

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального
директора-заместитель по научной работе
ФГУП "ВНИИФТРИ"



А.Н. Щипунов

20 05 2025 г.

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**Осциллограф цифровой стробоскопический
N1000A с модулями N1030A, N1040A, N1077A**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП N1000A

пгт Менделеево
2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на осциллограф цифровой стробоскопический N1000A с модулями N1030A, N1040A, N1077A (далее по тексту – осциллограф N1000A) производства компании «Keysight Technologies Malaysia Sdn.Bhd.», Малайзия и устанавливает процедуру первичной и периодической поверки.

1.2 При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемого средства измерений к государственным первичным эталонам:

- ГЭТ 182-2010 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 года № 3463 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений для средств измерений импульсного электрического напряжения»;

- ГЭТ 1-2022 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 года № 2360 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»;

- ГЭТ 170-2024 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 06 августа 2024 года № 1804 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений длины и времени распространения сигнала в оптическом волокне, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи информации».

1.3 Поверка проводится методом прямых измерений. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в Приложении А.

1.4 Настоящая методика поверки применяется для поверки осциллографа N1000A, используемого в качестве рабочего эталона в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений импульсного электрического напряжения (см. Приложение Б).

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

Таблица 1 – Операции проведения поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	7
Подготовка к поверке	да	да	8.1
Контроль условий поверки	да	да	8.2
Опробование средства измерений	да	да	8.3
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений	да	да	10
Определение средних квадратических значений собственных шумов	да	да	10.1
Определение диапазонов установки коэффициента отклонения и абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока	да	да	10.2
Определение диапазона установки напряжения смещения	да	да	10.3

Продолжение таблицы 1

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение абсолютной погрешности измерений временных интервалов	да	да	10.4
Определение относительной погрешности измерений мгновенных значений импульсного напряжения с длительностью фронта импульса более 20 пс на интервале времени	да	да	10.5
Определение времени нарастания переходной характеристики	да	да	10.6
Определение верхней граничной частоты полосы пропускания	да	да	10.7
Определение случайного джиттера выходного тактового сигнала с частотой выше 2 ГГц (СКО)	да	да	10.8
Определение диапазона частот выходного тактового сигнала	да	да	10.9
Определение амплитуды (пик-пик) выходного тактового сигнала на частоте 5 ГГц	да	да	10.10
Определение минимальной амплитуды (пик-пик) входного электрического сигнала	да	да	10.11
Определение диапазона длин волн оптического излучения	да	да	10.12
Определение значений длин волн градуировки оптического излучения	да	да	10.13
Определение диапазона измерений и абсолютной погрешности измерений средней мощности оптического излучения	да	да	10.14
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенных в таблице 1, поверка прекращается и осциллограф N1000A признается непригодным к применению.

2.3 Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов осциллографа N1000A с обязательным указанием в сведениях о поверке информации об объеме проведенной поверки.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от +15 до +25;
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица со средним или высшим техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в области радиотехнических измерений в установленном порядке и имеющим квалификационную группу электробезопасности не ниже третьей.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом N1000А РЭ "Осциллограф цифровой стробоскопический N1000А. Руководство по эксплуатации".

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки осциллографа N1000А должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 6.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15°C до +25°C с абсолютной погрешностью в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 71394-18
	Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с абсолютной погрешностью в пределах $\pm 2\%$	
	Средства измерений атмосферного давления от 630 до 800 мм рт. ст. (от 84,0 до 106,7 кПа) с абсолютной погрешностью в пределах $\pm 0,3$ кПа	
п. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Эталоны единицы импульсного электрического напряжения, соответствующие требованиям к эталонам и средствам измерений по ГПС для средств измерений импульсного электрического напряжения, утвержденной приказом Росстандарта № 3461 от 30.12.2019, в диапазоне мгновенных значений импульсного электрического напряжения $\pm(0,01 \div 5,0)$ В.	Калибратор осциллографов 9500В с формирователем 9530, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 30374-05
п.9 Определение метрологических характеристик средства измерений		

Продолжение таблицы 2

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п.9 Определение метрологических характеристик средства измерений	Государственный первичный специальный эталон импульсного электрического напряжения ГЭТ 182-2010 по государственной поверочной схеме для средств измерений импульсного электрического напряжения, утвержденной приказом Росстандарта № 3461 от 30.12.2019, в диапазоне мгновенных значений импульсного электрического напряжения $\pm(0,01 \div 5,0)$ В.	ГЭТ 182-2010
	Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 2,5 до 16 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходного сигнала $\pm 2 \cdot 10^{-6}$, пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня сигнала $\pm 2,0$ дБ.	Генератор сигналов высокочастотный АКИП-3211-F85, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 91166-24
	Средства измерения импульсного электрического напряжения в диапазоне средне-квадратических значений измеряемого напряжения до 2 В, диапазон коэффициента отклонения от 10 до 500 мВ/дел; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока $\pm(1,5 \cdot 10^{-2} \cdot 8 \cdot K_0 + 2)$ мВ, где коэффициент отклонения осциллографа K_0 выражен в мВ/дел; полоса пропускания не менее 20 ГГц.	Осциллограф цифровой запоминающий WaveMaster 820Zi-A, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 40232-08

Продолжение таблицы 2

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
	<p>Эталон единицы средней мощности оптического излучения, соответствующий требованиям к рабочим эталонам по государственной поверочной схеме для средств измерений длины и времени распространения сигнала в оптическом волокне, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи информации, утвержденной приказом Росстандарта № 1804 от 06.08.2024 г., в диапазоне значений средней мощности от 10^{-10} до 10^{-2} Вт; длины волн излучения источников (градуировки): 1310 нм \pm 10 нм; 1550 нм \pm 10 нм; пределы относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки 1310 нм и 1550 нм ($\theta_{РЭСМ}$) в диапазоне 10^{-10} - $2 \cdot 10^{-3}$ Вт включительно \pm 2,5 %, в диапазоне $2 \cdot 10^{-3}$ - 10^{-2} Вт \pm 3,5 %.</p>	<p>Аппаратура измерительная оптическая РЭСМ-ВС, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 53227-13</p>

5.2 Допускается использовать при поверке другие средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 2.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены все требования техники безопасности, регламентированные ГОСТ 12.1.019-2017, "Технической эксплуатации электроустановок потребителей", "Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", а также всеми действующими местными инструкциями по технике безопасности.

6.2 Во избежание несчастного случая и для предупреждения повреждения осциллографа и средств поверки необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- подсоединение средств поверки к сети должно производиться с помощью сетевых кабелей из их комплектов;
- заземление средств поверки должно производиться посредством заземляющих контактов сетевых кабелей;
- присоединение осциллографа и средств поверки следует выполнять при отключенных входах и выходах (при отсутствии напряжения на разъемах);
- запрещается работать с осциллографом при снятых панелях корпусов;
- запрещается работать с осциллографом в условиях температуры и влажности, выходящих за пределы рабочего диапазона, а также при наличии в воздухе взрывоопасных веществ;
- запрещается работать с осциллографом в случае обнаружения его повреждения.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

7.1 Внешний осмотр осциллографа проводить визуально.

При этом проверить:

- комплектность, маркировку и пломбировку согласно эксплуатационной документации;
- целостность и чистоту разъёмов входных сигналов, USB 2.0 и питания;
- отсутствие видимых механических повреждений, влияющих на работоспособность осциллографа N1000А.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

- комплектность, маркировка и пломбировка соответствуют эксплуатационной документации;
- разъемы входных сигналов, а также питания и интерфейсов USB, GPIB, LAN целы и чисты;
- пломбировка осциллографа не повреждена;
- отсутствуют видимые механические повреждения, влияющие на работоспособность осциллографа.

В противном случае результаты внешнего осмотра считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед началом работы необходимо изучить руководство по эксплуатации осциллографа, а также руководства по эксплуатации средств поверки.

8.1.2 Подсоединить средства поверки к сети питания 220 В, 50 Гц.

8.1.3 Включить питание средств поверки.

8.1.4 Перед началом выполнения операций средства поверки должны быть выдержаны во включенном состоянии в соответствии с указаниями их руководств по эксплуатации.

8.2 Контроль условий поверки

8.2.1 Провести измерения температуры окружающего воздуха, относительной влажности окружающего воздуха и атмосферного давления в помещении, в котором будет выполняться поверка. Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

8.2.2 Результаты контроля условий поверки считать положительными, если значения температуры окружающего воздуха, относительной влажности окружающего воздуха и атмосферного давления в помещении, в котором будет выполняться поверка, соответствуют значениям, приведенным в п. 3.1.

В противном случае результаты контроля условий поверки считать отрицательными. Последующие операции поверки проводить после установления в помещении, в котором будет выполняться поверка, значений температуры окружающего воздуха, относительной влажности окружающего воздуха и атмосферного давления, соответствующие значениям, приведенным в п. 3.1.

8.3 Опробование средства измерений

8.3.1 Подготовить осциллограф N1000А к работе в соответствии N1000А РЭ. Проверить отсутствие сообщений о неисправности в процессе загрузки осциллографа N1000А.

8.3.2 Нажать клавишу «Default Setup» для восстановления настроек по умолчанию.

8.3.3 Подключить формирователь 9530 калибратора с помощью переходников 2,4 (f) – 3,5 и 3,5 – BNC (m) к входу канала «А» модуля N1040А.

8.3.4 Включить канал «А». Включить на калибраторе выход синхронизирующего сигнала, соединить с помощью кабеля и необходимых переходников выбранный выход синхронизирующего сигнала со входом «Trigger Input» базового блока осциллографа N1000А. Нажать программную клавишу «Frame Trigger» и на вкладке «General Trigger Setup» появившегося окна настроек синхронизации выбрать в качестве источника («Source») вход на

фронтальной панели («Front Panel»); установить режим синхронизации («Trigger Mode») «Edge Trigger (DC – 2.5 GHz)» (рисунок 1).

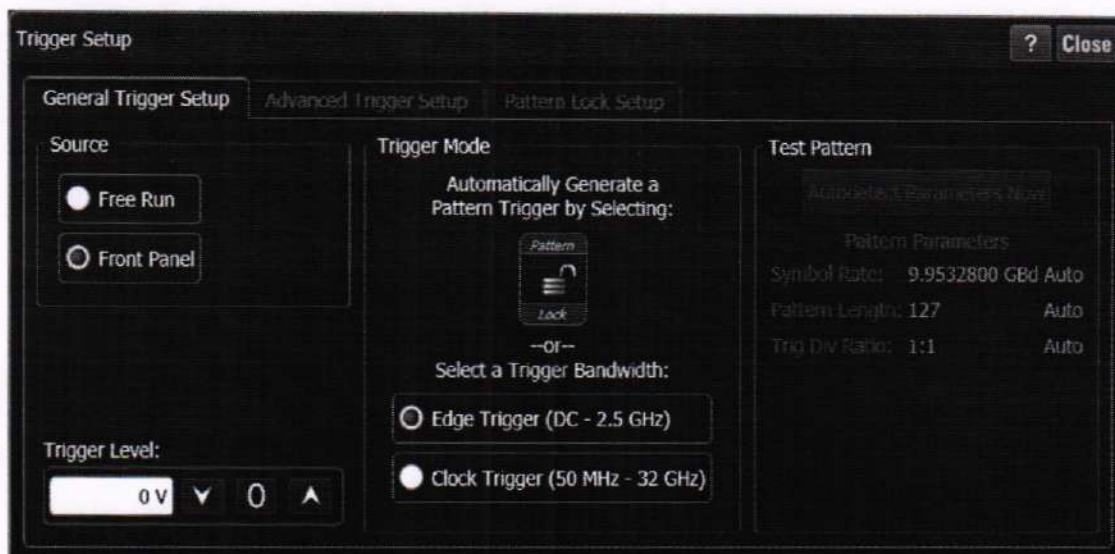


Рисунок 1

8.3.5 Перевести калибратор в режим генерирования симметричного прямоугольного напряжения (меандр), установить амплитуду импульсов 100 мВ и частоту повторения 100 кГц, включить сигнал; нажать клавишу «Auto Scale». После короткой паузы на экране должны отобразиться 2 периода меандра с размахом приблизительно 4 деления. Если эта осциллограмма отсутствует, следует проверить параметры сигнала и правильность подключения формирователя 9530.

8.3.6 Устанавливать различные значения коэффициента отклонения и смещения, изменять коэффициент развертки и временную задержку с помощью элементов управления на передней панели базового блока, наблюдая при этом соответствующие изменения осциллограммы. Изменять коэффициент развертки и временную задержку с помощью элементов управления на передней панели базового блока и перемещая «мышь» по коврику, убедиться в том, что указатель «мышь» на экране отслеживает ее перемещение.

8.3.7 Провести опробование каналов «В» модулей N1040A и N1030A в соответствии с п. 8.3.3 – 8.3.6 методики поверки.

Примечание 1:

- при проведении поверки электрического канала модуля N1030A следует дополнительно подключить переходник 1,0 (f) – 2,4 (m) на вход канала «В» модуля N1030A;

- при проведении измерений входное напряжение не должно превышать ± 2 В.

8.3.8 Результаты опробования считать положительными, если наблюдаются изменения осциллограммы, приведенные в п. 8.3.6 методики поверки.

В противном случае результаты опробования считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Во вкладке «Help» главного окна выбрать пункт «About Flex DCA...».

9.2 С помощью открывшегося окна установить идентификационное наименование ПО и номер версии (идентификационный номер) ПО.

9.3 Результаты проверки программного обеспечения считать положительными, если наименование и номер версии ПО, отображаемые на экране, соответствуют сведениям, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационное наименование ПО	FlexDCA N1000-Series System Software
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже A.06.00.00

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение средних квадратических значений собственных шумов

10.1.1 Подсоединить согласованную нагрузку (50 Ом) к входу канала «А» модуля N1040A осциллографа N1000A.

10.1.2 Произвести калибровку; для этого выбрать во вкладке «Tools» пункт меню «Calibrations...», в открывшемся окне перейти на вкладку поверяемого модуля, отметить все каналы, нажать кнопку «Calibrate», дождаться окончания процедуры.

10.1.3 Нажать клавишу «Default Setup» для восстановления настроек по умолчанию.

10.1.4 Перейти к настройкам сбора данных (программная клавиша «Acquisition»); задать максимально возможное количество отображаемых отсчетов (131072) (рисунок 2).

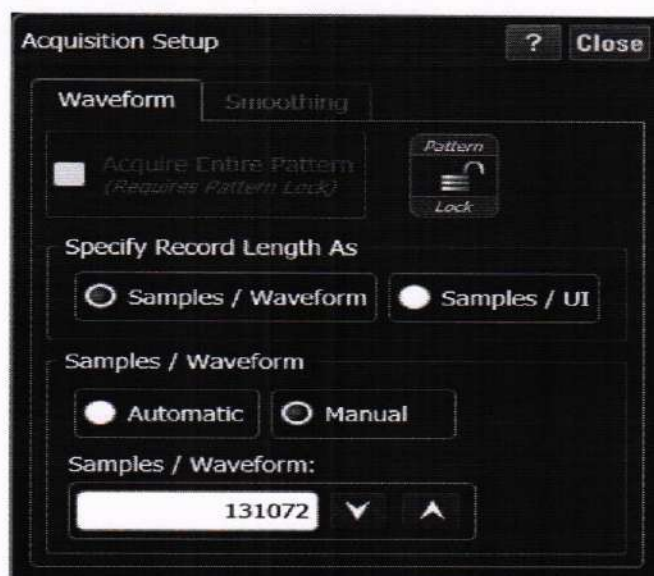


Рисунок 2

10.1.5 Установить минимальный коэффициент отклонения канала «А» (1 мВ/дел) и полосу пропускания 60 ГГц (программная клавиша, открывающая окно настроек каналов, расположена в левой нижней части окна программы) (рисунок 3).



Рисунок 3

10.1.6 Нажать программную клавишу «Frame Trigger» и на вкладке «General Trigger Setup» появившегося окна настроек синхронизации выбрать режим работы без синхронизации (параметр «Source», значение «Free Run»).

10.1.7 На вкладке списка амплитудных измерений («Amplitude») в левой части основного окна программы выбрать и включить измерение среднего квадратического значения напряжения (программная клавиша «RMS») (либо же через вкладку «Measure»: «Oscilloscope» → «Amplitude» → «RMS»); в появившемся окне выбрать в качестве источника канал «A», в выпадающем списке «Measurement Area:» выбрать «Entire Display», в выпадающем списке «RMS Type:» выбрать «DC», нажать программную клавишу «OK».

10.1.8 Повторить действия, описанные в пунктах 10.1.1 - 10.1.7 методики поверки для каналов «B» модулей N1040A и N1030A осциллографа N1000A, включая их и устанавливая в качестве источника измерения среднего квадратического значения напряжения; записать измеренные средние квадратические значения собственных шумов для каждого канала (рисунок 4). При проведении поверки модуля N1030A следует дополнительно подключить переходник 1,0 (f) – 2,4 (m) на вход канала «B» модуля N1030A.



Рисунок 4

10.1.9 Результаты измерений считать положительными, если полученные значения не превышают 550 мкВ для каналов «А» и «В» модуля N1040A и не превышают 1400 мкВ для канала «В» модуля N1030A осциллографа N1000A.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

10.2 Определение диапазонов установки коэффициента отклонения и абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока

10.2.1 Нажать клавишу «Default Setup» для восстановления настроек по умолчанию.

10.2.2 Подключить формирователь 9530 калибратора 9500В с помощью переходников 2,4 (f) – 3,5 и 3,5 – BNC (m) ко входу канала «А» модуля N1040A осциллографа N1000A. Нажать программную клавишу «Frame Trigger» и на вкладке «General Trigger Setup» появившегося окна настроек синхронизации выбрать режим работы без синхронизации (параметр «Source», значение «Free Run»).

10.2.3 С помощью соответствующего элемента управления или с помощью настроек основной программы (программная клавиша «Timebase») (рисунок 5) установить коэффициент развертки 1 мс/дел.

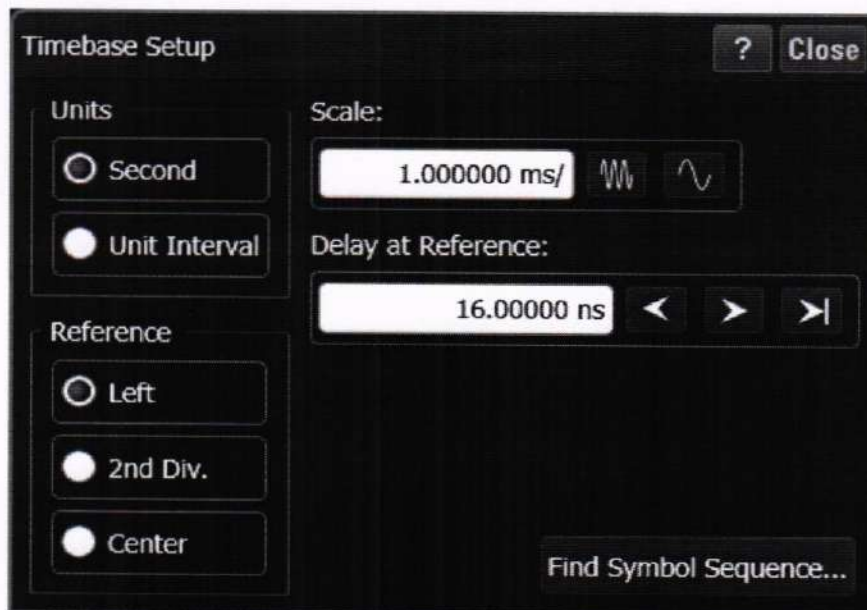


Рисунок 5

10.2.4 Перейти к настройкам сбора данных (программная клавиша «Acquisition»); во вкладке «Smoothing» выбрать режим усреднения («Average»), установить количество усредняемых отсчетов («Number of Waveforms») равным 256 (рисунок 6).

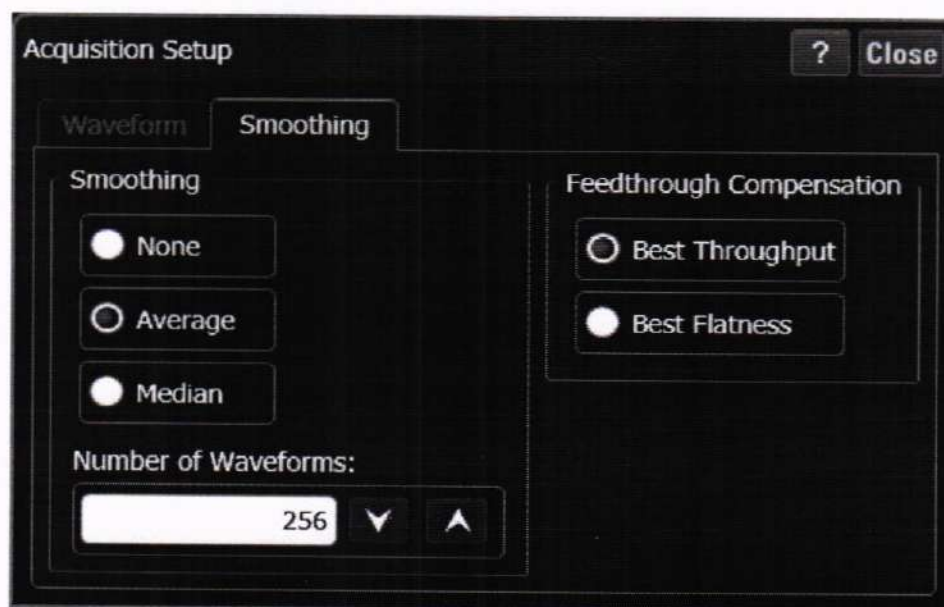


Рисунок 6

10.2.5 На вкладке списка амплитудных измерений («Amplitude») в левой части основного окна программы выбрать и включить измерение среднего уровня напряжения (программная клавиша «Average») (либо же через вкладку «Measure»: «Oscilloscope» → «Amplitude» → «Average»); в появившемся окне выбрать в качестве источника канал «А», в выпадающем списке «Measurement Area:» выбрать «Entire Display», нажать программную клавишу «ОК».

10.2.6 Перевести калибратор в режим генерирования постоянного напряжения; устанавливая амплитуду генерируемого сигнала положительной и отрицательной полярности и коэффициент отклонения в соответствии с таблицей 5, включать сигнал калибратора, нажимать клавишу «Clear Display» и, подождя, когда количество измерений достигнет 256 (число, следующее за надписью «Waveform (Average):» в правой верхней части окна программы) записывать измеренное среднее значение напряжения (панель с результатами измерений («Results») находится под разверткой).

10.2.7 Определить абсолютную погрешность измерений напряжения постоянного тока как разность между измеренным осциллографом средним значением напряжения и установленным на калибраторе значением постоянного напряжения.

10.2.8 Подключить формирователь 9530 к входам каналов «В» модулей N1040A и N1030A (см. п. 8.3.7 - Примечание 1). Повторить действия, описанные в пунктах 10.2.1 - 10.2.7 программы поверки, включая при этом нужный канал и устанавливая его в качестве источника измерения среднего значения напряжения (панель измерений («Results») → выбрать нужное измерение → нажать программную клавишу «Setup...» в нижней части панели измерений).

10.2.9 Результаты поверки считать положительными, если:

- определены диапазоны установки коэффициента отклонения: от 1 до 100 мВ/дел для модуля N1030A и от 1 до 100 мВ/дел для модуля N1040A;

- определена абсолютная погрешность измерений напряжения постоянного тока, которая находится в пределах, указанных в графе 3 таблицы 4.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

Таблица 4 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения

Коэффициент отклонения	Устанавливаемое на калибраторе значение постоянного напряжения	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения
1	2	3
5 мВ/дел	±15 мВ	±2,6 мВ
10 мВ/дел	±30 мВ	±3,2 мВ
20 мВ/дел	±60 мВ	±4,4 мВ
50 мВ/дел	±150 мВ	±8,0 мВ
100 мВ/дел	±300 мВ	±14,0 мВ

10.3 Определение диапазона установки напряжения смещения

10.3.1 Подключить формирователь 9530 калибратора с помощью переходника 2,4 (f) – 3,5 (f) ко входу канала «А» модуля N1040A осциллографа N1000A.

10.3.2 Включить канал «А» и установить коэффициент отклонения этого канала 10 мВ/дел.

10.3.3 Установить канал «А» в качестве источника измерения среднего значения напряжения.

10.3.4 Устанавливая амплитуду сигнала положительной и отрицательной полярности и значение смещения в соответствии с таблицей 5, включать сигнал калибратора, нажимать клавишу «Clear Display» и, подождя, когда количество измерений достигнет 256 (число, следующее за надписью «Waveform (Average):» в правой верхней части окна программы) записывать измеренное среднее значение напряжения (панель с результатами измерений находится под разверткой).

10.3.5 Подключить формирователь 9530 к входам каналов «В» модулей N1040A и N1030A (см. п. 8.3.7 - Примечание 1). Повторить действия, описанные в пунктах 10.3.2 - 10.3.4 программы поверки, включая при этом нужный канал и устанавливая его в качестве источника измерения среднего значения напряжения.

10.3.6 Определить абсолютную погрешность измерений напряжения постоянного тока как разность между измеренным осциллографом средним значением напряжения и установленным на калибраторе значением постоянного напряжения.

10.3.7 Результаты измерений считать положительными, если абсолютная погрешность измерений напряжения постоянного тока не выходит за пределы, указанные в таблице 5.

10.3.8 Результаты поверки считать положительными, если диапазон установки напряжения смещения соответствует таблице 5 и составляет $\pm 0,5$ В.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

Таблица 5 – Устанавливаемые значения напряжения постоянного тока калибратора и смещения осциллографа N1000A

Устанавливаемое на калибраторе значение постоянного напряжения / значение смещения	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения
± 20 мВ	± 2 мВ
± 50 мВ	
± 100 мВ	
± 200 мВ	
± 500 мВ	

10.4 Определение абсолютной погрешности измерений временных интервалов

10.4.1 Нажать клавишу «Default Setup» для восстановления настроек по умолчанию.

10.4.2 Подключить формирователь 9530 калибратора с помощью переходников 2,4 (f) – 3,5 и 3,5 – BNC (m) ко входу канала «А» модуля N1040A осциллографа N1000A. Включить на калибраторе выход синхронизирующего сигнала, соединить с помощью кабеля и необходимых переходников выбранный выход синхронизирующего сигнала со входом «Trigger Input» осциллографа N1000A. Нажать программную клавишу «Frame Trigger» и на вкладке «General Trigger Setup» появившегося окна настроек синхронизации выбрать в качестве источника («Source») вход на фронтальной панели («Front Panel»); установить режим синхронизации («Trigger Mode») «Edge Trigger (DC – 2.5 GHz)».

10.4.3 С помощью соответствующего элемента управления или с помощью настроек основной программы (программная клавиша «Timebase») установить коэффициент развертки 5 нс/дел.

10.4.4 Перейти к настройкам сбора данных (программная клавиша «Acquisition»); задать максимально возможное количество отображаемых отсчетов (131072).

10.4.5 Отобразить курсоры для измерения временных интервалов с помощью вкладки «Manual Line Markers» окна настроек курсоров, которое можно открыть, выбрав во вкладке «Measure» пункт «Markers...» (рисунок 7).

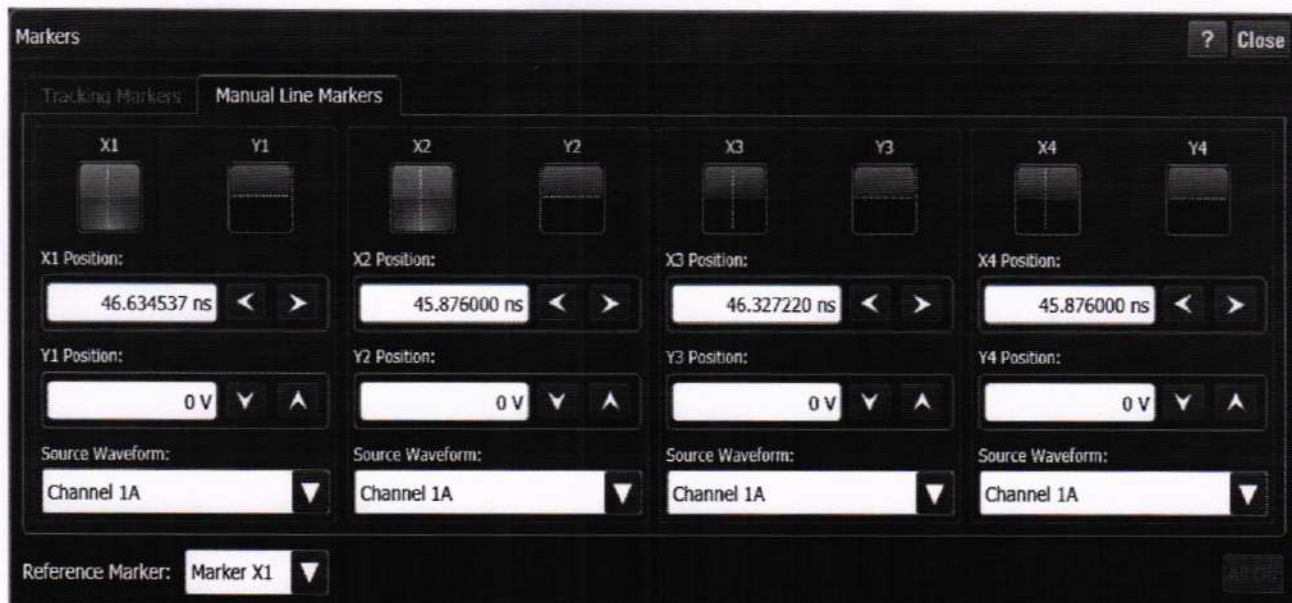


Рисунок 7

10.4.6 Установить на калибраторе режим формирования маркерных сигналов с амплитудой (пик-пик) 500 мВ и периодом 20 нс.

10.4.7 Запустить сигнал калибратора и выставить курсоры с помощью мыши или ручки «Marker Position» на панели базового блока так, чтобы курсоры указывали на пересечение нулевого уровня напряжения возрастающими фронтами двух соседних периодов; записать измеренный с помощью курсоров временной интервал (временные позиции курсоров и разница между ними ΔPos приведены на панели «Markers» под разверткой) (рисунок 8).



Рисунок 8

10.4.8 Повторить действия, описанные в пунктах 10.4.2 - 10.4.7 программы поверки, подключая формирователь 9530 поочередно к входам каналов «В» модулей N1040A и N1030A, включая при этом нужный канал и устанавливая его в качестве источника измерений (см. п. 8.3.7 - Примечание 1).

10.4.9 Определить абсолютную погрешность измерений временных интервалов по формуле (1):

$$\Delta T_{и} = T_{и} - T_{уст} \quad (1)$$

где $\Delta T_{и}$ - абсолютная погрешность измерений временных интервалов, нс;
 $T_{уст}$ - установленное значение периода маркерных сигналов, равное 20 нс;
 $T_{и}$ - измеренное при помощи осциллографа N1000A значение периода маркерных сигналов, нс.

10.4.10 Результаты поверки считать положительными, если абсолютная погрешность измерений временных интервалов не выходит за пределы $\pm 0,206$ нс.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

10.5 Определение относительной погрешности измерений мгновенных значений импульсного напряжения с длительностью фронта импульса более 20 пс на интервале времени

10.5.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 9, провести измерения мгновенных значений импульсного напряжения $u_{гэт}(i)$ и записать их в форме цифрового файла. Измеренные мгновенные значения импульсного напряжения должны охватывать 200 пс с момента времени, соответствующего 0,5 амплитуды импульса, количество отсчетов сигнала должно быть фиксированным и составлять не менее 1000, коэффициент развертки – 50 пс/дел. Определить методом гистограмм значение амплитуды импульса и значение длительности среза импульсов генератора TMG010010SN11-M1 по уровню 0,1 – 0,9 от амплитуды импульса (с учетом поправки на время нарастания переходной характеристики осциллографа WaveExpert 100H по формуле (2)):

$$\tau_{TMG_попр} = \sqrt{\tau_{TMG_100H}^2 - T_{100H}^2} \quad (2)$$

где $\tau_{TMG_попр}$ – значение длительности среза импульсов генератора TMG010010SN11-M1, измеренное осциллографом WaveExpert 100H с учетом поправки на время нарастания переходной характеристики осциллографа WaveExpert 100H, пс;

τ_{TMG_100H} - значение длительности среза импульсов генератора TMG010010SN11-M1, измеренное осциллографом WaveExpert 100H по уровню 0,1 – 0,9 от амплитуды импульса, пс;

T_{100H} - значение времени нарастания переходной характеристики осциллографа WaveExpert 100H, равное 3,5 пс.



Рисунок 9

10.5.2 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 10, подключив выход генератора перепада напряжения TMG010010SN11-M1 из состава ГЭТ 182-2010 ко входу канала «А» модуля N1040A осциллографа N1000A. Нажать клавишу «Default Setup» на осциллографе N1000A для восстановления настроек по умолчанию, нажать программную клавишу «Frame Trigger» и на вкладке «General Trigger Setup» появившегося окна настроек синхронизации выбрать в качестве источника («Source») вход на фронтальной панели («Front Panel»); установить режим синхронизации («Trigger Mode») «Edge Trigger (DC – 2.5 GHz)».



Рисунок 10

10.5.3 С помощью соответствующего элемента управления или с помощью настроек основной программы (программная клавиша «Timebase») (рисунок 5) установить коэффициент развертки 50 пс/дел.

10.5.4 Перейти к настройкам сбора данных (программная клавиша «Acquisition»), задать такое же количество отсчетов, как и при измерениях по п. 10.5.1.

10.5.5 Установить коэффициент отклонения канала «А» модуля N1040A 100 мВ/дел, полосу пропускания – 60 ГГц.

10.5.6 Провести измерения мгновенных значений импульсного напряжения $u_{N1000A}(i)$ и записать их в форме цифрового файла. Определить методом гистограмм значение амплитуды импульса и значение длительности среза импульсов генератора TMG010010SN11-M1, измеренное по уровню 0,1 – 0,9 от амплитуды импульса. Измеренные мгновенные значения импульсного напряжения должны охватывать 200 пс с момента времени, соответствующего 0,5 амплитуды импульса.

10.5.7 Использовать полученные при выполнении п.п. 10.5.1 и 10.5.6 файлы, чтобы рассчитать относительную погрешность измерений мгновенных значений импульсного напряжения $\delta u_{N1000A}(i)$ для приведенных значений импульсного напряжения, измеренных поверяемым осциллографом N1000A, по формуле (3):

$$\delta u_{N1000A}(i) = \frac{\frac{u_{N1000A}(i)}{A_{N1000A}} - \frac{u_{ГЭТ}(i)}{A_{ГЭТ}}}{\frac{u_{ГЭТ}(i)}{A_{ГЭТ}}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где $u_{N1000A}(i)$ – значение импульсного напряжения, соответствующее i -му отсчету при измерении с помощью осциллографа после интервала 20 пс от временной точки фронта импульса, соответствующей 0,5 амплитуды, мВ;

$u_{ГЭТ}(i)$ – значение импульсного напряжения для эталонного измерения, соответствующее i -му отсчету после интервала 20 пс от временной точки фронта импульса, соответствующей 0,5 амплитуды, мВ;

$A_{ГЭТ}$, A_{N1000A} – значения амплитуды импульсов, полученных при эталонном измерении и измерении с помощью осциллографа, полученные методом гистограмм, мВ.

10.5.8 Повторить действия, описанные в п.п. 10.5.5, 10.5.6 и 10.5.7, для каналов «В» модулей N1040A и N1030A осциллографа N1000A, при этом для канала «В» модуля N1030A следует установить полосу пропускания 95 ГГц (при проведении измерений следует подключать переходники 1,85 – 1,85 на вход каналов «А» и «В» модуля N1040A и дополнительно 1,0 – 2,4 на вход канала «В» модуля N1030A).

10.5.9 Результаты поверки считать положительными, а осциллограф N1000A считать соответствующим эталону 1 разряда по Приказу Росстандарта № 3463 от 30.12.2019, если рассчитанные значения относительной погрешности измерений мгновенных значений импульсного напряжения с длительностью фронта импульса более 20 пс на интервале времени более 100 пс (от момента времени, соответствующего ½ амплитуды импульса) соответствуют приведенным в таблице 6 пределам допускаемой относительной погрешности измерений мгновенных значений импульсного напряжения.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

Таблица 6 - Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мгновенных значений импульсного напряжения

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мгновенных значений импульсного напряжения с длительностью фронта импульса более 20 пс на интервале времени, %:	
- от 20 до 40 пс	±5
- от 40 до 100 пс	±3
- более 100 пс	±2

10.6 Определение времени нарастания переходной характеристики

10.6.1 Определение значений времени нарастания переходной характеристики для каналов «А» и «В» модуля N1040A и канала «В» модуля N1030A осциллографа N1000A произвести по формулам (4) - (6) с использованием полученных результатов при определении длительности среза импульсов генератора TMG010010SN11-M1 при помощи осциллографа N1000A:

$$T_{N1040A_A} = \sqrt{\tau_{TMG_N1040A_A}^2 - \tau_{TMG_100H}^2 - \tau_{\text{перех } 1,85-1,85}^2} \quad (4)$$

$$T_{N1040A_B} = \sqrt{\tau_{TMG_N1040A_B}^2 - \tau_{TMG_100H}^2 - \tau_{\text{перех } 1,85-1,85}^2} \quad (5)$$

$$T_{N1030A_B} = \sqrt{\tau_{TMG_N1030A_B}^2 - \tau_{TMG_100H}^2 - \tau_{\text{перех } 1,85-1,85}^2 - \tau_{\text{перех } 2,4-1,0}^2} \quad (6)$$

где T_{N1040A_A} - значение времени нарастания переходной характеристики канала «А» модуля N1040A, пс;

T_{N1040A_B} - значение времени нарастания переходной характеристики канала «В» модуля N1040B, пс;

T_{N1030A_B} - значение времени нарастания переходной характеристики канала «В» модуля N1030A, пс;

$\tau_{\text{перех } 1,85-1,85}$, $\tau_{\text{перех } 1,0-2,4}$ - значения времени нарастания переходников, пс;

τ_{TMG_100H} - значение длительности среза импульсов генератора TMG010010SN11-M1, измеренное осциллографом WaveExpert 100H, пс;

$\tau_{TMG_N1040A_A}$ - значение длительности среза импульсов генератора TMG010010SN11-M1, измеренное на канале «А» модуля N1040A, пс;

$\tau_{TMG_N1040A_B}$ - значение длительности среза импульсов генератора TMG010010SN11-M1, измеренное на канале «В» модуля N1040A, пс;

$\tau_{TMG_N1030A_B}$ - значение длительности среза импульсов генератора TMG010010SN11-M1, измеренное на канале «В» модуля N1030A, пс.

10.6.2 Определение значения времени нарастания переходной характеристики для канала «А» модуля N1030A осциллографа N1000A произвести при помощи фемтосекундного лазера EFOA-SH.

10.6.3 Задать на осциллографе длину волны измеряемого оптического излучения 1550 нм. Установить уровень сигнала лазера 1 мВт и подать оптический сигнал лазера на вход канала «А» модуля N1030A.

10.6.4 Установить на осциллографе режим измерений амплитудно-временных параметров импульсов, нажав клавиши: «Time», «More», «+ Pulse Width» и получить на экране временную диаграмму импульса, приведенную на рисунке 11.

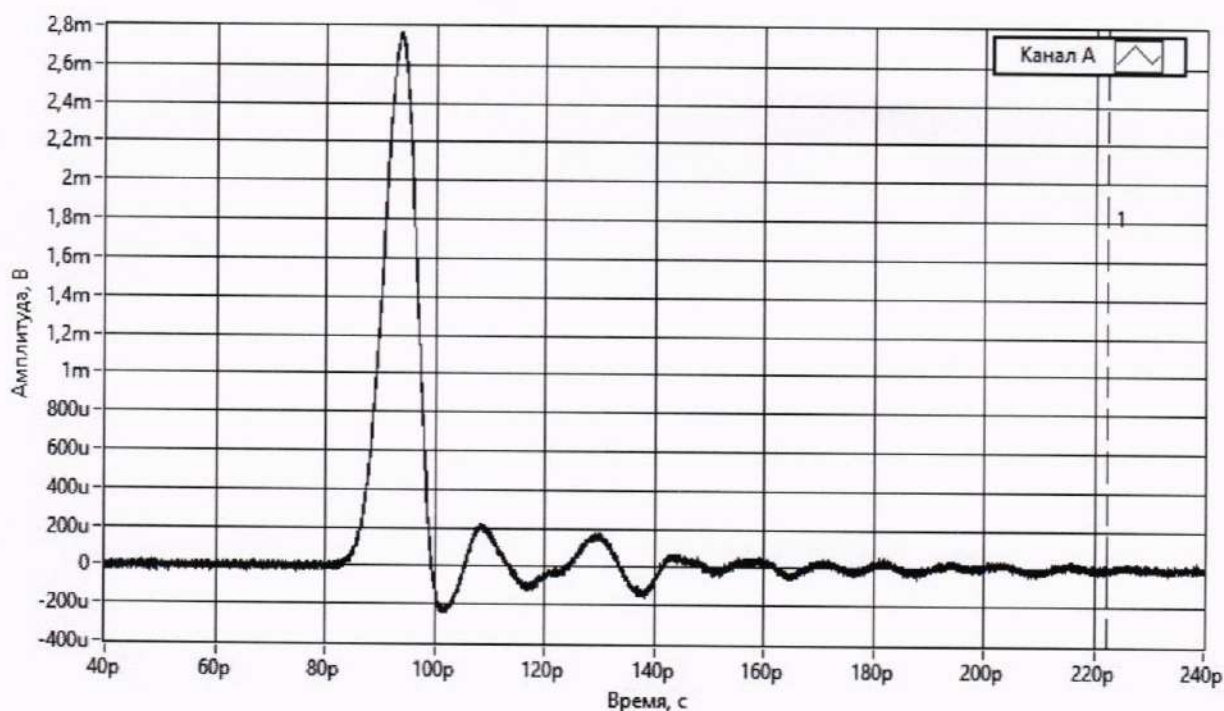


Рисунок 11

10.6.5 Применить преобразование Фурье для временных отсчетов сигнала и получить амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) измеряемого оптического импульса. Определить верхнюю граничную частоту полосы пропускания канала «А» модуля N1030A осциллографа N1000A (F_{N1030A_A}), которая равна значению частоты, на которой АЧХ уменьшается на 3 дБ относительно значения характеристики в рабочем диапазоне частот. Вид амплитудно-частотной характеристики представлен на рисунке 12.

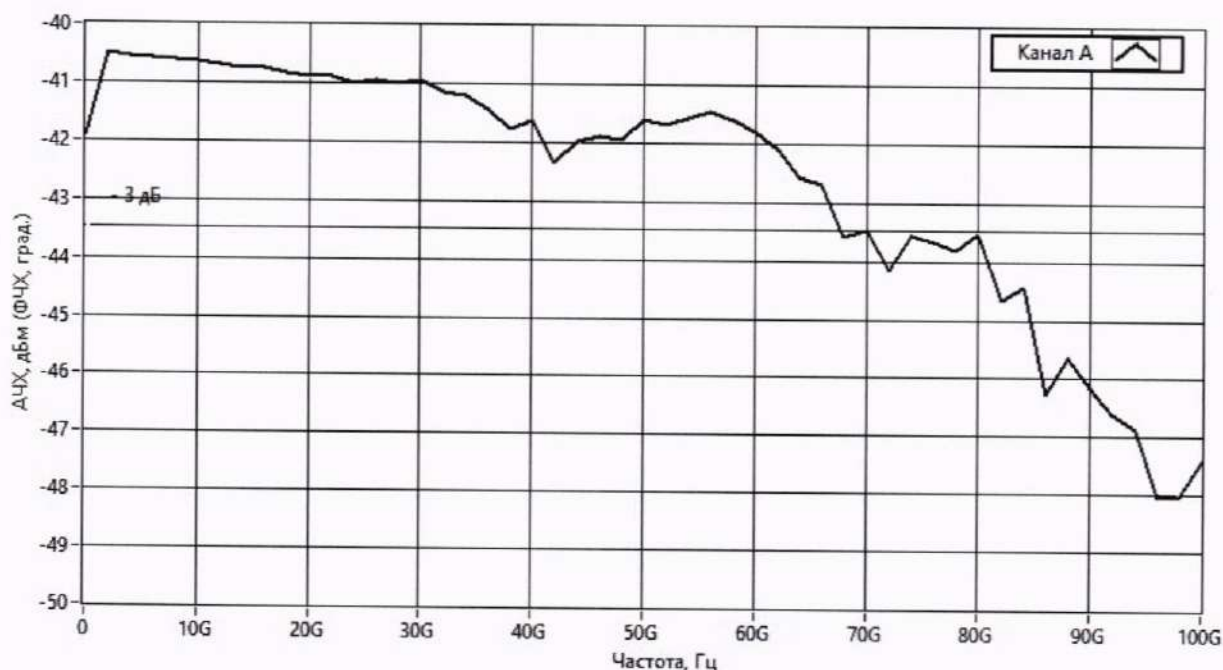


Рисунок 12

10.6.6 Рассчитать значение времени нарастания переходной характеристики канала «А» модуля N1030А осциллографа N1000А по формуле (7) с использованием полученного в п. 10.6.5 результата при определении значения верхней граничной частоты полосы пропускания для канала «А» модуля N1030А (F_{N1030A_A}):

$$T_{N1030A_A} = \frac{350}{F_{N1030A_A}} \quad (7)$$

где T_{N1030A_A} – значение времени нарастания переходной характеристики канала «А» модуля N1030А, пс;

F_{N1030A_A} – значение верхней граничной частоты полосы пропускания канала «А» модуля N1030А, ГГц.

10.6.7 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные по формулам (4) – (7) значения времени нарастания переходной характеристики соответствуют приведенным в таблице 7 значениям времени нарастания переходной характеристики данного канала соответствующего модуля поверяемого осциллографа N1000А.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

10.7 Определение верхней граничной частоты полосы пропускания

10.7.1 Рассчитать значения верхней граничной частоты полосы пропускания для каналов «А» и «В» модулей N1030А и N1040А осциллографа N1000А по формулам (8) - (11) с использованием полученных в п. 10.6 результатов при определении значений времени нарастания переходных характеристики каналов «А» и «В» модулей N1030А и N1040А осциллографа N1000А:

$$F_{N1030A_A} = \frac{350}{T_{N1030A_A}} \quad (8)$$

$$F_{N1030A_B} = \frac{350}{T_{N1030A_B}} \quad (9)$$

$$F_{N1040A_A} = \frac{350}{T_{N1040A_A}} \quad (10)$$

$$F_{N1040A_B} = \frac{350}{T_{N1040A_B}} \quad (11)$$

где F_{N1030A_A} – значение верхней граничной частоты полосы пропускания канала «А» модуля N1030А, ГГц;

F_{N1030A_B} – значение верхней граничной частоты полосы пропускания канала «В» модуля N1030А, ГГц;

F_{N1040A_A} – значение верхней граничной частоты полосы пропускания канала «А» модуля N1040А, ГГц;

F_{N1040A_B} – значение верхней граничной частоты полосы пропускания канала «В» модуля N1040А, ГГц;

10.7.2 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные значения верхней граничной частоты полосы пропускания соответствуют приведенным в таблице 7 значениям верхней граничной частоты полосы пропускания данного канала соответствующего модуля поверяемого осциллографа N1000А.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

Таблица 7 - Значения времени нарастания переходной характеристики данного канала соответствующего модуля поверяемого осциллографа N1000А

Наименование канала и модуля поверяемого осциллографа	Время нарастания переходной характеристики, пс, не более	Полоса пропускания, ГГц, не менее
Канал «А» модуля N1040А	5,8	60
Канал «В» модуля N1040А	5,8	60
Канал «А» модуля N1030А	5,4	65
Канал «В» модуля N1030А	3,7	95

10.8 Определение случайного джиттера выходного тактового сигнала с частотой выше 2 ГГц (СКО)

10.8.1 Для определения случайного джиттера выходного тактового сигнала подать на вход «Data in - » модуля N1077А сигнал с выхода генератора АКПП-3211-F85 и сигнал с выхода «Recovered clock out» модуля N1077А - на вход осциллографа LeCroy WaveMaster 820Zi-A.

10.8.2 Установить амплитуду сигнала генератора АКПП-3211-F85 400 мВ с частотой 2,5 ГГц. Во вкладке CDR осциллографа N1000А в меню «Symbol rate» выбрать частоту, равную частоте генератора АКПП-3211-F85, и нажать кнопку «Lock».

10.8.3 Установить коэффициент развертку осциллографа WaveMaster 820Zi-A 20 пс/дел и получить на экране осциллографа устойчивое изображение выходного тактового сигнала.

10.8.4 Определить по горизонтали значение размаха линии сигнала, соответствующее размаху случайного джиттера выходного тактового сигнала, и рассчитать СКО джиттера путем деления этого значения на 6. Повторить измерения для ряда значений частоты генератора АКПП-3211-F85: 9,95328, 12,24945 и 16 ГГц.

10.8.5 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные значения случайного джиттера выходного тактового сигнала с частотой выше 2 ГГц (СКО) не превышают 1 пс.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

10.9 Определение диапазона частот выходного тактового сигнала

10.9.1 Для определения диапазона частот выходного тактового сигнала подать на вход «Data in - » модуля N1077А сигнал с выхода генератора сигналов АКПП-3211-F85 и сигнал с выхода «Recovered clock out» модуля N1077А - на вход осциллографа LeCroy WaveMaster 820Zi-A.

10.9.2 Установить амплитуду сигнала генератора АКПП-3211-F85 400 мВ с частотой 50 МГц, включить функцию измерения частоты осциллографа LeCroy WaveMaster 820Zi-A и измерить с помощью осциллографа частоту выходного тактового сигнала с выхода «Recovered clock out» модуля N1077А.

10.9.3 Повторить измерения для ряда значений частоты генератора сигналов АКПП-3211-F85: 5 ГГц; 9,95328 ГГц; 12,24945 ГГц и 16 ГГц.

10.9.4 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения частоты выходного тактового сигнала с выхода «Recovered clock out» модуля N1077А находятся в диапазоне от 50 МГц до 16 ГГц (включительно).

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

10.10 Определение амплитуды (пик-пик) выходного тактового сигнала на частоте 5 ГГц

10.10.1 Для определения амплитуды выходного тактового сигнала подать на вход «Data in - » модуля N1077А сигнал с выхода генератора АКПП-3211-F85 и сигнал с выхода «Recovered clock out» модуля N1077А - на вход осциллографа LeCroy WaveMaster 820Zi-A.

10.10.2 Установить амплитуду сигнала генератора АКПП-3211-F85 400 мВ (пик-пик) с частотой 5 ГГц, включить функцию измерения амплитуды осциллографа LeCroy WaveMaster 820Zi-A и измерить с помощью осциллографа амплитуду (пик-пик) выходного тактового сигнала с выхода «Recovered clock out» модуля N1077A.

10.10.3 Результаты поверки считать положительными, если измеренное значение амплитуды (пик-пик) выходного тактового сигнала на частоте 5 ГГц не менее 320 мВ.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

10.11 Определение минимальной амплитуды (пик-пик) входного электрического сигнала

10.11.1 Для определения минимальной амплитуды входного электрического сигнала (в режиме восстановления тактового сигнала) подать на вход «Data in -» модуля N1077A сигнал с выхода генератора АКПП-3211-F85 и сигнал с выхода «Recovered clock out» модуля N1077A - на вход осциллографа LeCroy WaveMaster 820Zi-A.

10.11.2 Установить амплитуду сигнала генератора АКПП-3211-F85 400 мВ с частотой 50 МГц, включить функцию измерения амплитуды осциллографа LeCroy WaveMaster 820Zi-A и измерить с помощью осциллографа амплитуду (пик-пик) выходного тактового сигнала с выхода «Recovered clock out» модуля N1077A.

10.11.3 Определить значение минимальной амплитуды (пик-пик) входного тактового сигнала, уменьшая амплитуду сигнала генератора АКПП-3211-F85 до тех пор, пока модуль N1077A не выйдет из режима восстановления тактового сигнала.

10.11.4 Повторить измерения для ряда значений частоты генератора сигналов АКПП-3211-F85: 5 ГГц; 9,95328 ГГц; 12,24945 ГГц и 16 ГГц.

10.11.5 Результаты поверки считать положительными, если значение минимальной амплитуды (пик-пик) входного электрического сигнала не более 35 мВ.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

10.12 Определение диапазона длин волн оптического излучения

10.12.1 Для определения диапазона длин волн оптического излучения использовать аппаратуру измерительную оптическую РЭСМ-ВС, включенную в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 13.

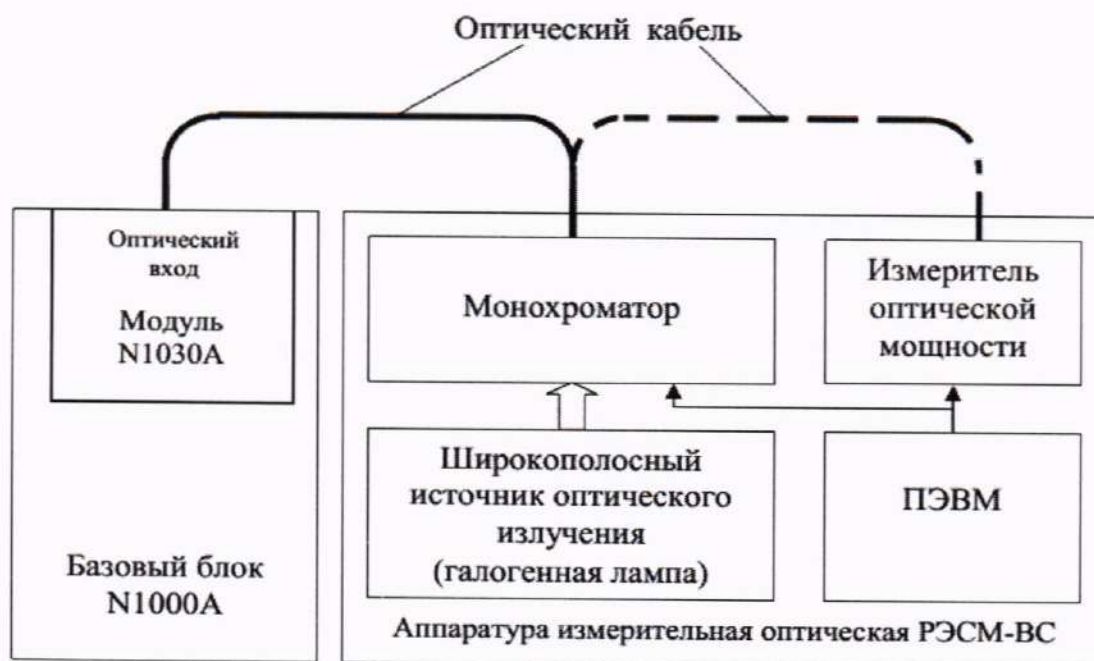


Рисунок 13

10.12.2 Подготовить осциллограф N1000A к работе в режиме измерений параметров оптического сигнала на входе модуля N1030A. Подготовить аппаратуру РЭСМ-ВС к работе в режиме измерений относительных спектральных характеристик приемников оптического излучения. Соединить оптическим кабелем выходной разъем монохроматора и вход измерителя оптической мощности, входящих в состав РЭСМ-ВС.

10.12.3 Установить на монохроматоре значение длины волны, соответствующее нижней границе диапазона длин волн (1250 нм). Измерить уровень оптической мощности. Если значение подаваемой оптической мощности составляет менее 1 мкВт, увеличить уровень оптической мощности путем настройки монохроматора и источника излучения согласно руководству по эксплуатации аппаратуры РЭСМ-ВС.

10.12.4 Зафиксировать значение длины волны, установленное на монохроматоре, показание измерителя оптической мощности, отключить оптический кабель от измерителя оптической мощности и подключить его к оптическому входу модуля N1030A осциллографа. Проверить отображение на экране осциллографа линии, соответствующей оптическому сигналу, и индикацию уровня мощности оптического сигнала.

10.12.5 Перестраивая монохроматор по шкале длин волн с шагом 50 нм, контролировать подаваемый уровень мощности оптического излучения и его индикацию на экране осциллографа, поочередно соединяя оптическим кабелем выходной разъем монохроматора с входом измерителя оптической мощности аппаратуры РЭСМ-ВС и оптическим входом модуля N1030A осциллографа.

10.12.6 Результаты поверки считать положительными, если осциллограф обеспечивает отображение оптического сигнала в диапазоне длин волн от 1250 до 1600 нм.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

10.13 Определение значений длин волн градуировки оптического излучения

10.13.1 Определение значений длин волн градуировки оптического излучения провести путем проверки возможности установки в меню управляющей программы осциллографа значений длин волн градуировки оптического излучения, составляющих 1310 и 1550 нм.

10.13.2 Результаты поверки считать положительными, если осциллограф обеспечивает установку в меню управляющей программы значений длин волн градуировки оптического излучения 1310 и 1550 нм.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

10.14 Определение диапазона измерений и абсолютной погрешности измерений средней мощности оптического излучения

10.14.1 Для определения диапазона и абсолютной погрешности измерений средней мощности оптического излучения использовать аппаратуру оптическую измерительную РЭСМ-ВС, включенную согласно схемы, приведенной на рисунке 14.



Рисунок 14

10.14.2 Установить на аппаратуре РЭСМ-ВС длину волны излучения с номинальным значением 1310 нм. Регулировкой ослабления аттенюатора установить на его выходе уровень мощности, соответствующий верхнему пределу измерений осциллографа (4 мВт). Задать на осциллографе длину волны измеряемого оптического излучения 1310 нм.

10.14.3 Провести N ($N = 5$) измерений мощности последовательно измерителем оптической мощности (ИОМ) из состава РЭСМ-ВС и осциллографом, поочередно подключая оптический кабель на вход ИОМ из состава РЭСМ-ВС и вход осциллографа, и регистрируя показания РЭСМ-ВС и осциллографа.

10.14.4 Повторить операции по 10.14.3, последовательно уменьшая мощность (с шагом 3 - 4 дБ), дойдя до уровня мощности, составляющего приблизительно 1 мкВт.

10.14.5 Вычислить среднее значение разности показаний РЭСМ-ВС и осциллографа для каждой j -й точки диапазона по формулам:

$$\theta_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \theta_{i,j}, \quad (12)$$

$$\theta_{i,j} = \frac{P_{i,j} - P_{o i,j}}{P_{o i,j}} \cdot 100\%, \quad (13)$$

где $P_{o i,j}$ - показания РЭСМ-ВС при i -м измерении в j -й точке диапазона;

$P_{i,j}$ - показания осциллографа при i -м измерении в j -й точке диапазона;

θ_j - среднее значение разности показаний РЭСМ-ВС и осциллографа при 5 измерениях в j -й точке диапазона, %;

$\theta_{i,j}$ - значение разности показаний РЭСМ-ВС и осциллографа при i -м измерении в j -й точке диапазона, %.

10.14.6 Определить значения случайной составляющей погрешности, выраженной в виде среднего квадратического отклонения, для каждой j -й точки диапазона по формуле:

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\theta_{i,j} - \theta_j)^2}{N-1}}. \quad (14)$$

10.14.7 Определить значения относительной (δ_{Kj}) и абсолютной (Δ_{Kj}) погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки 1310 нм и 1550 нм для каждой j -й точки диапазона по формулам:

$$\delta_{Kj} = \pm 2 \cdot \sqrt{\frac{\theta_j^2 + \theta_{РЭСМ}^2}{3} + S_j^2} \quad (15)$$

$$\Delta_{Kj} = 0,01 \cdot \delta_{Kj} \cdot P_j \quad (16)$$

$$P_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{i,j}, \quad (17)$$

где $\theta_{РЭСМ}$ - пределы относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки 1310 нм и 1550 нм в диапазоне 10^{-10} - $2 \cdot 10^{-3}$ Вт включительно ($\pm 2,5$ %) и в диапазоне $2 \cdot 10^{-3}$ - 10^{-2} Вт ($\pm 3,5$ %);

P_j - среднее значение показаний осциллографа в j -й точке диапазона.

10.14.8 Повторить операции по п.п. 10.14.2 – 10.14.7 для длины волны оптического излучения 1550 нм.

10.14.9 Результаты поверки считать положительными, если диапазон измерений и значения абсолютной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки соответствуют таблице 8.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными.

Таблица 8 - Диапазон измерений и пределы абсолютной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений средней мощности оптического излучения	от 1 мкВт до 4 мВт
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки, Вт, в диапазонах мощности: - от 1 мкВт до 2 мВт (включ.) - от 2 мВт до 4 мВт	$\pm(0,05 \cdot N + 2 \cdot 10^{-7} + \text{погрешность разъема});$ $\pm(0,1 \cdot N + 2 \cdot 10^{-7} + \text{погрешность разъема});$ где N - значение измеряемой мощности, Вт

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Определение средних квадратических значений собственных шумов

11.1.1 Определение средних квадратических значений собственных шумов произвести методом прямых измерений напряжения шума с подключением согласованной нагрузки 50 Ом на входы каналов «А» и «В» модуля N1040A и канала «В» модуля N1030A.

11.1.2 Результаты поверки считать положительными, если при определении средних квадратических значений собственных шумов полученные значения не превышают 975 мкВ.

11.2 Определение абсолютной погрешности измерений напряжения

11.2.1 Определение абсолютной погрешности измерений напряжения осциллографа N1000A произвести при помощи калибратора осциллографов 9500В с формирователем 9530.

11.2.2 Произвести измерение напряжения постоянного тока при помощи осциллографа N1000A и определить абсолютную погрешность измерений напряжения постоянного тока.

11.2.3 Результаты поверки считать положительными, если при определении абсолютной погрешности измерений напряжения в диапазоне коэффициента отклонения от 5 до 100 мВ/дел погрешность измерений не выходит за пределы, указанные в таблице 4.

11.3 Определение диапазона установки напряжения смещения

11.3.1 Определить диапазон установки напряжения смещения для каналов «А» и «В» модуля N1040A и для канала «В» модуля N1030A методом прямых измерений напряжения постоянного тока калибратора 9500В с формирователем 9530.

11.3.3 Результаты поверки считать положительными, если диапазон установки напряжения смещения составляет $\pm 0,5$ В.

11.4 Определение абсолютной погрешности измерений временных интервалов

11.4.1 Определение абсолютной погрешности измерений временных интервалов произвести при помощи калибратора осциллографов 9500В с формирователем 9530, функционирующего в режим формирования маркерных сигналов.

11.4.2 Произвести измерение периода маркерных сигналов при помощи осциллографа N1000A и определить абсолютную погрешность измерений временных интервалов по формуле (1).

11.4.3 Результаты поверки считать положительными, если при определении абсолютной погрешности измерений временных интервалов погрешность измерений не выходит за пределы ± 206 пс.

11.5 Определение относительной погрешности измерений мгновенных значений импульсного напряжения с длительностью фронта импульса более 20 пс на интервале времени

11.5.1 Определение относительной погрешности измерений мгновенных значений импульсного напряжения с длительностью фронта импульса более 20 пс на интервале времени произвести при помощи генератора перепада TMG010010SN11-M1 и осциллографа WaveExpert 100H из состава ГЭТ 182-2010.

11.5.2 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений мгновенных значений импульсного напряжения с длительностью фронта импульса более 20 пс на интервале:

- от 20 до 40 пс от момента времени, соответствующего 0,5 амплитуды импульса, находятся в пределах ± 5 %;

- от 40 до 100 пс от момента времени, соответствующего 0,5 амплитуды импульса, находятся в пределах ± 3 %;

- от 100 до 200 пс от момента времени, соответствующего 0,5 амплитуды импульса, находятся в пределах ± 2 %.

11.6 Определение времени нарастания переходной характеристики

11.6.1 При определении времени нарастания переходной характеристики произвести расчеты значений времени нарастания переходной характеристики по формулам (4) - (7).

11.6.2 Результаты поверки считать положительными, если при определении времени нарастания переходной характеристики значения времени нарастания переходной характеристики не превышают или равны приведенным в таблице 7 значениям времени нарастания переходной характеристики данного канала и модуля поверяемого осциллографа.

11.7 Определение верхней граничной частоты полосы пропускания

11.7.1 При определении верхней граничной частоты полосы пропускания произвести расчеты значений верхней граничной частоты полосы пропускания по формулам (8) - (11).

11.7.2 Результаты поверки считать положительными, если при определении верхней граничной частоты полосы пропускания значения верхней граничной частоты полосы пропускания осциллографа превышают или равны приведенным в таблице 7 значениям полосы пропускания данного канала и модуля поверяемого осциллографа N1000А.

11.8 Определение случайного джиттера выходного тактового сигнала с частотой выше 2 ГГц (СКО)

11.8.1 Определение случайного джиттера выходного тактового сигнала модуля N1077А с частотой выше 2 ГГц определить при помощи осциллографа WaveMaster 820Zi-A визуально (по временной шкале экрана осциллографа) и рассчитать СКО джиттера путем деления этого значения на 6.

11.8.2 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные значения СКО джиттера выходного тактового сигнала модуля N1077А осциллографа N1000А не превышают 1 пс.

11.9 Определение диапазона частот выходного тактового сигнала

11.9.1 Определение диапазона частот выходного тактового сигнала произвести при помощи осциллографа WaveMaster 820Zi-A методом прямых измерений частоты выходного тактового сигнала.

11.9.2 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения частоты выходного тактового сигнала находятся в диапазоне от 50 МГц до 16 ГГц (включительно).

11.10 Определение амплитуды (пик-пик) выходного тактового сигнала на частоте 5 ГГц

11.10.1 Определение амплитуды (пик-пик) выходного тактового сигнала на частоте 5 ГГц произвести при помощи осциллографа WaveMaster 820Zi-A методом прямых измерений амплитуды выходного тактового сигнала с частотой 5 ГГц.

11.10.2 Результаты поверки считать положительными, если измеренное значение амплитуды (пик-пик) выходного тактового сигнала на частоте 5 ГГц не менее 320 мВ.

11.11 Определение минимальной амплитуды (пик-пик) входного электрического сигнала

11.11.1 Определить минимальную амплитуду (пик-пик) входного электрического сигнала при помощи генератора АКПП-3211-F85, уменьшая амплитуду сигнала генератора до тех пор, пока модуль N1077А не выйдет из режима восстановления тактового сигнала.

11.11.2 Результаты поверки считать положительными, если полученное значение минимальной амплитуды (пик-пик) входного электрического сигнала не более 35 мВ.

11.12 Определение диапазона длин волн оптического излучения

11.12.1 Определить диапазон длин волн оптического излучения при помощи аппаратуры измерительной оптической РЭСМ-ВС методом прямых измерений средней мощности оптического излучения с перестраиваемой длиной волны, поступающего от аппаратуры РЭСМ-ВС.

11.12.2 Результаты поверки считать положительными, если диапазон длин волн оптического излучения, измеряемого осциллографом, составляет от 1250 до 1600 нм.

11.13 Определение значений длин волн градуировки оптического излучения

11.13.1 Определить значения длин волн градуировки оптического излучения путем сличения значений длин волн, устанавливаемых в меню программного обеспечения осциллографа, с заданными значениями длин волн 1310 и 1550 нм.

11.13.2 Результаты поверки считать положительными, если осциллограф обеспечивает установку в меню программного обеспечения значений длин волн градуировки оптического излучения 1310 и 1550 нм.

11.14 Определение диапазонов измерений и абсолютной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки

11.14.1 При определении диапазонов измерений и абсолютной погрешности измерений средней мощности оптического излучения провести сличение осциллографа с рабочим эталоном единицы средней мощности в ВОСП (аппаратурой измерительной оптической РЭСМ-ВС) на длинах волн градуировки 1310 и 1550 нм.

11.14.2 Результаты поверки считать положительными, если определенный при измерениях диапазон измерений и абсолютная погрешность измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки соответствуют таблице 8.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Осциллограф N1000А признаётся годным, если все результаты поверки положительные.

Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца осциллографа N1000А или лица, предъявившего его на поверку, на осциллограф наносится знак поверки, и (или) выдаётся свидетельство о поверке, и (или) в руководство по эксплуатации осциллографа вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

Знак поверки наносить в виде наклейки или оттиска клейма поверителя на свидетельство о поверке.


12.3 Осциллограф N1000А с отрицательными результатами поверки в обращение не допускается и на него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник НИО-1
ФГУП "ВНИИФТРИ"


Заместитель начальника НИО-1 по научной работе
ФГУП "ВНИИФТРИ"

Начальник лаборатории 881
ФГУП "ВНИИФТРИ"


Старший научный сотрудник лаборатории 122
ФГУП "ВНИИФТРИ"



О.В. Каминский



А.В. Клеопин



С.С. Донченко



Л.Н. Селин

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 - Метрологических характеристики осциллографа N1000A с модулями N1030A, N1040A, N1077A

Наименование характеристики	Значение
Модуль N1030A – оптический канал	
Время нарастания переходной характеристики ($T_{пх}$), пс, не более	5,4
Верхняя граничная частота полосы пропускания (F_v) ¹⁾ , ГГц, не менее	65
Диапазон длин волн, нм	от 1250 до 1600 (включ.)
Длины волн градуировки, нм	1310, 1550
Диапазон измерений средней мощности оптического излучения	от 1 мкВт до 4 мВт
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки, Вт, в диапазонах мощности: - от 1 мкВт до 2 мВт (включ.) - от 2 мВт до 4 мВт	$\pm(0,05 \cdot N + 2 \cdot 10^{-7} + \text{погрешность разъема});$ $\pm(0,1 \cdot N + 2 \cdot 10^{-7} + \text{погрешность разъема});$ где N - значение измеряемой мощности, Вт
Модуль N1030A – электрический канал	
Время нарастания переходной характеристики ($T_{пх}$), пс, не более	3,7
Верхняя граничная частота полосы пропускания (F_v) ¹⁾ , ГГц, не менее	95
Среднее квадратическое значение собственного шума, мкВ, не более	1400
Диапазон установки коэффициентов отклонения, мВ/дел	от 1 до 100 (включ.)
Диапазон установки напряжения смещения ($U_{смещ}$), В	$\pm 0,5$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока, В	$\pm[0,04 \cdot (U_{изм} - U_{смещ}) + 0,002]$, где $U_{изм}$ – значение измеряемого входного напряжения, В
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений временных интервалов, пс	$\pm(0,01 \cdot T_{изм} + 6)$, где $T_{изм}$ – значение измеряемого временного интервала, пс
Модуль N1040A	
Время нарастания переходной характеристики ($T_{пх}$), пс, не более	5,8
Верхняя граничная частота полосы пропускания (F_v) ¹⁾ , ГГц, не менее	60
Среднее квадратическое значение собственного шума, мкВ, не более	550

Продолжение таблицы А1

Наименование характеристики	Значение
Диапазон установки коэффициентов отклонения, мВ/дел	от 1 до 100 (включ.)
Диапазон установки напряжения смещения ($U_{смещ}$), В	$\pm 0,5$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока, В	$\pm [0,04 \cdot (U_{изм} - U_{смещ}) + 0,002]$, где $U_{изм}$ – значение измеряемого входного напряжения, В
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений временных интервалов, пс	$\pm (0,01 \cdot T_{изм} + 6)$, где $T_{изм}$ – значение измеряемого временного интервала, пс
Модуль N1077A	
Диапазон частот выходного тактового сигнала, МГц	от 50 до 16000 (включ.)
Случайный джиттер выходного тактового сигнала с частотой выше 2 ГГц (СКО), пс, не более	1
Амплитуда (пик-пик) выходного тактового сигнала на частоте 5 ГГц, мВ, не менее	320
Минимальная амплитуда (пик-пик) входного электрического сигнала, мВ	35
Метрологические характеристики осциллографа стробоскопического N1000A с модулями N1030A, N1040A, N1077A - рабочего эталона единицы импульсного электрического напряжения 1 разряда ²⁾	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мгновенных значений импульсного напряжения с длительностью фронта импульса более 20 пс на интервале времени ³⁾ , %:	
- от 20 до 40 пс	± 5
- от 40 до 100 пс	± 3
- более 100 пс	± 2
¹⁾ - расчётное значение верхней граничной частоты полосы пропускания (F_v , ГГц) определяется по формуле: $F_v = \frac{350}{\tau_{пк}}$ где $\tau_{пк}$ - значение времени нарастания переходной характеристики, пс.	
²⁾ - в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений импульсного электрического напряжения (приказ Росстандарта № 3463 от 30.12.2019).	
³⁾ - отсчет временного интервала производится от момента времени, соответствующего 0,5 амплитуды импульса.	

Государственная поверочная схема для средств измерений
импульсного электрического напряжения

