвести считывание результата измерений с экрана осциллографа. Записать измеренное значение в таблицу 7. Измерения провести при значениях коэффициентов отклонения (K_0), выходного напряжения с калибратора, указанных в таблице 7.

10.4.6 Провести измерения по п. п. 10.4.1 – 10.4.5 для остальных каналов осциллографа. При этом неиспользуемые каналы должны быть отключены.

Таблица 7

Установленный коэффициент отклонения K_0	Напряжение постоянного тока, установленное на калибраторе	Значение напряжения постоянного тока, измеренное осциллографом	Допускаемые пределы измерения напряжения постоянного тока со смещением, В	
			Нижний предел	Верхний предел
Входное сопротивление 50 Ом				
0,5 мВ/дел	-1,6000 В		-1,617 В	-1,583 В
	1,6000 В		1,583 В	1,617 В
5 мВ/дел	-1,6000 В		-1,618 В	-1,582 В
	1,6000 В		1,582 В	1,618 В
10 мВ/дел	-4,0000 В		-4,042 В	-3,958 В
	4,0000 В		3,958 В	4,042 В
20 мВ/дел	-5,5000 В		-5,558 В	-5,442 В
	5,5000 В		5,442 В	5,558 В

100 мВ/дел	-5,5000 В		-5,561 В	-5,439 В
	5,5000 В		5,439 В	5,561 В
1 В/дел	-5,5000 В		-5,597 В	-5,403 В
	5,5000 В		5,403 В	5,597 В
Входное сопротивление 1 МОм				
0,5 мВ/дел	-1,6000 В		-1,617 В	-1,583 В
	1,6000 В		1,583 В	1,617 В
5 мВ/дел	-1,6000 В		-1,618 В	-1,582 В
	1,6000 В		1,582 В	1,618 В
10 мВ/дел	-4,0000 В		-4,042 В	-3,958 В
	4,0000 В		3,958 В	4,042 В
20 мВ/дел	-8,0000 В		-8,083 В	-7,917 В
	8,0000 В		7,917 В	8,083 В
100 мВ/дел	-16,0000 В		-16,168 В	-15,832 В
	16,0000 В		15,832 В	16,168 В
200 мВ/дел	-80,0000 В		-80,825 В	-79,175 В
	80,0000 В		79,175 В	80,825 В
1 В/дел	-160,0000 В		-161,673 В	-158,327 В
	160,0000 В		158,327 В	161,673 В
2 В/дел	-220,0000 В		-222,325 В	-217,675 В
	220,0000 В		217,675 В	222,325 В
10 В/дел	-220,0000 В		-222,645 В	-217,355 В
	220,0000 В		217,355 В	222,645 В

Результаты операции поверки по данному пункту считать положительными, если измеренные значения уровня постоянного смещения не превышают пределов, приведенных в таблице 7.

10.5 Проверка ширины полосы пропускания

Проверку ширины полосы пропускания осциллографа проводить методом прямого измерения осциллографом синусоидального сигнала, воспроизводимого калибратором осциллографов Fluke 9500В.

10.5.1 Подключить калибратор осциллографов Fluke 9500В с использованием формирователя 9530 ко входу первого канала осциллографа. Остальные каналы должны быть выключены.

10.5.2 Выполнить на осциллографе сброс на заводские настройки и произвести следующие установки:

- канал 1: включен, остальные каналы выключены;
- коэффициент отклонения осциллографа: $K_o=1$ мВ/дел;
- связь входа DC, сопротивление 50 Ом;
- коэффициент развертки: 10 мкс/дел.

10.5.3 Установить на выходе калибратора синусоидальный сигнал частотой 50 кГц, размах сигнала от 4 до 6 делений по вертикали. Установить нагрузку на выходе калибратора в соответствии с сопротивлением входа осциллографа. Измерить размах сигнала $U_{оп}$ при помощи автоматических измерений осциллографа: Amplitude (Амплитуда). Для получения результата измерения произвести считывание максимального значения результата измерения при числе измерений не менее 50.

10.5.4 Установить на осциллографе полоса пропускания – Full (Полная).

10.5.5 Установить на выходе калибратора сигнал с частотой, соответствующей верхней граничной частоте полосы пропускания поверяемого осциллографа.

10.5.6 Установить на поверяемом осциллографе величину коэффициента развертки 10 нс/дел.

10.5.7 Записать измеренный осциллографом размах сигнала при частоте сигнала с калибратора, соответствующей верхнему пределу полосы пропускания поверяемого осциллографа.

10.5.8 Повторить измерения по п. п. 10.5.1 – 10.5.7 для значений коэффициентов отклонения, устанавливаемых из ряда: 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 мВ/дел, 1 В/дел.

Для коэффициента отклонения 1 В/дел амплитуду импульса установить 3 деления.

10.5.9 Провести измерения по п. п. 10.5.1 – 10.5.8 для остальных каналов осциллографа. Неиспользуемые каналы должны быть выключены.

Таблица 8

Модификация	Полоса пропускания по уровню -3 дБ, МГц
АКИП-4157/1-4К, АКИП-4157/1-6К, АКИП-4157/1-8К	350
АКИП-4157/2-4К, АКИП-4157/2-6К, АКИП-4157/2-8К	500
АКИП-4157/3-4К, АКИП-4157/3-6К, АКИП-4157/3-8К	1000

Результаты операции поверки считать положительными, если измеренное значение амплитуды сигнала при частоте сигнала с калибратора, соответствующей верхней граничной частоте полосы пропускания поверяемого осциллографа не менее $0,708 \cdot U_{оп}$, что соответствует уровню -3 дБ, приведенного в таблице 8.

10.6 Определение времени нарастания переходной характеристики

Определение времени нарастания переходной характеристики (ПХ) производить методом прямого измерения путем подачи на вход осциллографа импульса с малым временем нарастания от калибратора осциллографов Fluke 9500В.

10.6.1 Выполнить сброс на заводские настройки согласно инструкции по эксплуатации.

10.6.2 Подключить калибратор осциллографов Fluke 9500В с использованием формирователя 9530 ко входу первого канала осциллографа. Остальные каналы должны быть выключены. Установить нагрузку на выходе калибратора в соответствии с сопротивлением входа осциллографа.

10.6.3 Выполнить следующие установки на осциллографе:

- канал 1: включен;
- полоса пропускания: Full (Полная);
- тип синхронизации: Edge (Фронт);
- значение коэффициента развертки: минимальное, при котором наблюдается фронт импульса;

- режим измерения: Rise (Время нарастания), статистика измерений включена;

- коэффициент отклонения $K_0=1$ мВ/дел.

- связь входа DC, сопротивление 50 Ом;

10.6.4 Установить амплитуду импульса на экране осциллографа не меньше 4 делений по вертикали. Произвести считывание среднего значения результата измерения времени нарастания, при числе статистики измерений не менее 50.

10.6.5 Повторить измерения по п. п. 10.6.2 – 10.6.4 для коэффициентов отклонения, устанавливаемых из ряда: 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 мВ/дел, 1 В/дел.

Для коэффициента отклонения 1 В/дел амплитуду импульса установить 3 деления.

10.6.6 Повторить измерения по п. п. 10.6.2 - 10.6.5 для остальных каналов осциллографа. Неиспользуемые каналы должны быть выключены.

10.6.7 Определить время нарастания переходной характеристики по формуле (3) с учетом погрешности измерения временного интервала:

$$t_{пх} = \sqrt{(t_x - t_s)^2 - t_0^2} \quad (3)$$

где t_x – значение времени нарастания, измеренное поверяемым осциллографом, пс;

$t_s = 1/F_{дискр}$ – интервал сэмпирования, используемый при измерении времени нарастания ПХ, пс;

t_0 – значение времени нарастания формирователя калибратора, пс.

Таблица 9

Модификации	Время нарастания переходной характеристики, пс, не более
АКИП-4157/1-4К, АКИП-4157/1-6К, АКИП-4157/1-8К	830
АКИП-4157/2-4К, АКИП-4157/2-6К, АКИП-4157/2-8К	610
АКИП-4157/3-4К, АКИП-4157/3-6К, АКИП-4157/3-8К	460

Результаты операции поверки считать положительными, если значения времени нарастания не превышают значений, приведенных в таблице 9.

10.7 Определение относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора

Определение относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора проводить методом прямых измерений при помощи частотомера универсального CNT-90XL.

10.7.1 Выход опорного сигнала (10 МГц OUT) на задней панели осциллографа подключить к входу А частотомера.

10.7.2 На частотомере установить: режим измерения частоты по входу А; входное сопротивление частотомера 50 Ом.

10.7.3 Измерить частотомером частоту опорного сигнала осциллографа и определить относительную погрешность осциллографа по частоте внутреннего опорного генератора по формуле (4):

$$\delta_F = (1 \cdot 10^7 - F_{\text{ч}}) / 1 \cdot 10^7 \quad (4)$$

где $F_{\text{ч}}$ – показания частотомера, Гц.

Результаты поверки считать положительными, если значение относительной погрешности осциллографа по частоте внутреннего опорного генератора не превышает $\pm 2 \cdot 10^{-6}$.

10.8 Определение метрологических характеристик функционального генератора

Подключить функциональный генератор к разъему USB осциллографа.

10.8.1 Определение относительной погрешности установки частоты

Определение относительной погрешности установки частоты проводить методом прямых измерений при помощи частотомера универсального CNT-90XL.

10.8.1.1 Подключить частотомер к выходу генератора.

10.8.1.2 В меню осциллографа выбрать режим генератора и задать следующие параметры:

- форма сигнала: прямоугольная;
- частота: 1 Гц;
- уровень сигнала: 2 В_{п-п} (размах).

10.8.1.3 Включить выход генератора и измерить установленное значение частоты частотомером.

10.8.1.4 Повторить измерения для других частот, устанавливая значения частоты из ряда: 10, 100 Гц, 1, 100 кГц, 1, 10, 15, 20, 25 МГц. При частоте сигнала св. 10 МГц на генераторе установить синусоидальную форму сигнала.

10.8.1.5 Определить относительную погрешность установки частоты по формуле (5):

$$\delta_F = (F_{\text{уст}} - F_0) / F_0 \quad (5)$$

где $F_{\text{уст}}$ – установленное значение частоты сигнала генератора, Гц;

F_0 – значение частоты, измеренное частотомером, Гц.

Результаты операции поверки по данному пункту считать положительными, если во всех поверяемых точках вычисленные по формуле (5) значения относительной погрешности установки частоты не превышают допусковых пределов: $\pm 5 \cdot 10^{-5}$.

10.8.2 Определение абсолютной погрешности установки уровня синусоидального сигнала

Определение абсолютной погрешности установки уровня синусоидального сигнала проводить методом прямых измерений при помощи вольтметра универсального В7-78/1.

10.8.2.1 Подключить вольтметр к выходу генератора через проходную нагрузку 50 Ом.

10.8.2.2 В меню осциллографа выбрать режим генератора и задать следующие параметры:

- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: синусоидальная;
- частота: 10 кГц;
- уровень сигнала: 10 мВ_{п-п} (размах).

10.8.2.3 На вольтметре установить режим измерения переменного напряжения. Включить выход генератора и измерить установленное значение напряжения вольтметром. Результат измерения умножить на значение 2,828 и записать в таблицу 10 как «действительное значение размаха напряжения на выходе генератора».

10.8.2.4 Повторить измерения напряжения для других значений, устанавливая значения напряжения на выходе генератора из таблицы 10.

Таблица 10

Установленное на генераторе значение напряжения (размах), В	Действительные значения размаха напряжения на выходе генератора ¹⁾ , В	Допускаемые пределы установки выходного напряжения, В	
		Нижний предел	Верхний предел
0,010		0,0069	0,0131
0,100		0,096	0,104
0,500		0,492	0,508
1,000		0,987	1,013
1,500		1,482	1,518
3,000		2,967	3,033

Примечание

¹⁾ – измеренное вольтметром значение напряжения, умноженное на 2,828

Результаты операции поверки по данному пункту считать положительными, если действительные значения размаха напряжения на выходе генератора не превышают допусковых пределов, приведенных в таблице 10.

10.8.3 Определение абсолютной погрешности установки постоянного напряжения

Определение абсолютной погрешности установки постоянного напряжения проводить методом прямых измерений при помощи вольтметра универсального В7-78/1.

10.8.3.1 Подключить вольтметр к выходу генератора через проходную нагрузку 50 Ом.

10.8.3.2 В меню осциллографа выбрать режим генератора и задать следующие параметры:

- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: DC (постоянный уровень);
- уровень сигнала: -1,5 В.

10.8.3.3 На вольтметре установить режим измерения постоянного напряжения. Включить выход генератора и измерить установленное постоянное напряжение. Результат измерения записать в таблицу 11.

10.8.3.4 Повторить измерения для других значений постоянного напряжения, устанавливая значения из таблицы 11.

Результаты операции поверки по данному пункту считать положительными, если измеренные значения постоянного напряжения на выходе генератора не превышают допустимых пределов, приведенных в таблице 11.

Таблица 11

Установленное на генераторе значение постоянного напряжения, В	Измеренное вольтметром значение напряжения, постоянного тока, В	Допускаемые пределы установки постоянного напряжения, В	
		Нижний предел	Верхний предел
-1,50		-1,5180	-1,4820
-1,00		-1,0130	-0,9870
-0,50		-0,5080	-0,4920
-0,10		-0,1040	-0,0960
-0,01		-0,0131	-0,0069
0,00		-0,0030	+0,0030
+0,01		+0,0069	+0,0131
+0,10		+0,0960	+0,1040
+0,50		+0,4920	+0,5080
+1,00		+0,9870	+1,0130
+1,50		+1,4820	+1,5180

10.8.4 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики

Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) проводить методом прямых измерений относительно частоты 10 кГц при помощи ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP18T.

10.8.4.1 Подключить ваттметр к выходу генератора через переходник N-BNC.

10.8.4.2 В меню осциллографа выбрать режим генератора и задать следующие параметры:

- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: синусоидальная;
- частота: 10 кГц;
- уровень сигнала: 2,828 В_{п-п}.

10.8.4.3 Включить выход генератора и измерить установленный уровень сигнала на частоте 10 кГц. Результат измерения записать в таблицу 12 как опорное значение.

10.8.4.4 Провести измерения уровня сигнала для значений частот сигнала, устанавливаемых согласно таблицы 12. Уровень сигнала на выходе генератора не менять.

10.8.4.5 Вычислить неравномерность АЧХ по формуле (6):

$$\Delta_{\text{АЧХ}} = P_{\text{изм}} - P_{\text{оп}} \quad (6)$$

где $P_{\text{изм}}$ – измеренное значение уровня сигнала при частоте сигнала отличной от 10 кГц,
 $P_{\text{оп}}$ – измеренное значение уровня сигнала на опорной частоте 10 кГц.

Результаты операции поверки по данному пункту считать положительными, если неравномерность АЧХ не превышает допустимых пределов, приведенных в таблице 12.

Таблица 12

Установленное значение частоты сигнала	Измеренное значение уровня сигнала, дБ	Измеренное значение неравномерности АЧХ, дБ	Допускаемое значение неравномерности АЧХ, дБ
10 кГц	$P_{оп}$	-	-
10 Гц			$\pm 0,3$
100 Гц			$\pm 0,3$
100 кГц			$\pm 0,3$
1 МГц			$\pm 0,3$
10 МГц			$\pm 0,3$
20 МГц			$\pm 0,3$
25 МГц			$\pm 0,3$

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 осциллографов метрологическим требованиям), по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

11.4 Протоколы поверки оформляются в соответствии с требованиями, установленными в организации, проводившей поверку.

Начальник отдела испытаний
АО «ПриСТ»

О. В. Котельник

Ведущий инженер по метрологии
отдела испытаний АО «ПриСТ»

Е. Е. Смердов

Инженер по метрологии АО «ПриСТ»

Ю. Ю. Бакаева

Таблица А1 – Метрологические характеристики осциллографов

Наименование характеристики		Значение
Пределы допускаемой относительной погрешности установки коэффициентов отклонения, % - при K_0 от 0,5 до 4,95 мВ/дел - при K_0 от 5 мВ/дел до 10 В/дел включ.		$\pm 1,5$ $\pm 1,0$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока при уровне постоянного смещения $U_{см}=0$ В и импульсного напряжения частотой до 100 кГц, мВ - при K_0 от 0,5 до 4,95 мВ/дел включ. - при K_0 от 5 мВ/дел до 10 В/дел включ.		$\pm(0,015 \cdot 8[\text{дел}] \cdot K_0[\text{мВ/дел}] + 1)$ $\pm(0,01 \cdot 8[\text{дел}] \cdot K_0[\text{мВ/дел}] + 1)$
Диапазоны установки постоянного смещения в зависимости от значения коэффициента отклонения (при $R_{вх}=50$ Ом), В	от 0,5 до 5,0 мВ/дел	$\pm 1,6$
	от 5,1 до 10,0 мВ/дел	± 4
	от 10,2 до 20,0 мВ/дел	± 8
	от 20,5 мВ/дел до 1 В/дел	± 10
Диапазоны установки постоянного смещения в зависимости от значения коэффициента отклонения (при $R_{вх}=1$ МОм), В	от 0,5 до 5,0 мВ/дел	$\pm 1,6$
	от 5,1 до 10,0 мВ/дел	± 4
	от 10,2 до 20,0 мВ/дел	± 8
	от 20,5 до 100,0 мВ/дел	± 16
	от 102 до 200 мВ/дел	± 80
	от 205 мВ/дел до 1 В/дел	± 160
от 1,02 до 10,00 В/дел	± 400	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня постоянного смещения, мВ		$\pm(0,01 \cdot U_{см} + 0,0002 \cdot U_{пр} + 0,005 \cdot 8[\text{дел}] \cdot K_0[\text{мВ/дел}] + 1)$
Полоса пропускания по уровню минус 3 дБ ($R_{вх}=50$ Ом), МГц, не менее		
- модификация АКИП-4157/1-4К, АКИП-4157/1-6К, АКИП-4157/1-8К		350
- модификация АКИП-4157/2-4К, АКИП-4157/2-6К, АКИП-4157/2-8К		500
- модификация АКИП-4157/3-4К, АКИП-4157/3-6К, АКИП-4157/3-8К		1000
Время нарастания переходной характеристики, пс, не более		
- полоса пропускания 350 МГц		830
- полоса пропускания 500 МГц		610
- полоса пропускания 1000 МГц		460
Диапазон установки коэффициентов развертки, с/дел		
- модификация АКИП-4157/1-4К, АКИП-4157/1-6К, АКИП-4157/1-8К		от $1 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^3$
- модификация АКИП-4157/2-4К, АКИП-4157/2-6К, АКИП-4157/2-8К		от $5 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^3$
- модификация АКИП-4157/3-4К, АКИП-4157/3-6К, АКИП-4157/3-8К		от $2 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^3$
Пределы допускаемой относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора (δ_F)		$\pm 2 \cdot 10^{-6}$

Таблица А2 – Метрологические и технические характеристики функционального генератора

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходного сигнала	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки постоянного напряжения и напряжения смещения на нагрузке 50 Ом, мВ	$\pm(0,01 \cdot U_{см} + 3)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня синусоидального сигнала на частоте 10 кГц на нагрузке 50 Ом, мВ	$\pm(0,01 \cdot U_{уст} + 3)$
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики относительно уровня сигнала частотой 10 кГц (при выходном напряжении не менее 2,5 В (размах)), дБ, не более	$\pm 0,3$