

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

АО «ПриСТ»



 А.Н. Новиков

«17» января 2025 г.

«ГСИ. Осциллографы цифровые АКИП-4148.
Методика поверки»

МП-ПР-02-2025

Москва
2025

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на осциллографы цифровые АКИП-4148 (далее – осциллографы) и устанавливает методы и средства их поверки.

Прослеживаемость при поверке осциллографов обеспечивается в соответствии со следующими государственными поверочными схемами:

- государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 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 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 применяется метод прямых измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	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 абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока	Да	Да	9.1
6 Проверка ширины полосы пропускания	Да	Да	9.2
7 Определение времени нарастания переходной характеристики	Да	Да	9.3
8 Определение относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора	Да	Да	9.4
9 Оформление результатов поверки	Да	Да	10

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
- относительная влажность от 20 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение питающей сети от 220 до 240 В;
- частота питающей сети от 47 до 63 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
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 не более ± 3 %	Термогигрометр Fluke 1620A (рег. № 36331-07)
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более ± 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 не более 2 %. Средства измерений частоты от 45 до 60 Гц. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты не более 1 %.	Прибор измерительный универсальный параметров электрической сети DMG 800 (рег. № 49072-12)
9.1 – 9.4	Эталоны единицы импульсного электрического напряжения, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений импульсного электрического напряжения, утвержденной приказом Росстандарта № 3463 от 30.12.2019, в диапазонах воспроизведения частоты синусоидального сигнала от 0,1 Гц до 2 ГГц, времени нарастания импульсов до 500 пс. Эталоны единицы напряжения постоянного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, утвержденной приказом Росстандарта № 1520 от 28.07.2023, в диапазоне значений напряжения ± 240 В.	Калибратор осциллографов 9500В (рег. № 30374-13)
Примечание – 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 ГОСТ 12.27.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.27.7-75, требованиями правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 15 декабря 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 прибора 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 прибор бракуется и подлежит ремонту.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Перед проведением поверки средства поверки и поверяемый осциллограф должны быть подготовлены к работе согласно их руководствам по эксплуатации и прогреты в течение 30 минут.

7.2 Контроль условий проведения поверки по пункту 3 должен быть проведен перед началом поверки.

7.3 При опробовании 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.

7.3.1 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.

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

7.3.3 Опробование провести для каждого канала осциллографа.

При неверном функционировании осциллограф бракуется и направляется в ремонт.

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

8. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

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. Выбрать раздел «Системная информация».
3. Номер версии встроенного ПО отображается в строке «Версия ПО».

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

Таблица 3 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	-
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже V1.0.0

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Допускается периодическая поверка осциллографов на меньшем числе измерительных каналов, по отношению к указанным в разделе «Метрологические и технические характеристики» описания типа.

9.1 Определение абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока

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

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

9.1.2. Выполнить сброс на начальные установки осциллографа.

9.1.3 Выбрать для измерений канал 1 осциллографа. Коэффициент отклонения 1 мВ/дел, коэффициент развертки 1 мс/дел.

9.1.4 Выполнить на поверяемом осциллографе следующие настройки в соответствии с руководством по эксплуатации:

- настройки канала: связь по входу DC, ограничение полосы пропускания включено, делитель x1;

9.1.5 Перевести калибратор Fluke 9500B в режим воспроизведения напряжения постоянного тока положительной полярности на нагрузке 1 МОм.

9.1.6 Подать напряжение с калибратора на вход канала 1 осциллографа, величиной 4 деления по экрану осциллографа. При этом неиспользуемые каналы должны быть отключены.

9.1.7 Произвести измерения входного напряжения постоянного тока в автоматическом режиме измерения осциллографа. Для этого войти в меню измерений осциллографа, выбрать режим измерения среднего значения напряжения ($V_{\text{СРЕД}}$ или Mean), дождаться завершения 16 усреднений, считать измеренное среднее значение.

9.1.8 Провести измерения по п. 9.1.1 – 9.1.7 для остальных положений переключателя «В/дел» поверяемого осциллографа при уровне напряжения (изображения по вертикали), равных 4 делениям шкалы.

9.1.9 Провести измерения по п. п. 9.1.1 – 9.1.8 для отрицательной полярности напряжения калибратора.

9.1.10 Провести измерения по п. п. 9.2.1 – 9.2.9 для остальных каналов осциллографа. При этом неиспользуемые каналы должны быть отключены.

Определить абсолютную погрешность измерения напряжения постоянного тока по формуле (1):

$$\Delta U = U_{\text{изм}} - U_{9500B} \quad (1)$$

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

U_{9500B} – значение амплитуды, установленное на калибраторе, В.

Таблица 4 – Определение абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока

Установленный коэффициент отклонения	Напряжение постоянного тока, установленное на калибраторе	Значение напряжения постоянного тока, измеренное осциллографом	Допускаемые пределы значений измеряемого напряжения постоянного тока	
			Нижний предел	Верхний предел
1	2	3	4	5
для АКИП-4148/1, АКИП-4148/2, АКИП-4148/1А, АКИП-4148/2А разрядность АЦП 8 бит				
1 мВ/дел	+4 мВ		+2,60 мВ	+5,40 мВ
	-4 мВ		-5,40 мВ	-2,60 мВ
2 мВ/дел	+8 мВ		+6,40 мВ	+9,60 мВ
	-8 мВ		-9,60 мВ	-6,40 мВ

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
5 мВ/дел	+20 мВ		+17,5 мВ	+22,5 мВ
	-20 мВ		-22,5 мВ	-17,5 мВ
10 мВ/дел	+40 мВ		+36,0 мВ	+44,0 мВ
	-40 мВ		-44,0 мВ	-36,0 мВ
20 мВ/дел	+80 мВ		+73,0 мВ	+87,0 мВ
	-80 мВ		-87,0 мВ	-73,0 мВ
50 мВ/дел	+200 мВ		+184 мВ	+216 мВ
	-200 мВ		-216 мВ	-184 мВ
100 мВ/дел	+400 мВ		+369 мВ	+431 мВ
	-400 мВ		-431 мВ	-369 мВ
200 мВ/дел	+800 мВ		+739 мВ	+861 мВ
	-800 мВ		-861 мВ	-739 мВ
0.5 В/дел	+2.0 В		+1,849 В	+2,151 В
	-2.0 В		-2,151 В	-1,849 В
1 В/дел	+4.0 В		+3,699 В	+4,301 В
	-4.0 В		-4,301 В	-3,699 В
2 В/дел	+8.0 В		+7,399 В	+8,601 В
	-8.0 В		-8,601 В	-7,399 В
5 В/дел	+20 В		+18,499 В	+21,501 В
	-20 В		-21,501 В	-18,499 В
10 В/дел	+40 В		+36,999 В	+43,001 В
	-40 В		-43,001 В	-36,999 В
для АКИП-4148/1А, АКИП-4148/2А разрядность АЦП 12 бит/14 бит				
1 мВ/дел	+4 мВ		+2,70 мВ	+5,30 мВ
	-4 мВ		-5,30 мВ	-2,70 мВ
2 мВ/дел	+8 мВ		+6,60 мВ	+9,40 мВ
	-8 мВ		-9,40 мВ	-6,60 мВ
5 мВ/дел	+20 мВ		+18,0 мВ	+22,0 мВ
	-20 мВ		-22,0 мВ	-18,0 мВ
10 мВ/дел	+40 мВ		+37,0 мВ	+43,0 мВ
	-40 мВ		-43,0 мВ	-37,0 мВ
20 мВ/дел	+80 мВ		+75,0 мВ	+85,0 мВ
	-80 мВ		-85,0 мВ	-75,0 мВ
50 мВ/дел	+200 мВ		+189 мВ	+211 мВ
	-200 мВ		-211 мВ	-189 мВ
100 мВ/дел	+400 мВ		+379 мВ	+421 мВ
	-400 мВ		-421 мВ	-379 мВ
200 мВ/дел	+800 мВ		+759 мВ	+841 мВ
	-800 мВ		-841 мВ	-759 мВ
0.5 В/дел	+2.0 В		+1,899 В	+2,101 В
	-2.0 В		-2,101 В	-1,899 В
1 В/дел	+4.0 В		+3,799 В	+4,201 В
	-4.0 В		-4,201 В	-3,799 В
2 В/дел	+8.0 В		+7,599 В	+8,401 В
	-8.0 В		-8,401 В	-7,599 В
5 В/дел	+20 В		+18,999 В	+21,001 В
	-20 В		-21,001 В	-18,999 В
10 В/дел	+40 В		+37,999 В	+42,001 В
	-40 В		-42,001 В	-37,999 В

Результаты операции поверки считать положительными, если погрешности измерения напряжения постоянного тока не превышают допустимых пределов, приведенных в таблице 4.

9.2 Проверка ширины полосы пропускания

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

9.2.1 Подключить калибратор осциллографов Fluke 9500B с использованием формирователя 9530 ко входу первого канала осциллографа.

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

- канал 1: включен;
- коэффициент отклонения осциллографа: $K_o = 5$ мВ/дел;
- коэффициент развертки: 10 мкс/дел.

9.2.3 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.

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

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

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

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

9.2.8 Повторить измерения по п. п. 9.2.1 – 9.2.7 для значений коэффициентов отклонения, устанавливаемых из ряда: 5 мВ/дел, 10 мВ/дел, 20 мВ/дел, 50 мВ/дел, 100 мВ/дел, 200 мВ/дел, 500 мВ/дел.

9.2.9 Провести измерения по п. п. 9.2.1 – 9.2.8 для остальных каналов осциллографа. Не используемые каналы должны быть выключены.

Результаты 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.

Результаты операции поверки считать положительными, если измеренные значения импульсного напряжения не превышают допустимых пределов, приведенных в таблице 5.

Таблица 5 – Полоса пропускания по уровню -3 дБ

Модификации	Полоса пропускания по уровню -3 дБ, МГц
АКИП-4148/1, АКИП-4148/1А	70
АКИП-4148/2, АКИП-4148/2А	100

9.3 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 9500B.

9.3.1 Подключить калибратор осциллографов Fluke 9500B с использованием формирователя 9530 ко входу первого канала осциллографа через нагрузку 50 Ом.

Остальные каналы должны быть выключены.

9.3.2 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 $K_o = 5$ мВ/дел.

9.3.3 Установить амплитуду импульса на экране осциллографа не меньше 6 делений по вертикали. Произвести считывание среднего значения результата измерения времени нарастания.

9.3.4 Повторить измерения по п. п. 9.3.1 – 9.3.3 для коэффициентов отклонения, устанавливаемых из ряда: 10 мВ/дел, 20 мВ/дел, 50 мВ/дел, 100 мВ/дел, 200 мВ/дел, 500 мВ/дел.

9.3.5 Повторить измерения по п. п. 9.3.1 – 9.3.4 для остальных каналов осциллографа. Не используемые каналы должны быть выключены.

Результаты операции поверки считать положительными, если значения времени нарастания не превышают значений, приведенных в таблице 6.

Таблица 6 – Значение времени нарастания переходной характеристики

Модификация осциллографов	Допускаемое значение времени нарастания ПХ, нс, не более
АКИП-4148/1, АКИП-4148/1А	5,0
АКИП-4148/2, АКИП-4148/2А	3,5

9.4 Определение относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора

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

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

9.4.2 Выполнить следующие установки осциллографа:

- канал 1 – Включен;
- полоса пропускания – Full (Полная);
- тип синхронизации – Edge (Фронт);
- режим измерения – Frequency (Частота), статистика измерений – включена;
- коэффициент отклонения – 100 мВ/дел.

9.4.3 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.

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

9.4.5 Установить коэффициент развертки осциллографа 100 мкс/дел. Убедиться, что на экране осциллографа устойчиво отображается сигнал частотой $F_{\text{строб}} = 8$ кГц, полученный в результате стробоскопического преобразования.

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

Результаты операции поверки считать положительными, если измеренное значение частоты $F_{\text{строб}}$ не превышает (8000 ± 25) Гц.

Осциллографы считают соответствующими метрологическим требованиям при положительных результатах операций поверки, установленных в п. п. 9.1 – 9.4.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты операции поверки подтверждаются сведениями, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

10.2 По заявлению владельца или лица, представившего СИ на поверку, положительные Результаты операции поверки оформляют свидетельством о поверке, содержащем информацию в соответствии с действующим законодательством.

10.3 По заявлению владельца или лица, представившего СИ на поверку, отрицательные Результаты операции поверки оформляют извещением о непригодности к применению средства измерений, содержащем информацию в соответствии с действующим законодательством.

10.4 Протоколы поверки оформляются по произвольной форме по заявлению владельца или лица, представившего СИ на поверку.

Ведущий инженер по метрологии
отдела испытаний АО «ПриСТ»



Е. Е. Смердов

Таблица А1 – Метрологические характеристики в режиме осциллографа

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения постоянного напряжения и импульсного напряжения частотой до 100 кГц, мВ - при K_0 1 мВ/дел - при K_0 больше 1 мВ/дел	$\pm(0,04 \cdot 10[\text{дел}] \cdot K_0[\text{мВ/дел}] + 1)^{2)}$ $\pm(0,03 \cdot 10[\text{дел}] \cdot K_0[\text{мВ/дел}] + 1)^{3) 4)}$ $\pm(0,03 \cdot 10[\text{дел}] \cdot K_0[\text{мВ/дел}] + 1)^{2)}$ $\pm(0,02 \cdot 10[\text{дел}] \cdot K_0[\text{мВ/дел}] + 1)^{3) 4)}$
Полоса пропускания по уровню -3 дБ, МГц, не менее - АКИП-4148/1, АКИП-4148/1А - АКИП-4148/2, АКИП-4148/2А	70 100
Время нарастания переходной характеристики, нс, не более - АКИП-4148/1, АКИП-4148/1А - АКИП-4148/2, АКИП-4148/2А	5 3,5
Канал горизонтального отклонения	
Пределы допускаемой относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора	$\pm 1 \cdot 10^{-5}$
Примечания: 2) – для значения разрядности АЦП 8 бит; 3) – для значений разрядности АЦП 12 бит; 4) – для значений разрядности АЦП 14 бит; K_0 – значение коэффициента отклонения, мВ/дел.	