

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
АО «ПриСТ»



А.Н. Новиков А.Н. Новиков

«02» ноября 2023 г.

«ГСИ. Осциллографы цифровые АКПП-4143.
Методика поверки»

МП-ПР-17-2023

Москва
2023

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на осциллографы цифровые АКИП-4143 (далее – осциллографы) и устанавливает методы и средства поверки.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых осциллографов к государственным первичным эталонам единиц величин в соответствии с:

- ГЭТ 182-2010 «ГПСЭ единицы импульсного электрического напряжения с длительностью импульса от $4 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-5}$ с», 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 по пунктам 9.1 – 9.6, 9.8 применяется метод прямых измерений, по пункту 9.7 применяется метод стробоскопического преобразования.

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 6
2 Подготовка к поверке и опробование средств измерений	Да	Да	Раздел 7
3 Проверка программного обеспечения	Да	Да	Раздел 8
4 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			Раздел 9
5 Определение сопротивления входных каналов осциллографа	Да	Да	9.1
6 Определение абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока	Да	Да	9.2
7 Определение погрешности установки уровня постоянного смещения	Да	Да	9.3
8 Определение абсолютной погрешности измерения импульсного электрического напряжения	Да	Да	9.4
9 Проверка ширины полосы пропускания	Да	Да	9.5
10 Определение времени нарастания переходной характеристики	Да	Да	9.6
11 Определение относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора	Да	Да	9.7
12 Определение метрологических характеристик функционального генератора (при наличии опции)	Да	Да	9.8
13 Оформление результатов поверки	Да	Да	Раздел 10

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 20 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение сети питания от 198 до 242 В;
- частота сети питания от 49,5 до 50,5 Гц.

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
9.1 – 9.7	Эталоны единицы импульсного электрического напряжения, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений импульсного электрического напряжения.	Калибратор осциллографов 9500В (рег. № 30374-13)
9.5	Диапазон частот синусоидального сигнала от 0,1 Гц до 10 ГГц (с опциями 22 и 4). Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты сигнала $\pm 2 \cdot 10^{-9}$. Диапазон выходных уровней от минус 15 дБм до плюс 26 дБм (с опциями 15 и 2). Пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня $\pm 1,5$ дБ. 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 25 МГц: $\pm 2,5$ %.	Генератор сигналов измерительный Anritsu MG3691C (рег. № 45035-10) Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T (рег. № 69958-17)
9.6	Время нарастания не более 11 пс. Амплитуда сигнала на нагрузке 50 Ом не менее 4 В.	Генераторы испытательных импульсов Picosecond 4005 (рег. № 37630-08).
9.8	Диапазон измерения частоты от 0,001 Гц до 300 МГц. Погрешность частоты опорного генератора $\pm 2 \cdot 10^{-7}$. Пределы допускаемой относительной погрешности измерения переменного (10 кГц) / постоянного напряжения $\pm 0,06$ % / $\pm 0,005$ %. 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 25 МГц: $\pm 2,5$ %.	Частотомер универсальный CNT-90XL (рег. № 70888-18) Вольтметр универсальный В7-78/1 (рег. № 52147-12) 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.		

Таблица 3 – Вспомогательные средства поверки

Измеряемая величина	Метрологические и технические требования к вспомогательным средствам поверки	Перечень рекомендуемых вспомогательных средств поверки
Затухание измерительного кабеля (п. 9.6)	Ослабление 10 дБ, диапазон частот от 0 Гц до 50 ГГц	Аттенюатор HUBER+SUNNER 6610 PC24-50-1/199 NE
Температура	Диапазон измерений температуры от 0 до +50 °С. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры ±0,25 °С.	Термогигрометр Fluke 1620A (рег. № 36331-07).
Влажность	Диапазон измерений относительной влажности окружающего воздуха от 0 до +100 %. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности окружающего воздуха ±2 %.	
Давление	Диапазон измерений атмосферного давления от 30 до 120 кПа. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений атмосферного давления ±300 Па.	Манометр абсолютного давления Testo 511 (рег. № 53431-13)
Напряжение и частота питающей сети	Диапазон измерений переменного напряжения от 50 до 480 В. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений переменного напряжения 0,2 %. Диапазон измерений частоты от 45 до 66 Гц. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты 0,1 %.	Прибор измерительный универсальный параметров электрической сети DMG 800 (рег. № 49072-12)
Примечание: Допускается использовать другие средства измерений утвержденного типа, поверенные и имеющие метрологические характеристики, аналогичные указанным в данной таблице		

5. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.27.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.27.7-75, требования правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 июля 2013 г № 328Н.

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

7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 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 5);
- должен быть выполнен контроль условий проведения поверки (раздел 3).

7.2 При опробовании осциллографа цифрового проверяют работоспособность жидкокристаллического дисплея, регуляторов и функциональных клавиш. Режимы, отображаемые на дисплее, при переключении режимов измерений и нажатии соответствующих клавиш, должны соответствовать требованиям руководства по эксплуатации.

7.3 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.

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

7.5 Опробование провести для каждого канала осциллографа.

При отрицательном результате опробования осциллограф бракуется и направляется в ремонт.

После опробования выполнить самокалибровку осциллографа. Для этого войти в меню «Утилиты» и произвести калибровку согласно руководству по эксплуатации.

8. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Проверка программного обеспечения осциллографов проводится путем вывода на дисплей прибора информации о версии программного обеспечения.

Для вывода системной информации выполнить следующие действия:

1. Нажать кнопку «Утилиты» на передней панели осциллографа.
2. Открыть опцию «Меню» (открывается в правой части экрана).
3. Выбрать раздел «О приборе».
4. Номер версии встроенного ПО отображается в строках и «Версия Uboot-OS».

Результат проверки считать положительным, если версия программного обеспечения соответствует данным, приведенным в таблице 4.

Таблица 4

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	-
Номер версии (идентификационный номер ПО)	не ниже 02.9.1.0.7.1 ¹⁾
Примечания: ¹⁾ – номер версии определяется значениями полей «Версия Uboot-OS» и «Версия ПО».	

9. 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.

9.1 Определение сопротивления входных каналов осциллографа

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

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

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

9.1.3 На калибраторе установить режим измерения сопротивления.

9.1.4 Провести измерения сопротивления для каждого канала осциллографа при настройках, приведенных в таблице 5.

9.1.5 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 поверки считать положительными, если отклонение от номинального сопротивления находится в пределах, приведенных в таблице 5.

Таблица 5

Установленный коэффициент отклонения, мВ/дел.	Номинальное значение входного сопротивления	Допускаемое отклонение от номинального сопротивления, Ом
50	50 Ом	±1
200		
50	1 МОм	±2·10 ⁴
200		

9.2 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.

9.2.1 Подключить калибратор осциллографов Fluke 9500В с использованием формирователя 9530 ко входу канала 1 осциллографа. Остальные каналы должны быть выключены.

9.2.2 Выполнить следующие установки на осциллографе:

– канал 1: включен, связь входа DC, сопротивление 50 Ом;

– ограничение полосы пропускания: 25 МГц;

– тип синхронизации: Edge (Фронт);

– режим измерения: Mean (Среднее значение), статистика измерений: включена.

9.2.3 Установить калибратор в режим источника напряжения постоянного тока. Установить нагрузку на выходе калибратора в соответствии с сопротивлением входа осциллографа. С калибратора на вход канала 1 подать напряжение величиной, соответствующей 3 делениям сетки экрана осциллографа. Провести измерения напряжения постоянного тока положительной и отрицательной полярности при установках, приведенных в таблице 6. Для получения результата измерения произвести считывание среднего значения результата измерения при числе статистики измерений не менее 50. Записать измеренные значения в таблицу 6.

9.2.4 Повторить измерения по п. п. 9.2.1 – 9.2.3 для остальных каналов осциллографа. Неиспользуемые каналы должны быть выключены.

Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения напряжения постоянного тока не превышают допусковых пределов, приведенных в таблице 6.

Таблица 6 – Допускаемые пределы значений напряжения постоянного тока и коэффициента отклонения

Установленный коэффициент отклонения	Значение напряжения постоянного тока, установленное на калибраторе	Значение напряжения постоянного тока, измеренное осциллографом		Допускаемые пределы значений напряжения/ коэффициента отклонения	
		при входном сопротивлении 50 Ом	при входном сопротивлении 1 МОм	Нижний предел	Верхний предел
1	2	3	4	5	6
АКИП-4143/1, АКИП-4143/2, АКИП-4143/3					
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
АКИП-4143/1А, АКИП-4143/2А, АКИП-4143/3А					
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			+13,80 мВ	+16,20 мВ
	-15,0 мВ			-16,20 мВ	-13,80 мВ
10 мВ/дел	+30,0 мВ			+28,60 мВ	+31,40 мВ
	-30,0 мВ			-31,40 мВ	-28,60 мВ
20 мВ/дел	+60,0 мВ			+58,20 мВ	+61,80 мВ
	-60,0 мВ			-61,80 мВ	-58,20 мВ
50 мВ/дел	+150,0 мВ			+147,00 мВ	+153,00 мВ
	-150,0 мВ			-153,00 мВ	-147,00 мВ

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
100 мВ/дел	+300 мВ			+295,00 мВ	+305,00 мВ
	-300 мВ			-305,00 мВ	-295,00 мВ
200 мВ/дел	+600 мВ			+0,591 В	+0,609 В
	-600 мВ			-0,609 В	-0,591 В
0,5 В/дел	+1,50 В			+1,479 В	+1,521 В
	-1,50 В			-1,521 В	-1,479 В
1 В/дел	+3,0 В			+2,959 В	+3,041 В
	-3,0 В			-3,041 В	-2,959 В
2 В/дел	+6,0 В	-		+5,919 В	+6,081 В
	-6,0 В	-		-6,081 В	-5,919 В
5 В/дел	+15,0 В	-		+14,799 В	+15,201 В
	-15,0 В	-		-15,201 В	-14,799 В
10 В/дел	+30 В	-		+29,599 В	+30,401 В
	-30 В	-		-30,401 В	-29,599 В

9.3 Определение погрешности установки уровня постоянного смещения

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

9.3.1 Подключить калибратор осциллографов Fluke 9500В с использованием формирователя 9530 ко входу канала 1 осциллографа. Остальные каналы должны быть выключены.

9.3.2 Выполнить следующие установки на осциллографе:

- канал 1: включен, связь входа DC, сопротивление 1 МОм;
- ограничение полосы пропускания: 25 МГц;
- тип синхронизации: Edge (Фронт);
- режим измерения: Mean (Среднее значение), статистика измерений: включена;
- коэффициент отклонения: устанавливать из таблицы 7.

9.3.3 Установить уровень постоянного смещения «Offset» в канале 1 равным 0 В, линия развертки должна быть расположена при этом по центральной горизонтальной линии осциллографа.

9.3.4 С калибратора на вход канала 1 осциллографа подать напряжение положительной полярности (U_+), значение которого приведено в таблице 7. Значение напряжения не должно превышать максимально допустимого уровня на входе осциллографа.

9.3.5 На осциллографе установить напряжение смещения равное по величине выходному напряжению калибратора, но имеющему противоположную полярность.

9.3.6 Провести измерение заданного постоянного уровня с калибратора при помощи автоматических измерений осциллографа. Записать измеренное значение в таблицу. Измерения провести при значениях коэффициентов отклонения (K_0), входного сопротивления, выходного напряжения с калибратора, указанных в таблице 7. Для получения результата измерения произвести считывание среднего значения результата измерения при числе измерений не менее 50.

9.3.7 Провести измерения по п. п. 9.3.1 – 9.3.6 для остальных каналов осциллографа. При этом неиспользуемые каналы должны быть отключены.

Таблица 7 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня постоянного смещения

Установленный коэффициент отклонения K_0	Напряжение постоянного смещения, установленное на осциллографе, В	Напряжение постоянного тока, установленное на калибраторе, В	Значение напряжения постоянного тока, измеренное осциллографом, В	Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня постоянного смещения, В	
				Нижний предел	Верхний предел
1	2	3	4	5	6
Входное сопротивление 1 МОм					
1 мВ/дел	-1,6	+1,6		-1,617	-1,583
	+1,6	-1,6		1,583	1,617
5 мВ/дел	-1,6	+1,6		-1,618	-1,582
	+1,6	-1,6		1,582	1,618
10 мВ/дел	-4	+4		-4,043	-3,957
	+4	-4		3,957	4,043
20 мВ/дел	-8	+8		-8,084	-7,916
	+8	-8		7,916	8,084
100 мВ/дел	-16	+16		-16,172	-15,828
	+16	-16		15,828	16,172
200 мВ/дел	-80	+80		-80,833	-79,167
	+80	-80		79,167	80,833
1 В/дел	-160	+160		-161,633	-158,367
	+160	-160		158,367	161,633
2 В/дел	-220	+220		-222,281	-217,719
	+220	-220		217,719	222,281
10 В/дел	-220	+220		-222,282	-217,718
	+220	-220		217,718	222,282

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

9.4 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.

9.4.1 Подключить калибратор осциллографов Fluke 9500В с использованием формирователя 9530 ко входу канала 1 осциллографа. Остальные каналы должны быть выключены.

9.4.2 Выполнить следующие установки на осциллографе:

- канал 1: включен, связь входа DC, сопротивление 1 МОм;
- ограничение полосы пропускания: 25 МГц;
- смещение (Offset): 0 В;
- тип синхронизации: Edge (Фронт);
- режим измерения: Amplitude (амплитуда), статистика измерений: включена;
- коэффициент отклонения: устанавливать из таблицы 8.

9.4.3 Установить на калибраторе режим воспроизведения прямоугольного сигнала частотой 100 кГц. Уровень сигнала устанавливать из таблицы 8.

9.4.4 Провести измерение амплитудного значения уровня сигнала с калибратора при помощи автоматических измерений осциллографа. Записать измеренное значение в таблицу. Измерения провести при значениях коэффициентов отклонения (K_0) и выходного напряжения с

калибратора, указанных в таблице 8. Для получения результата измерения произвести считывание среднего значения результата измерения при числе измерений не менее 50.

Таблица 8 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения импульсного электрического напряжения

Установленный коэффициент отклонения K_0	Значение выходного напряжения, установленное на калибраторе, мВ	Значение выходного напряжения, измеренное осциллографом, мВ	Пределы допускаемых значений выходного напряжения, мВ п-п	
			Нижний предел	Верхний предел
1	2	3	4	5
АКИП-4143/1, АКИП-4143/2, АКИП-4143/3				
1 мВ/дел	6 мВ		4.88	7.12
2 мВ/дел	12 мВ		10.76	13.24
5 мВ/дел	30 мВ		28.60	31.40
10 мВ/дел	60 мВ		58.20	61.80
20 мВ/дел	120 мВ		117.40	122.60
50 мВ/дел	300 мВ		295.00	305.00
100 мВ/дел	600 мВ		591.0	609.0
200 мВ/дел	1.2 В		1.183	1.217
500 мВ/дел	3 В		2.959	3.041
1 В/дел	6 В		5.919	6.081
2 В/дел	12 В		11.839	12.161
5 В/дел	30 В		29.599	30.401
10 В/дел	60 В		59.199	60.801
АКИП-4143/1А, АКИП-4143/2А, АКИП-4143/3А				
1 мВ/дел	6 мВ		4.88	7.12
2 мВ/дел	12 мВ		10.76	13.24
5 мВ/дел	30 мВ		28.80	31.20
10 мВ/дел	60 мВ		58.60	61.40
20 мВ/дел	120 мВ		118.20	121.80
50 мВ/дел	300 мВ		297.00	303.00
100 мВ/дел	600 мВ		595.0	605.0
200 мВ/дел	1.2 В		1.191	1.209
500 мВ/дел	3 В		2.979	3.021
1 В/дел	6 В		5.959	6.041
2 В/дел	12 В		11.919	12.081
5 В/дел	30 В		29.799	30.201
10 В/дел	60 В		59.599	60.401

Результаты поверки считать положительными, если абсолютная погрешность измерения импульсного электрического напряжения не превышает пределов, приведенных в таблице 8.

9.5 Проверка ширины полосы пропускания

Проверку ширины полосы пропускания осциллографов с полосой пропускания до 3000 МГц включительно проводить методом прямого измерения синусоидального сигнала, воспроизводимого калибратором осциллографов Fluke 9500В. Для осциллографов с полосой пропускания 4000 МГц использовать генератор сигналов измерительный MG3691С, при этом предварительно измерить затухание соединительного кабеля ΔA на частоте 4000 МГц, используя ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18Т.

9.5.1 Ко входу канала 1 осциллографа подключить калибратор осциллографов Fluke 9500В с использованием формирователя 9530 (или генератор сигналов MG3691С).

9.5.2 Выполнить следующие установки на осциллографе:

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

9.5.3 Установить на выходе калибратора синусоидальный сигнал частотой 50 кГц, размах сигнала от 4 до 6 делений по вертикали. 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.

9.5.4 Установить на осциллографе полосу пропускания Full (Полная).

9.5.5 Установить на выходе калибратора (или генератора) сигнал с частотой, соответствующей верхней граничной частоте полосы пропускания поверяемого осциллографа.

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

9.5.7 Записать измеренный осциллографом размах сигнала при частоте сигнала с калибратора (или генератора), соответствующей верхнему пределу полосы пропускания поверяемого осциллографа.

9.5.8 Повторить измерения по п. п. 9.5.1 – 9.5.7 для значений коэффициентов отклонения, устанавливаемых из ряда: 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 мВ/дел, 1 В/дел.

Для коэффициента отклонения 1 В/дел амплитуду сигнала установить максимально возможной для калибратора Fluke 9500В или от 4 до 6 делений при использовании генератора сигналов измерительного MG3691С.

9.5.9 Провести измерения по п. п. 9.5.1 – 9.5.8 для остальных каналов осциллографа. Неиспользуемые каналы должны быть выключены.

Таблица 9 – Полоса пропускания по уровню -3 дБ

Модификация осциллографа	Полоса пропускания по уровню -3 дБ, МГц
Для всех модификаций при коэффициенте отклонения 1 мВ/дел и 2 мВ/дел	1000
АКИП-4143/1	2000
АКИП-4143/1А	2000
АКИП-4143/2	3000
АКИП-4143/2А	3000
АКИП-4143/3	4000
АКИП-4143/3А	4000

Результаты поверки считать положительными, если измеренное значение амплитуды сигнала при частоте сигнала с калибратора (или генератора), соответствующей верхней граничной частоте полосы пропускания поверяемого осциллографа и указанной в таблице 9, не менее $0,708 \cdot U_{оп}$, что соответствует уровню минус 3 дБ (с учетом затухания ΔA в соединительном кабеле при использовании генератора сигналов измерительного MG3691С).

9.6 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 для осциллографов с полосой пропускания до 2000 МГц включительно. Для осциллографов с полосой пропускания 3000 МГц и 4000 МГц использовать генератор испытательных импульсов Picosecond 4005 с аттенуатором 10 дБ.

9.6.1 Ко входу канала 1 осциллографа подключить калибратор осциллографов Fluke 9500В с использованием формирователя 9530 (или генератор испытательных импульсов Picosecond 4005 с аттенуатором 10 дБ). Остальные каналы должны быть выключены.

9.6.2 Выполнить следующие установки на осциллографе:

- канал 1: включен, связь входа DC, сопротивление 50 Ом;
- полоса пропускания: Full (Полная);

- тип синхронизации: Edge (Фронт);
- наклон фронта: положительный при использовании калибратора 9500В и отрицательный при использовании генератора испытательных импульсов Picosecond 4005;
- значение коэффициента развертки: минимальное, при котором наблюдается фронт импульса;
- режим измерения: Rise (Время нарастания) при использовании калибратора 9500В и Fall (Время спада) при использовании генератора испытательных импульсов Picosecond 4005, статистика измерений включена;
- коэффициент отклонения $K_0 = 500$ мВ/дел.

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

9.6.4 Повторить измерения по п. п. 9.6.1 - 9.6.3 для остальных каналов осциллографа. Неиспользуемые каналы должны быть выключены.

9.6.5 Определить время нарастания (спада) ПХ по формуле (3):

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

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

t_0 – значение собственного времени нарастания (спада) формирователя калибратора (генератора), пс.

Таблица 10

Модификация осциллографа	Время нарастания (спада) переходной характеристики, пс, не более
АКИП-4143/1	180
АКИП-4143/1А	180
АКИП-4143/2	150
АКИП-4143/2А	150
АКИП-4143/3	120
АКИП-4143/3А	120

Результаты поверки считать положительными, если значения времени нарастания не превышают значений, приведенных в таблице 10.

9.7 Определение относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора

Определение относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора проводить методом стробоскопического преобразования с помощью калибратора осциллографов Fluke 9500В.

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

9.7.2 Выполнить следующие установки осциллографа:

- канал 1: включен, связь входа DC, сопротивление 50 Ом;
- полоса пропускания: Full (Полная);
- тип синхронизации: Edge (Фронт);
- режим измерения: Frequency (Частота), статистика измерений: включена;
- коэффициент отклонения: 100 мВ/дел.

9.7.3 Подать на вход осциллографа синусоидальный сигнал с калибратора частотой $f_{\text{тест}} = 10.008$ МГц. Размах сигнала с калибратора установить не менее 6 делений по вертикальной шкале осциллографа.

9.7.4 В меню осциллографа «Сбор информации» установить минимальное значение длины памяти.

9.7.5 Установить коэффициент развертки осциллографа 2 мс/дел. Убедиться, что на экране осциллографа устойчиво отображается сигнал частотой $F_{\text{строб}} = 8$ кГц, полученный в результате стробоскопического преобразования.

9.7.6 Произвести считывание среднего значения результата измерения частоты при числе статистики измерений не менее 50.

Результаты поверки считать положительными, если измеренное значение частоты $F_{\text{строб}}$ не превышает:

(8000±20,016) Гц при стандартном опорном генераторе;

(8000±5,0040) Гц при установленной опции опорного генератора 10М-ОСХО-L.

9.8 Определение метрологических характеристик функционального генератора (при наличии опции)

Активировать в меню осциллографа функциональный генератор.

9.8.1 Определение относительной погрешности установки частоты

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

9.8.1.1 Подключить частотомер к выходу генератора «Output».

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

– форма сигнала: прямоугольная;

– частота: 1 Гц;

– уровень сигнала: 2 В_{п-п} (размах).

9.8.1.3 Включить выход генератора и измерить установленное значение частоты частотомером.

9.8.1.4 Повторить измерения для других частот, устанавливая значения частоты из ряда: 10, 100 Гц, 1, 100 кГц, 1, 10, 20, 30, 40 и 50 МГц. При частоте сигнала св. 10 МГц на генераторе установить синусоидальную форму сигнала.

9.8.1.5 Определить относительную погрешность установки частоты по формуле (4):

$$\delta_F = (F_{\text{уст}} - F_0) / F_0 \quad (4)$$

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

F_0 – значение частоты, измеренное частотомером, Гц.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если во всех поверяемых точках значения относительной погрешности установки частоты, вычисленные по формуле (4), не превышают допускаемых пределов: $\pm 5 \cdot 10^{-5}$.

9.8.2 Определение абсолютной погрешности установки уровня синусоидального сигнала на частоте 10 кГц

Определение абсолютной погрешности установки уровня синусоидального сигнала на частоте 10 кГц проводить методом прямых измерений при помощи вольтметра универсального В7-78/1.

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

9.8.2.2 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).

9.8.2.3 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 11 как «действительное значение размаха напряжения на выходе генератора».

9.8.2.4 Повторить измерения для других значений напряжения на выходе генератора из таблицы 11.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если действительные значения размаха напряжения на выходе генератора не превышают допускаемых пределов, приведенных в таблице 11.

Таблица 11

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		0,0065	0,0135
0,100		0,0920	0,1080
0,500		0,4720	0,5280
1,000		0,9470	1,0530
1,500		1,4220	1,5780
3,000		2,8470	3,1530

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

9.8.3 Определение абсолютной погрешности установки постоянного напряжения

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

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

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

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

9.8.3.3 На вольтметре установить режим измерения постоянного напряжения. Включить выход генератора и измерить установленное постоянное напряжение. Результат измерения записать в таблицу 12.

9.8.3.4 Повторить измерения для других значений постоянного напряжения из таблицы 12.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если измеренные значения постоянного напряжения на выходе генератора не превышают допускаемых пределов, приведенных в таблице 12.

Таблица 12

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		-1,5780	-1,4220
-1,00		-1,0530	-0,9470
-0,50		-0,5280	-0,4720
-0,10		-0,1080	-0,0920
-0,01		-0,0135	-0,0065
0,00		-0,0030	+0,0030
+0,01		+0,0065	+0,0135
+0,10		+0,0920	+0,1080
+0,50		+0,4720	+0,5280
+1,00		+0,9470	+1,0530
+1,50		+1,4220	+1,5780

9.8.4 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.

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

9.8.4.2 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}.

9.8.4.3 Включить выход генератора и измерить установленный уровень сигнала на частоте 10 кГц. Результат измерения записать в таблицу 13 как опорное значение P_{оп}.

9.8.4.4 Провести измерения уровня сигнала на частотах, устанавливаемых из таблицы 13. Уровень сигнала на выходе генератора не менять.

9.8.4.5 Вычислить неравномерность АЧХ по формуле (5):

$$\Delta_{\text{АЧХ}} = P_{\text{изм}} - P_{\text{оп}} \quad (5)$$

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

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если неравномерность АЧХ не превышает допусковых пределов, приведенных в таблице 13.

Таблица 13

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			±0,3
100 Гц			±0,3
100 кГц			±0,3
1 МГц			±0,3
10 МГц			±0,3
20 МГц			±0,3
30 МГц			±0,3
40 МГц			±0,3
50 МГц			±0,3

10. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

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

10.3 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.

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

Начальник отдела испытаний АО «ПриСТ

Ведущий инженер по метрологии
отдела испытаний АО «ПриСТ»



О. В. Котельник

Е. Е. Смердов

Таблица А1 – Метрологические характеристики осциллографов

Наименование характеристики	Значение
1	2
Входное сопротивление, Ом	50 ($\pm 2\%$), $1 \cdot 10^6$ ($\pm 2\%$)
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока и импульсного напряжения частотой до 100 кГц при уровне постоянного смещения $U_{см}=0$ В, мВ - при K_0 от 1 мВ/дел до 4,95 мВ/дел - при K_0 от 5 мВ/дел до 10 В/дел (для моделей с АЦП – 12 бит) - при K_0 от 5 мВ/дел до 10 В/дел (для моделей с АЦП – 10 бит)	$\pm(0,015 \cdot 8[\text{дел}] \cdot K_0[\text{мВ/дел}] + 1)$ $\pm(0,005 \cdot 8[\text{дел}] \cdot K_0[\text{мВ/дел}] + 1)$ $\pm(0,010 \cdot 8[\text{дел}] \cdot K_0[\text{мВ/дел}] + 1)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня постоянного смещения, мВ - при K_0 от 1 мВ/дел до 4,95 мВ/дел - при K_0 от 5 мВ/дел до 10 В/дел	$\pm(0,01 \cdot U_{см} + 0,0002 \cdot U_{пр} + 0,015 \cdot 8[\text{дел}] \cdot K_0[\text{мВ/дел}] + 1)$ $\pm(0,01 \cdot U_{см} + 0,0002 \cdot U_{пр} + 0,010 \cdot 8[\text{дел}] \cdot K_0[\text{мВ/дел}] + 1)$
Полоса пропускания по уровню минус 3 дБ ($R_{вх}=50$ Ом), МГц, не менее - модификация АКИП-4143/1, АКИП-4143/1А - модификация АКИП-4143/2, АКИП-4143/2А - модификация АКИП-4143/3, АКИП-4143/3А	2000 ¹⁾ 3000 ¹⁾ 4000 ¹⁾
Полоса пропускания по уровню минус 3 дБ ($R_{вх}=1$ МОм), МГц, не менее	500
Время нарастания переходной характеристики, пс, не более - полоса пропускания 2000 МГц - полоса пропускания 3000 МГц - полоса пропускания 4000 МГц	180 150 120
Пределы допускаемой относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора (δ_F) - стандартно - опция ОСХО	$\pm 2 \cdot 10^{-6}$ $\pm 5 \cdot 10^{-7}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения временных интервалов	$\pm(\delta_F \cdot T_{изм} + 2/F_d)$
Примечания: 1) При коэффициенте отклонения менее 5 мВ/дел, полоса пропускания ограничена до 1 ГГц; K_0 – значение коэффициента отклонения, мВ/дел; $U_{см}$ – установленное значение напряжения смещения, мВ; $U_{пр}$ – конечное значение диапазона установки напряжения смещения, мВ; δ_F – относительная погрешность частоты внутреннего опорного генератора; $T_{изм}$ – измеренный временной интервал, с; F_d – частота дискретизации, Гц.	