

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального
директора – заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



[Handwritten signature]

А.Н. Щипунов

2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Системы ультразвукового контроля Sonaflex-PT-001

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 651-23-025

р.п. Менделеево
2023 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок систем ультразвукового контроля Sonaflex-PT-001 (далее по тексту – системы), изготовленных обществом с ограниченной ответственностью «Компания «Нординкрафт» (ООО «Компания«Нординкрафт»), 162626, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Годовикова, д. 12.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические характеристики, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений отношений амплитуд сигналов на входе приемника системы, дБ	от 1 до 48
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений отношений амплитуд сигналов на входе приемника системы, дБ: – в диапазоне от 1 до 11 дБ включ. – в диапазоне св. 11 до 30 дБ включ. – в диапазоне св. 30 до 48 дБ	± 1 ± 2 ± 3
Диапазон измерений длительности временных интервалов, мкс	от 0,5 до 400
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений временных интервалов, мкс	$\pm 0,1$

1.2 Необходимо обеспечение прослеживаемости поверяемой системы к государственным первичным эталонам единиц величин посредством использования аттестованных (поверенных) в установленном порядке средств поверки.

По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2022, к государственному первичному эталону единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 178 ГГц ГЭТ 193-2011 в соответствии с локальной поверочной схемой для ультразвуковых дефектоскопов, комплексов, систем, установок, приборов, станций (Приложение А).

Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении первичной (в том числе после ремонта) и периодической поверок должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции первичной и периодической поверок

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 и опробование	да	да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	-	-	10
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений отношений амплитуд сигналов на входе приёмника системы (при частоте заполнения радиоимпульсов 5 МГц)	да	да	10.1
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длительности временных интервалов	да	да	10.2

2.2 Поверка систем осуществляется аккредитованными в установленном порядке юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

2.3 Поверка системы прекращается в случае получения отрицательного результата при проведении хотя бы одной из операций, приведенных в таблице 2, а систему признают не прошедшей поверку.

2.4 Не допускается проведение поверки для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Поверка проводится при рабочих условиях эксплуатации поверяемых систем и используемых средств поверки. Средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с руководствами по их эксплуатации.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки системы допускается инженерно-технический персонал со средним или высшим техническим образованием, имеющий право на проведение поверки (аттестованный в качестве поверителя), изучивший устройство и принцип работы средств поверки по эксплуатационной документации.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Рекомендуемые средства поверки указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8 Подготовка к поверке и опробование;	Средства измерений с диапазоном измеряемых размахов напряжений импульсных радиосигналов от 2 мВ до 500 В (с делителем 1:10), с пределами допускаемой относительной погрешности коэффициента отклонения K_0 : $\pm 4\%$ для K_0 меньше 5 мВ/дел; $\pm 3\%$ для K_0 больше 10 мВ/дел, с коэффициентом развертки от 2 нс/дел до 100 с/дел, с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерения временных интервалов от 1 мс и более: $\pm 25 \cdot 10^{-6} \cdot T$, где T – значение временного интервала	Осциллограф цифровой TBS2000, TBS2102, (далее – осциллограф), рег. № 66636-17
п. 10.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений отношений амплитуд сигналов на входе приёмника системы; п. 10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длительности временных интервалов	Средства измерений с диапазоном частот выходного сигнала от 1 мкГц до 30 МГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки частоты выходного сигнала $\pm(1 \cdot 10^{-6} \cdot F + 15 \cdot 10^{-12})$, где F – установленное значение частоты сигнала, Гц. Диапазоном размаха выходного напряжения при нагрузке 50 Ом от 0,001 до 10 В, с пределами допускаемой абсолютной погрешности установки размаха выходного напряжения синусоидальной формы на частоте 1 кГц $\pm(0,01 \cdot U + 0,001)$ В, где U – установленное значение выходного напряжения	Генератор сигналов произвольной формы 33521В, (далее – генератор), рег. № 72915-18
п. 10.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений отношений амплитуд сигналов на входе приёмника системы	Эталоны единиц ослабления электромагнитных колебаний, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда согласно государственной поверочной схеме, утвержденной приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 №3383 в диапазоне значений от 0 до 11 дБ;	Аттенюатор ступенчатый ручной 8494В (далее – аттенюатор), рег. № 60237-15;

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Эталоны единиц ослабления электромагнитных колебаний, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда согласно государственной поверочной схеме, утвержденной приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 №3383 в диапазоне значений от 0 до 110 дБ	Аттенюатор ступенчатый ручной 8496 В, рег. № 81636-21
п. 10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длительности временных интервалов	Эталоны единиц времени и частоты, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 5 разряда согласно государственной поверочной схеме, утвержденной приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 №2360 в диапазоне значений от 10 нс до 10000 с	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-85/6 (далее – частотомер), рег. № 75631-19

5.2 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 3.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Работа с системой и средствами поверки должна проводиться согласно требованиям безопасности, указанным в нормативно-технической и эксплуатационной документации на средства поверки.

6.2 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности согласно ГОСТ 12.3.019-80.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие системы следующим требованиям:

- комплектность системы в соответствии с паспортом;
- отсутствие явных механических повреждений, влияющих на работоспособность системы;
- наличие маркировки системы в соответствии с документацией.

7.2 Результаты поверки по данному разделу считать положительными, если система соответствует требованиям, приведенным в п. 7.1.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Если система и средства поверки до начала измерений находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в разделе 3, то их выдерживают при этих условиях не менее часа.

8.2 Подготовить систему и средства поверки к работе в соответствии с их руководствами по эксплуатации и подключить осциллограф к первому каналу системы, используя пробник с делителем 10X из состава осциллографа.

8.3 В главном окне программного обеспечения «NKWare» (далее по тексту - ПО) через меню «Оборудование» вызвать окно «Каналы», через меню «Сигналы» вызвать окно «А-Скан», нажав кнопкой мыши на меню «Каналы» и «А-Скан» соответственно. В окне «Каналы» напротив каждого канала в столбце «Г1» и «П1» активировать ячейку нажатием левой клавиши мыши, чтобы она загорелась зеленым цветом.

8.4 Убедиться в наличии зондирующего импульса. Для этого перейти в главное окно ПО «NKWare». В верхней части окна должно отображаться «Вкл ЗИ», голубая подсветка иконки, говорит о том, что зондирующий импульс включен (рисунок 1). В противном случае нажать левой кнопкой мыши на соответствующую иконку.

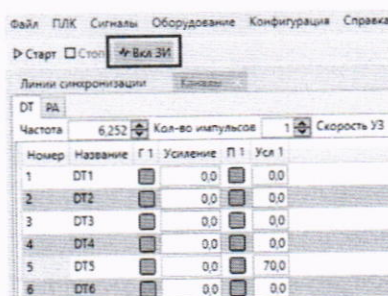


Рисунок 1 – Кнопка включения зондирующего импульса

8.5 На экране осциллографа должен отобразиться сигнал от зондирующего импульса.

8.6 Проверить наличие зондирующего импульса на всех каналах системы, подключая при этом пробник с делителем 10X из состава осциллографа к каждому каналу системы.

8.7 Результаты поверки по данному разделу считать положительными, если на экране осциллографа отображается сигнал от зондирующего импульса на каждом канале системы.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 В верхней части главного окна ПО зайти в меню «Справка», далее «О программе».

9.2 В появившемся окне прочитать идентификационное наименование и номер версии ПО.

9.3 Проверить идентификационные данные ПО на соответствие значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	NKWare
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 1.0
Цифровой идентификатор ПО	-

9.4 Результаты поверки по данному разделу считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений отношений амплитуд сигналов на входе приёмника системы (при частоте заполнения радиоимпульсов 5 МГц)

10.1.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 2.

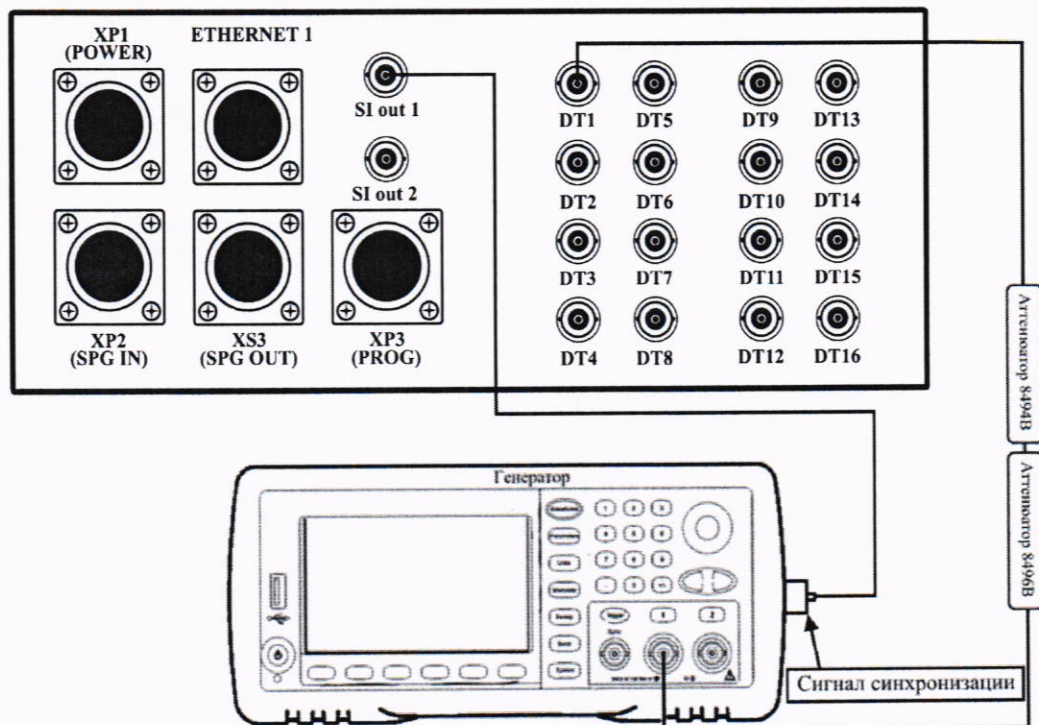


Рисунок 2 – Схема подключения при определении диапазона и абсолютной погрешности измерений отношений амплитуд сигналов на входе приёмника системы

10.1.2 В окне «Каналы» ПО (рисунок 3) напротив каждого канала в столбце «Г1» и «П1» активировать ячейку нажатием левой клавиши мыши, чтобы она загорелась зеленым цветом. Напротив каждого канала в столбце «Усиление» установить значение «8,0». В поле «Частота» установить значение частоты заполнения зондирующего импульса «5,000».

Каналы					
DT		PA			
Частота		5,000	Кол-во импульсов		1
Номер	Название	Г 1	Усиление	П 1	Усл 1
1	DT1	☐	8,0	☐	0,0
2	DT2	☐	8,0	☐	0,0
3	DT3	☐	8,0	☐	0,0
4	DT4	☐	8,0	☐	0,0
5	DT5	☐	8,0	☐	0,0
6	DT6	☐	8,0	☐	0,0
7	DT7	☐	8,0	☐	0,0
8	DT8	☐	8,0	☐	0,0

Рисунок 3 – Активация канала

10.1.3 Убедиться в наличии зондирующего импульса (смотри п. 8.4).

10.1.4 Установить настройки генератора согласно таблице 5.

Таблица 5 – Настройки генератора

Наименование пункта меню	Наименование настройки	Устанавливаемый параметр
Waveforms	-	Sine
Parameters	Frequency	5 MHz
	Amplitude	2,8 V
Burst	Burst	On
	# of Cycles	100
Trigger	Source	Ext
	Trigger Setup	16 μ s

10.1.5 В окне «А-Скан» ПО должен отобразиться сигнал с генератора. Нажать правой кнопкой мыши в поле окна «А-Скан» и вызвать меню «Настройки», затем установить настройки, как показано на рисунке 4. Далее нажать правой кнопкой мыши в поле окна «А-Скан» и вызвать меню «Стробы», затем установить настройки, как показано на рисунке 5.

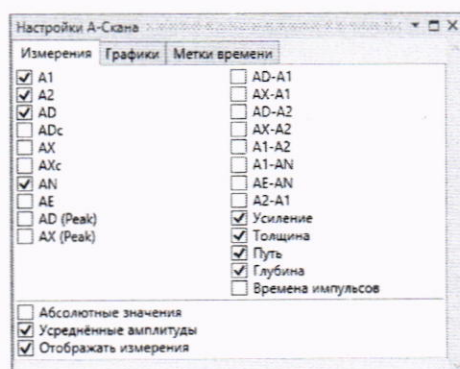


Рисунок 4 – Настройки в меню «Настройки» окна «А-Скан»

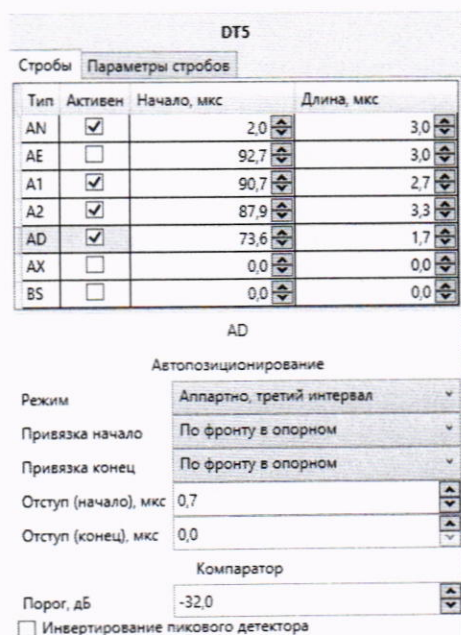


Рисунок 5 – Настройки в меню «Стробы» окна «А-Скан»

10.1.6 Установить ослабление на аттенюаторе 0 дБ и измерить амплитуду сигнала на входе приемника системы, D_0 , дБ (относительно 1 мкВ, далее – дБмкВ), которое отображается в строке «A1» (рисунок 7). Если значение в строке «A1» менее 2 дБмкВ, необходимо уменьшить амплитуду генерируемого сигнала.

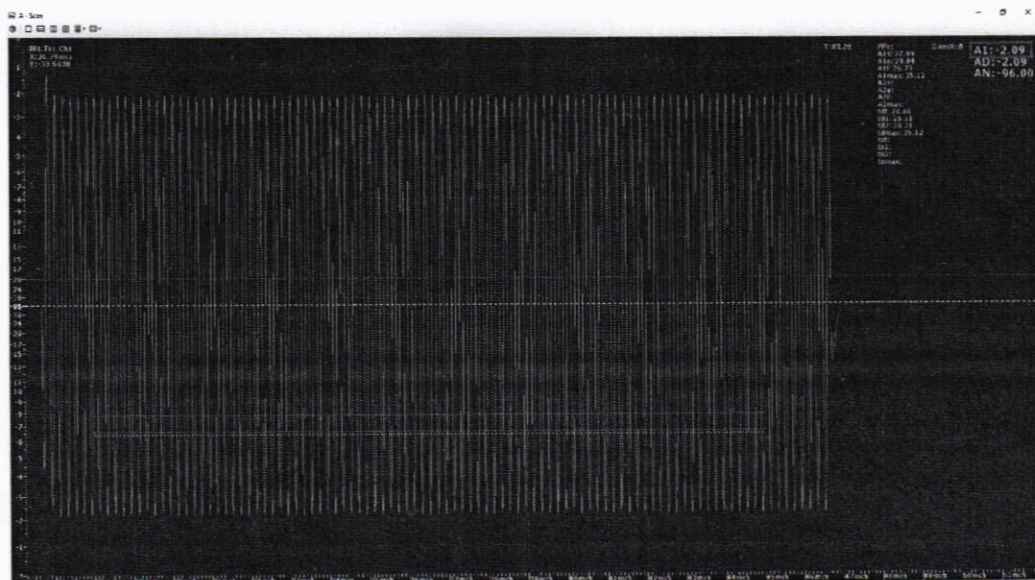


Рисунок 6 – Измерение отношения амплитуд сигналов на входе приемника системы

10.1.7 Аналогично по п. 10.1.6 измерить амплитуду сигнала, $D_{изм}$, дБмкВ, при установленном ослаблении аттенюатора, D_i , дБ: 2, 4, 10, 12, 16, 20, 40, 48 дБ.

10.1.8 Рассчитать абсолютную погрешность измерений отношений амплитуд сигналов на входе приёмника системы по формуле (1):

$$\Delta D = |D_{изм}| - D_i - |D_0|, \quad (1)$$

где D_0 – значение амплитуды, измеренное системой по пункту 10.1.6, дБмкВ;

D_i – значение ослабления, установленное на аттенюаторе, дБ;

$D_{изм}$ – значение амплитуды, измеренное системой по пункту 10.1.7, дБмкВ.

10.1.9 Повторить процедуры по пунктам 10.1.6 – 10.1.8 для каждого канала системы.

10.1.10 Результаты поверки по данному разделу считать положительными, если значения абсолютной погрешности измерений отношений амплитуд сигналов на входе приёмника системы (при частоте заполнения радиоимпульсов 5 МГц) в диапазоне от 1 до 11 дБ находятся в пределах ± 1 дБ, в диапазоне свыше 11 до 30 дБ включ. находятся в пределах ± 2 дБ, в диапазоне свыше 30 до 48 дБ находятся в пределах ± 3 дБ.

10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длительности временных интервалов

10.2.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 7.

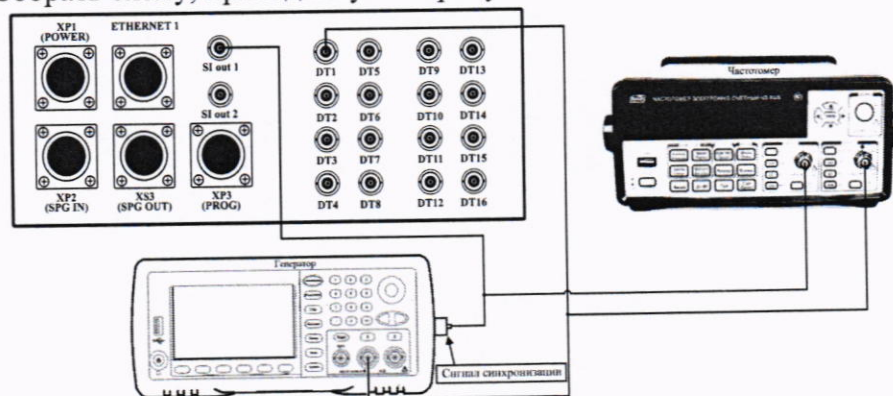


Рисунок 7 – Схема подключения генератора и частотомера для определения диапазона и абсолютной погрешности измерений длительности временных интервалов

10.2.2 Повторить процедуры по пунктам 10.1.2 – 10.1.3.

10.2.3 Нажать правой кнопкой мыши в поле окна «А-Скан» и вызвать меню «Стробы», затем установить настройки, как показано на рисунке 8.

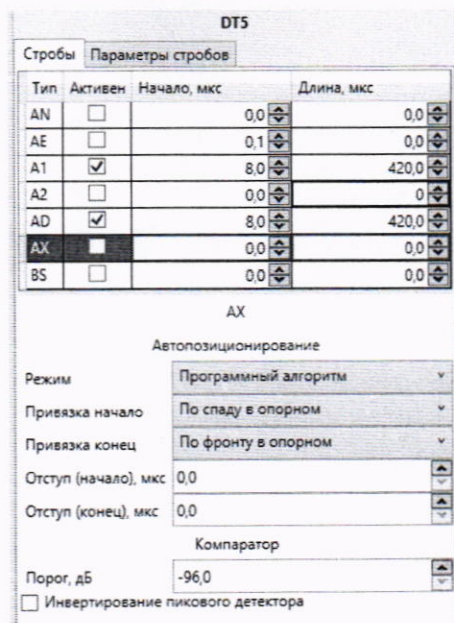


Рисунок 8 – Настройки в меню «Стробы» окна «А-Скан» для строба «A1»

10.2.4 Установить настройки генератора согласно таблице 6. На частотомере кнопкой «Время/Период» установить «Т1 ТО 2» режим измерения временного интервала между сигналами от системы («пакет» в виде одного периода синусоидального сигнала 5 МГц) и генератора (кратковременный сигнал с настройками, приведенными в таблице 6, формирующийся по зондирующему импульсу от системы).

Таблица 6 – Настройки генератора

Наименование пункта меню	Наименование настройки	Устанавливаемый параметр
Waveforms	-	Sine
Parameters	Frequency	5 MHz
	Amplitude	2,8 V
Burst	Burst	On
	# of Cycles	1
Trigger	Source	Ext
	Trigger Setup	0 μs

10.2.5 Измерить при помощи системы значение длительности временного интервала $D_{Тизм0}$, мкс, при установленной задержке запуска сигнала на генераторе 0 мкс, которое отображается в строке «A1s» (рисунок 9). Измерить при помощи частотомера значение временного интервала $D_{Т0}$, мкс, при установленной задержке запуска сигнала на генераторе 0 мкс. Рассчитать поправку $\Delta_{Т0}$, мкс, вызванную временем распространения сигналов по кабелям, временем формирования сигнала генератором и временем обработки сигнала системой, по формуле (2):

$$\Delta_{Т0} = D_{Т0} - D_{Тизм0} \quad (2)$$

где $D_{Т0}$ – значение, измеренное частотомером при установленной нулевой задержке запуска сигнала на генераторе, мкс;

$D_{Тизм0}$ – значение, измеренное системой при установленной нулевой задержке запуска сигнала на генераторе, мкс;

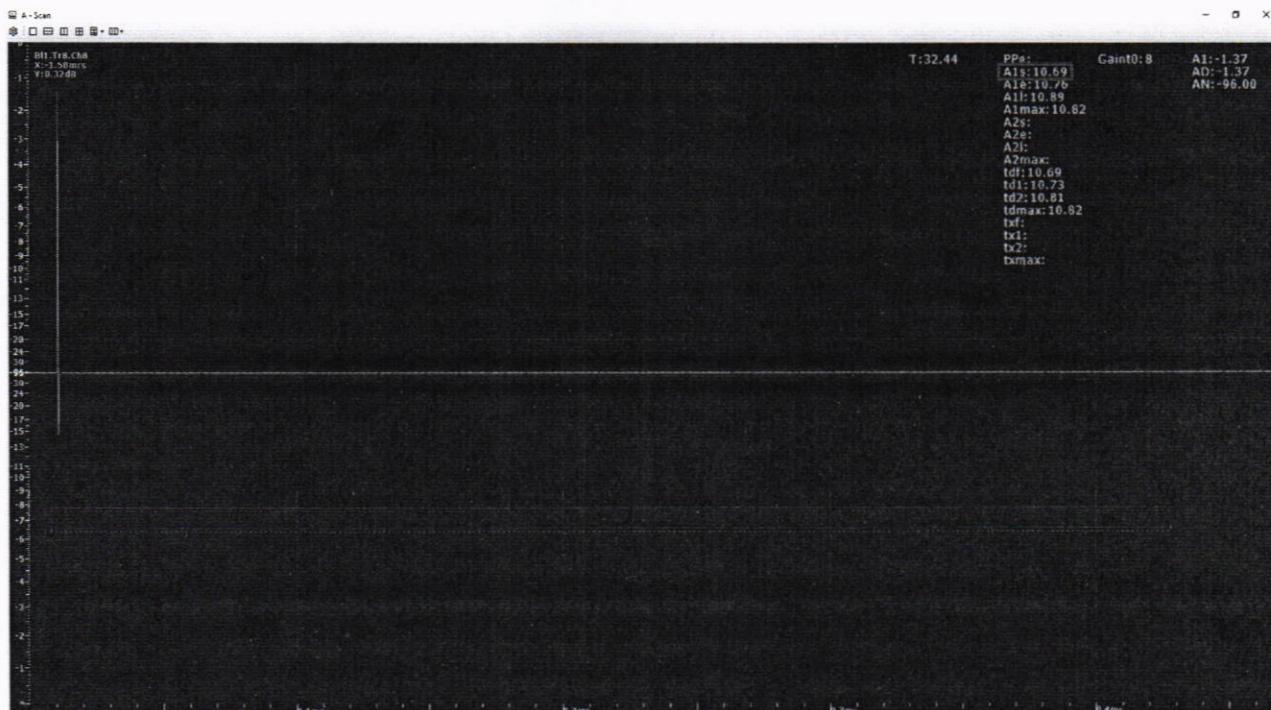


Рисунок 9 – Измерение длительности временных интервалов

10.2.6 Повторить процедуры пункта 10.2.5 для значений задержки запуска сигнала на генераторе 0,5, 1, 10, 100, 400 мкс.

10.2.7 Рассчитать абсолютную погрешность измерений длительности временных интервалов по формуле (3):

$$\Delta D_T = (D_{T_{изм}i} - D_{Ti}) + \Delta_{T0}. \quad (3)$$

где D_{Ti} – значение, измеренное частотомером при установленной i -й задержке запуска сигнала на генераторе, мкс;

$D_{T_{изм}i}$ – значение, измеренное системой при установленной i -й задержке запуска сигнала на генераторе, мкс;

i – установленная задержка запуска сигнала.

10.2.8 Повторить процедуры по пунктам 10.2.3 – 10.2.7 для каждого канала системы.

10.2.9 Результаты поверки по данному разделу считать положительными, если диапазон измерений длительности временных интервалов составляет от 0,5 до 400 мкс, а значения абсолютной погрешности измерений длительности временных интервалов находятся в пределах $\pm 0,1$ мкс.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Система признается годной, если в ходе поверки все результаты процедур поверки положительные.

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

11.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца системы или лица, предъявившего её на поверку, выдается свидетельство о поверке.

11.4 Система, имеющая отрицательные результаты поверки в обращение, не допускается и на неё выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник НИО-10 ФГУП «ВНИИФТРИ»



М.С. Шкуркин

Начальник 103 отдела ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.В. Стрельцов

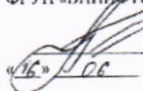
Инженер 1 категории 103 отдела ФГУП «ВНИИФТРИ»



П.С. Мальцев

Приложение А
(рекомендуемое)

**Локальная поверочная схема для ультразвуковых дефектоскопов,
комплексов, систем, установок, приборов, станций**

УТВЕРЖДАЮ
Главный метролог
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Д.Н. Пилипенко
2023 г.

Локальная поверочная схема для ультразвуковых дефектоскопов, комплексов, систем, установок, приборов, станций

