

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по
инновациям

ФГУП «ВНИИОФИ»


И.С. Филимонов



09 _____ 2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
Системы ультразвукового контроля на фазированной решетке
HARFANG VEO

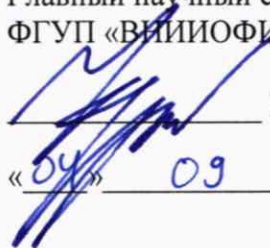
Методика поверки
МП 057.Д4-19

Главный метролог
ФГУП «ВНИИОФИ»


С.Н. Негода

«04» 09 _____ 2020 г.

Главный научный сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»


В.Н. Крутиков

«04» 09 _____ 2020 г.

Москва
2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	3
2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....	3
3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.....	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ.....	5
5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	5
6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ.....	5
7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ.....	5
8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.....	5
9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ А (ФОРМА ПРОТОКОЛА ПОВЕРКИ).....	22
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	23

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической проверок систем ультразвукового контроля на фазированной решетке HARFANG VEO (далее по тексту – системы).

Системы предназначены для измерений толщины объекта контроля и утонения (коррозионный износ), расстояния по горизонтальной оси и глубины залегания дефектов в основном теле металлических и полимерных изделий, сварных, паяных соединениях особо ответственных технологических объектов, выявления дефектов несплошности и неоднородности материала (трещины, поры, расслоения, включения и т.д.)

Интервал между поверками – 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении первичной и периодической проверок должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции первичной и периодической проверок

Наименование операций	Номер пункта методики	Проведение операции при первичной поверке	Проведение операции при периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	да	да
Идентификация программного обеспечения (ПО)	8.2	да	да
Опробование	8.3	да	да
Проверка работоспособности Моно каналов	8.3.1	да	да
Проверка работоспособности всех ФАР каналов и элементов фазированной решетки	8.3.2	да	да
Проверка параметров генератора импульсов возбуждения	8.3.3	да	да
Определение (контроль) метрологических характеристик	8.4		
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения длительности временных интервалов	8.4.1	да	да
Определение абсолютной погрешности измерения амплитуд сигналов на входе приемника	8.4.2	да	да
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений глубины залегания дефектов	8.4.3	да	да
Определение абсолютной погрешности измерения расстояния по горизонтальной оси	8.4.4	да	да
Определение диапазона, абсолютной и относительной погрешности измерения расстояния датчиком пути	8.4.5	да	да

2.2 Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

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

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 Рекомендуемые средства поверки указаны в таблице 2.

3.2 Приведенные средства поверки могут быть заменены на их аналоги, обеспечивающие определение метрологических характеристик систем с требуемой точностью.

3.3 Средства поверки должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование средства измерений или вспомогательного оборудования, номер документа, регламентирующего технические требования к средству, разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
8.3	Осциллограф цифровой TDS2012B (далее – осциллограф). Госреестр № 32618-06. Диапазон коэффициента отклонения от 2 мВ/дел до 5 В/дел; Пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента отклонения для коэффициентов отклонения от 10 мВ/дел до 5 В/дел $\pm 3\%$.
8.4.1, 8.4.2	Генератор сигналов сложной формы AFG3022 (далее – генератор). Госреестр № 32620-06. Диапазон частот генерируемых сигналов синусоидальной формы от 1 МГц до 25 МГц; Диапазон устанавливаемых амплитуд различных форм сигнала на нагрузке 50 Ом (размах) от 10 мВ до 10 В; Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки амплитуды $\pm (1\% \text{ от величины } +1 \text{ мВ})$; Неравномерность амплитуды сигнала синусоидальной формы в диапазоне частот до 5 МГц $\pm 0,15 \text{ дБ}$, в диапазоне частот от 5 до 20 МГц $\pm 0,30 \text{ дБ}$; Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \text{ ppm}$.
8.3, 8.4.3, 8.4.4	Комплект мер ультразвуковых ККО-3 мера №3Р (далее – мера №3Р). Госреестр № 63388-16. Толщина меры $29_{-0,2}$ мм; Высота меры $59_{-0,1}$ мм; Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения толщины и высоты меры $\pm 0,05$ мм; Диаметр искусственного дефекта Д1 $6^{+0,3}$ мм, диаметров Д2, Д3, Д4, Д5 $2^{+0,1}$ мм; Расстояние от рабочей поверхности 1 меры до центра искусственного дефекта: до дефекта Д1 - $44_{-0,12}$ мм; Расстояния от рабочей поверхности 2 меры до центров искусственных дефектов: до дефекта Д2 - $(3,00 \pm 0,15)$ мм, до дефекта Д3 - $(6,00 \pm 0,18)$ мм, до дефекта Д4 - $(8,00 \pm 0,18)$ мм, до дефекта Д5 - $(12,00 \pm 0,21)$ мм; Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения диаметров искусственных дефектов, расстояний до центров искусственных дефектов $\pm 0,05$ мм.
8.4.3	Комплект мер ультразвуковых ККО-3 мера №3 (далее – мера №3). Госреестр № 63388-16. Толщина меры $30_{-0,2}$ мм; Высота меры $55_{-0,1}$ мм; Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения толщины

	и высоты меры $\pm 0,05$ мм.
8.4.5	Линейка измерительная металлическая (далее – линейка). Госреестр № 20048-05. Предел измерения линейки 500 мм; Отклонения от номинальных значений длины шкалы и расстояний между любым штрихом и началом или концом шкалы $\pm 0,15$ мм.
8.4.5	Штангенциркуль ШЦЦ-I (далее - штангенциркуль). Госреестр № 52058-12. Диапазон измерений от 0 до 250 мм; Шаг дискретности цифрового отсчетного устройства 0,01 мм; Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,04$ мм.
Вспомогательное оборудование	
8.4.1, 8.4.2	Согласующее устройство для синхронизации (Приложение Б)
8.3, 8.4.1, 8.4.2	Переходники Lemo-BNC
8.3	Резистор 50 Ом

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

Лица, допускаемые к проведению поверки, должны пройти обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений, изучить устройство и принцип работы системы и средств поверки по эксплуатационной документации.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

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

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

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
- относительная влажность воздуха (65 ± 15) %;
- атмосферное давление (750 ± 30) мм рт.ст. [(100 ± 4) кПа];
- напряжение переменного тока, В 220_{-33}^{+20} ;
- частота переменного тока, Гц 50_{-3}^{+13} .

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Если система и средства поверки до начала измерений находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в п. 6.1, то их выдерживают при этих условиях не менее часа, или времени, указанного в эксплуатационной документации.

7.2 Подготовить систему и средства поверки к работе в соответствии с их руководствами по эксплуатации (далее - РЭ).

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие систем следующим требованиям:

- соответствие комплектности поверяемой системы РЭ;
- отсутствие явных механических повреждений системы и её составных частей;
- наличие маркировки системы с указанием типа и серийного номера.

8.1.2 Система считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если она соответствует требованиям, приведенным в пункте 8.1.1

8.2 Идентификация программного обеспечения (ПО)

8.2.1 Включить систему.

8.2.2 После включения системы, в нижней части главного экрана прочитать наименование и номер версии ПО.

8.2.3 Проверить идентификационные данные ПО на соответствие значениям, приведенным в таблице 3.


Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Veo
Номер версии (идентификационный номер) ПО	3.19.4 и выше
Цифровой идентификатор ПО	-

8.2.4 Система считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 3.


8.3 Опробование


8.3.1 Проверка работоспособности Моно каналов


8.3.1.1 Нажать и удерживать клавишу «ON/OFF» () в течение приблизительно 4 секунд до тех пор, пока не начнет мигать индикатор. После этого система включится. Процесс загрузки занимает приблизительно 40 секунд. После окончания процесса загрузки появится графический интерфейс пользователя, и система войдет в меню выбора конфигурационного файла.

8.3.1.2 Опробование Моно канала A T/R

8.3.1.2.1 С помощью клавиши  выберите конфигурационный файл «Test Conventional_Pulse_Echo_ATR.Utcfg»

8.3.1.2.2 Перейти в режим сбора данных клавишей 

8.3.1.2.3 Клавишей  изменить уровень усиления с 0 до 60 дБ, при этом в окне А-развертки должны возрастать сигналы шумов. Изменение значения усиления должно осуществляться с дискретностью 0,1 дБ.

8.3.1.2.4 Клавишей  перейти в меню «Скан» выбрать пункт «Диапазон», изменить значение и проверить, что ширина развертки изменяется в заявленном диапазоне.

8.3.1.3 Опробование Моно канала B T/R

8.3.1.3.1 Повторить шаги пункта 8.3.1.2 для конфигурационного файла «Test_Conventional_Pulse_Echo_BTR.Utcfg»

8.3.1.4 Опробование Моно канала A R

8.3.1.4.1 Повторить шаги пункта 8.3.1.2 для конфигурационного файла «Test_Conventional_Pitch_Catch_ATR-AR.Utcfg»

8.3.1.5 Опробование Моно канала B R

8.3.1.5.1 Повторить шаги пункта 8.3.1.2 для конфигурационного файла «Test_Conventional_Pitch_Catch_BTR-BR.Utcfg»

8.3.1.6 Система считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если выполняются указанные требования.

8.3.2 Проверка работоспособности всех ФАР каналов и элементов фазированной решетки



8.3.2.1 Подсоединить к системе ФАР преобразователь с прямой призмой из комплекта поставки. Проверку должны проходить все преобразователи из комплекта поставки.


8.3.2.2 После загрузки система войдет в меню выбора конфигурационного файла.

8.3.2.3 С помощью клавиши  выберете конфигурационный файл проверки элементов фазированной решетки «ELEMENT_CHECK_*_**.HCF».

Для каждого преобразователя из комплекта поставки существует файл проверки элементов решетки, где * - рабочая частота преобразователя, ** - количество элементов преобразователя. После загрузки файла на экран будут выводиться результаты линейного сканирования каждым из элементов, что позволяет убедиться в правильном функционировании всех элементов, путем их последовательной активизации.

8.3.2.4 Нанести контактную жидкость на поверхность преобразователя и на боковую поверхность меры №3Р.

8.3.2.5 Активировать окно А-скана клавишей . На А-скане выставить строб на 50 %, для этого нажать клавишу строб  и активировать "Строб 1". Клавишами «верх»/«вниз» «вправо»/«влево» установить строб на уровне 50 % на донном импульсе.

Отрегулировать усиление клавишей  таким образом, чтобы «вершина» донного эхо-импульса от первого элемента была от 65 до 75 % от экрана. На линейном изображении донный эхо-сигнал будет проявляться в виде одиночной красной прямой линии, проходящей слева направо в нижней части изображения. Ближе по времени (или расстоянию) на линейном изображении будут видны ровные, более яркие красные линии, обусловленные зондирующими импульсами, подаваемыми на каждый элемент.

8.3.2.6 После выставления первого сигнала, включить режим "Пауза" 

8.3.2.7 С помощью экстрактора на линейном изображении перейти от элемента 1 к элементу 2 и так далее, проверив каждый элемент решетки. Зафиксировать уровень сигнала в процентах на А-эхограмме для каждого элемента.

8.3.2.8 Полученные результаты занести в таблицу 4. Номеру элемента соответствует индекс "Луч" # в информационной строке для линейного сканирования.

Таблица 4 – Проверка работоспособности всех ФАР каналов и элементов фазированной решетки

№ элемента	Преобразователь с частотой *-	Преобразователь с частотой *-	Преобразователь с частотой *-
1			
2			
...			

8.3.2.9 Рассчитать отклонение уровня сигналов от среднего значения по формуле:

$$\Delta = X_i - \bar{X}, \quad (1)$$

где, X_i – уровень сигнала i -ого элемента, %;

\bar{X} – среднее значение уровня сигналов (общее для всех элементов), %, рассчитанное по формуле:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{n=1}^5 X_n}{m}, \quad (2)$$

где X_n – n -й результат измерений, мм

m – количество элементов решетки преобразователя.

Причиной появления аномального сигнала может быть либо неисправность элемента, либо неисправность электроники в этом канале (либо и то и другое одновременно).

8.3.2.10 Если хотя бы один из элементов матрицы не удовлетворит указанным требованиям, поверку прекратить.

8.3.2.11 Повторить пункты 8.3.2.1 - 8.3.2.10 для всех ФАР ПЭП из комплекта поставки.

8.3.2.12 Система считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если предельное отклонение уровня сигналов от среднего значения, не превышает $\pm 15\%$.

8.3.3 Проверка параметров генератора импульсов возбуждения

8.3.3.1 Определение параметров генератора импульсов возбуждения канала A T/R

8.3.3.1.1 С помощью клавиши **LOAD** загрузить файл «Test_Conventional_Pulse_Echo_ATR.Utcfg».

8.3.3.1.2 Измерение параметров импульса генератора системы возбуждения осуществлять с нагрузкой 50 Ом по схеме, представленной на рисунке 1. Генератор системы вырабатывает импульс возбуждения длительностью 100 нс для которого к нормируемым параметрам относятся:



- амплитуда A_{max} , В;
- длительность импульса на уровне 0,5 от максимальной амплитуды τ , нс.



Рисунок 1 – Схема для определения параметров импульса генератора А системы

I/O Connector	Разъем аналогового ввода/вывода
Mono Channel A TX/RX	Моно канал А TX/RX (прием/передача)
Mono Channel A RX	Моно канал А RX (прием)
Mono Channel B TX/RX	Моно канал В TX/RX (прием/передача)
Mono Channel B RX	Моно канал В RX (прием)
Scan Axis Encoder "S"	Датчик пути по оси сканирования "S"
Index Axis Encoder "I"	Датчик пути по оси сканирования "I"
Phased Array (I-PEX)	Фазированная АР (I-PEX)

8.3.3.1.3 Задать напряжение 100 В в пункте «Напряжение ФАР» в меню «Контроль». Задать длительность импульса 100 нс в пункте «Импульс» меню «ПЭП» (чтобы изменить

данный параметр перейти в режим настройки системы нажав клавишу , затем снова включить режим сбора данных клавишей ).

8.3.3.1.4 Перейти в режим сбора данных клавишей .

8.3.3.1.5 Измерение параметров импульса возбуждения осуществлять по схеме на рисунке 1.

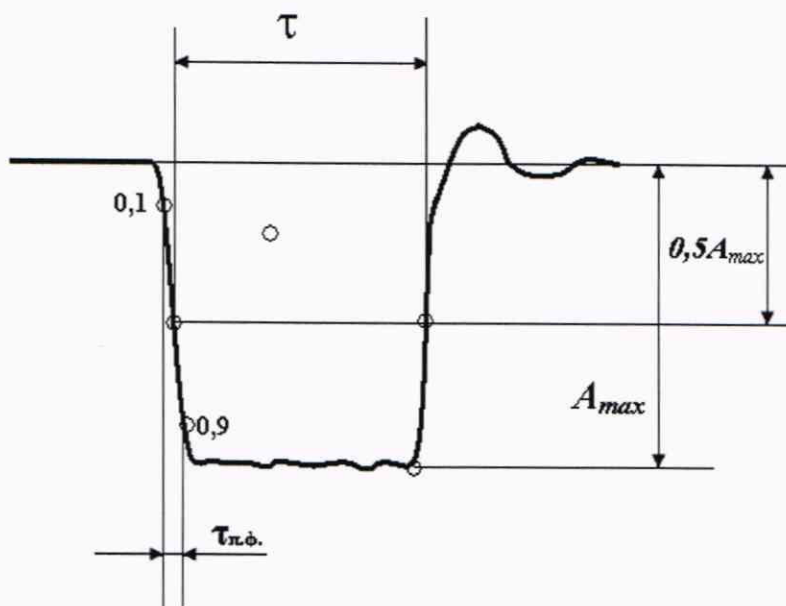


Рисунок 2 – Форма импульса генератора системы

8.3.3.1.6 Установить следующий режим работы осциллографа цифрового TDS2012B (далее - осциллограф):

- на одно деление развертки 2 В;
- длительность развертки 0,05 мкс;
- синхронизация - внутренняя, импульс отрицательный (Slope Falling).

8.3.3.1.7 Получить на экране осциллографа импульс, форма которого показана на рисунке 2.


8.3.3.1.8 Произвести измерение напряжения генератора (амплитуда импульса) с помощью осциллографа.

8.3.3.1.9 Повторить пункт 8.3.3.1.8 для значений напряжения генератора системы 50 и 400 В (значения задаются согласно пункту 8.3.3.1.3; для значения 400 В в настройках системы включить демпфирование 150 Ом).

8.3.3.1.10 Задать длительность импульса системы 10 нс согласно пункту 8.3.3.1.3 и произвести измерение длительности импульса на уровне 0,5 с помощью осциллографа.

8.3.3.1.11 Повторить пункт 8.3.3.1.10, задав (согласно пункту 8.3.3.1.3) длительность импульса системы 500 нс.

8.3.3.2 *Определение параметров генератора импульсов возбуждения канала В T/R*

8.3.3.2.1 С помощью клавиши  загрузить файл "Test_Conventional_Pulse_Echo_BTR.Utcfg".

8.3.3.2.2 Измерение параметров импульса генератора возбуждения осуществлять с нагрузкой 50 Ом по схеме, представленной на рисунке 3.

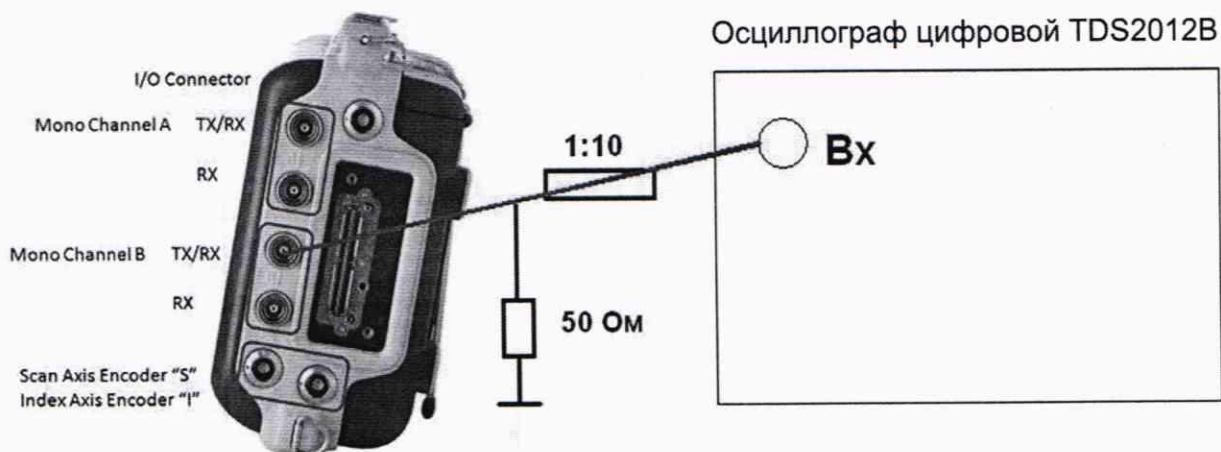


Рисунок 3 – Схема для определения параметров импульса генератора В системы

8.3.3.2.3 Повторить действия пунктов 8.3.3.1.3 - 8.3.3.1.11.

8.3.3.3 Система считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если полученные данные соответствуют таблице 5.

Таблица 5 – Параметры генератора импульсов возбуждения

Номинальное значение напряжения генератора для одноканальной платы, В	от 50 до 400
Длительность импульса, нс	от 10 до 500

8.4 Определение (контроль) метрологических характеристик

8.4.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения

длительности временных интервалов

8.4.1.1 *Определение абсолютной погрешности измерения длительности временных интервалов для каналов А T/R и А R*

8.4.1.1.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 4 для каналов А T/R и А R.

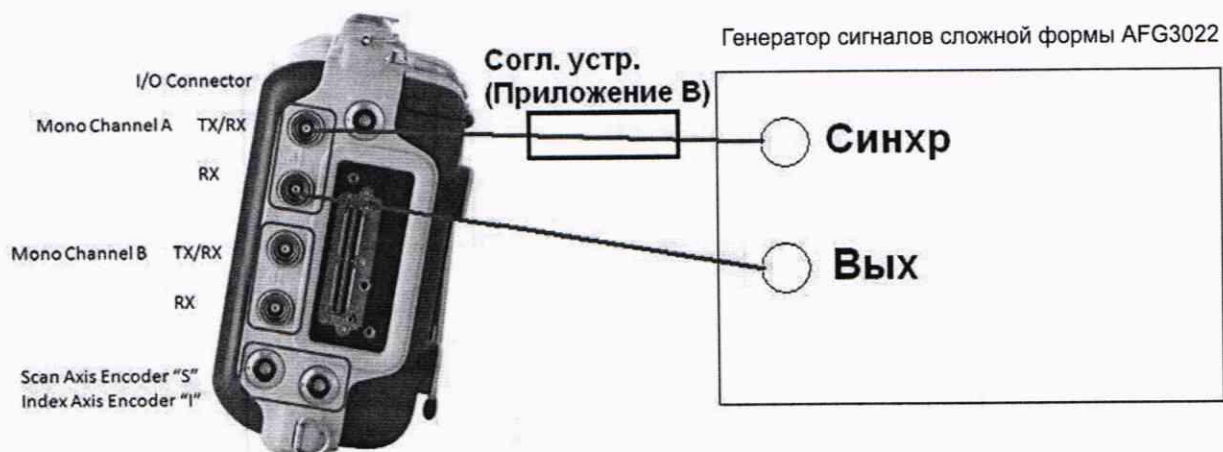





Рисунок 4 – Схема соединения

Для синхронизации генератора сигнал с выхода системы необходимо инвертировать.

8.4.1.1.2 Клавишей **LOAD** загрузить файл «Test_Conventional_Pitch_Catch_ATR-AR.Utcfg»;

8.4.1.1.3 Установить начальные значения параметров системы:

- Скорость LW 2000 м/с (меню «Деталь»);

- Усиление 30 дБ (изменяется клавишами \wedge и \vee);
- Диапазон 800 мкс (в пункте «Импульс» меню «ПЭП»);
- Режим измерения ;
- Напряжение генератора 100 В (в пункте «Напряжение ФАР» в меню «Контроль»);
- Установить строб на 30 % от высоты экрана с помощью клавиши  и .

8.4.1.1.4 Установить сигнал на генераторе: синус, пачка, 1 цикл, частота 5 МГц, амплитуда 3 В, задержка сигнала 0 мкс, синхронизация - внешняя.

8.4.1.1.5 Установить значение усиления так, чтобы амплитуда импульса была не менее 50 % экрана системы.

8.4.1.1.6 Установить СТРОБ1 так, чтобы он пересекал импульс (рисунок 5), и зафиксировать результат измерений временного сдвига на системе $T_{изм0}$, мкс (показание «G^v»). Выполнить измерение пять раз, рассчитать среднее арифметическое значение временного сдвига на системе.

8.4.1.1.7 Рассчитать значение задержки приёмного тракта системы T_0 , мкс, (это время обусловлено задержкой в проводах и приемном тракте системы) по формуле:

$$T_0 = T_{изм0} - T_{сдв0} \quad (3)$$

где $T_{изм0}$ – среднее арифметическое значение временного сдвига на системе, мкс;

$T_{сдв0}$ – задержка сигнала, установленная на генераторе, мкс.

8.4.1.1.8 Установить задержку сигнала на генераторе $T_{сдв} = 0,1$ мкс. Зафиксировать результат измерений временного сдвига на системе $T_{изм}$, мкс. Выполнить измерение пять раз, рассчитать среднее арифметическое значение временного сдвига на системе.

8.4.1.1.9 Рассчитать значение временного сдвига на системе с учётом задержки приёмного тракта T , мкс, по формуле:

$$T = T_{изм} - T_0; \quad (4)$$

где $T_{изм}$ – среднее арифметическое значение временного сдвига на системе, мкс;

T_0 – задержка приёмного тракта системы, мкс.

8.4.1.1.10 Рассчитать абсолютную погрешность измерения длительности временных интервалов по формуле:

$$\Delta T = T - T_{сдв}, \quad (5)$$

где T – значение временного сдвига на системе с учётом задержки приёмного тракта, мкс;

$T_{сдв}$ – задержка сигнала, установленная на генераторе, мкс.

8.4.1.1.11 Повторить пункты 8.4.1.1.8-8.4.1.1.10 для всех $T_{сдв}$ (задержка сигнала, установленная на генераторе) из ряда 0,1; 20,0; 40,0; 60,0; 80,0; 100,0; 200,0; 300,0; 400,0; 500,0; 1000,0; 2000,0; 3000,0; 4000,0; 5000,0 мкс.

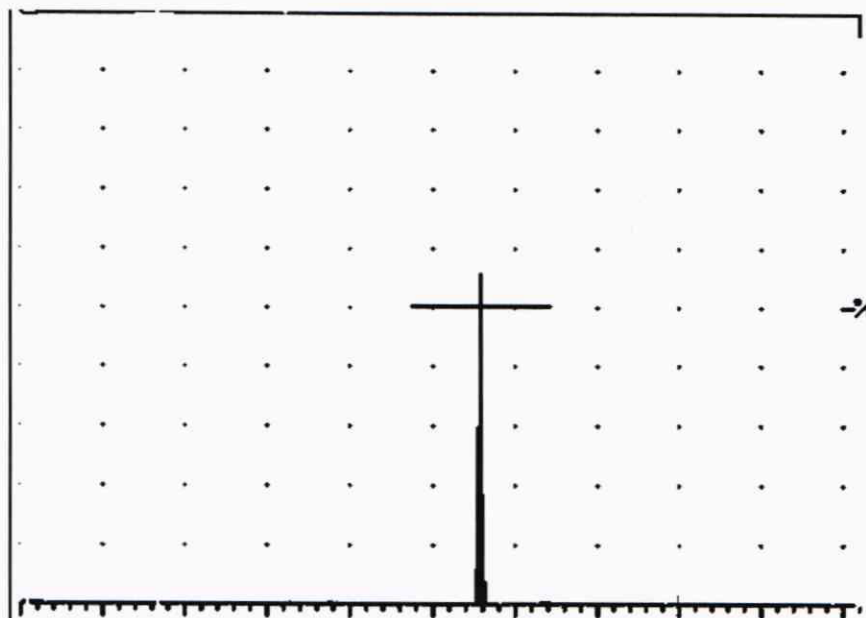


Рисунок 5 – Отображение сигнала на экране системы

8.4.1.2 *Определение абсолютной погрешности измерения длительности временных интервалов для каналов В Т/Р и В R*

8.4.1.2.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 6 для каналов В Т/Р и В R.

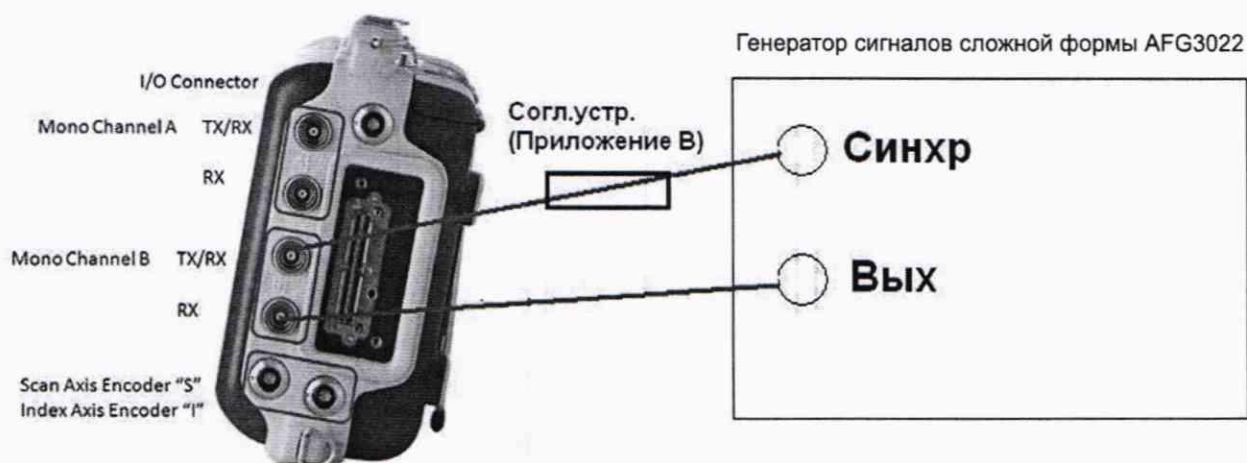


Рисунок 6 – Схема соединения

Для синхронизации генератора сигнал с выхода системы необходимо инвертировать.

8.4.1.2.2 Клавишей **LOAD** загрузить файл «Test _Conventional_Pitch_Catch_BTR-BR.Utcfg».

8.4.1.2.3 Повторить пункты 8.4.1.1.3 – 8.4.1.1.11.

8.4.1.3 Система считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если диапазон измерения длительности временных интервалов составляет от 0 до 5000 мкс и абсолютная погрешность измерения длительности временных интервалов не превышает $\pm (0,05 + 0,0001 \cdot T)$ мкс, где T – значение временного интервала, мкс.

8.4.2 Определение абсолютной погрешности измерения амплитуд сигналов на входе приемника

8.4.2.1 *Определение абсолютной погрешности измерения амплитуд сигналов на входе приемника (от высоты экрана) для каналов A T/R и A R*

8.4.2.1.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 4 для каналов A T/R и A R.

8.4.2.1.2 Клавишей **LOAD** загрузить файл «Test _Conventional_Pitch_Catch_ATR-AR.Utcfg».

8.4.2.1.3 После осуществления соединений установить параметры системы в следующие положения:

- Диапазон 200 мм (меню «Скан» пункт «Диапазон»);
- Усиление 30 Дб (изменяется клавишами **^** и **v**);
- Задержку развертки 0,00 мкс меню «Скан» пункт «Задержка»;
- «Мощность генератора» (напряжение) 100 В меню «Контроль» пункт «Напряжение моно».

8.4.2.1.4 Установить сигнал на генераторе: синус, пачка, 1 цикл, частота 5 МГц, амплитуда 6,4 В, задержка сигнала 0 мкс, синхронизация - внешняя.

8.4.2.1.5 Установить СТРОБ1 так, чтобы он пересекал импульс.

8.4.2.1.6 Клавишами **dB** и **^**/**v** установить необходимое усиление на системе для того, чтобы амплитуда импульса составляла 90 % от максимальной высоты экрана, рисунок 7.

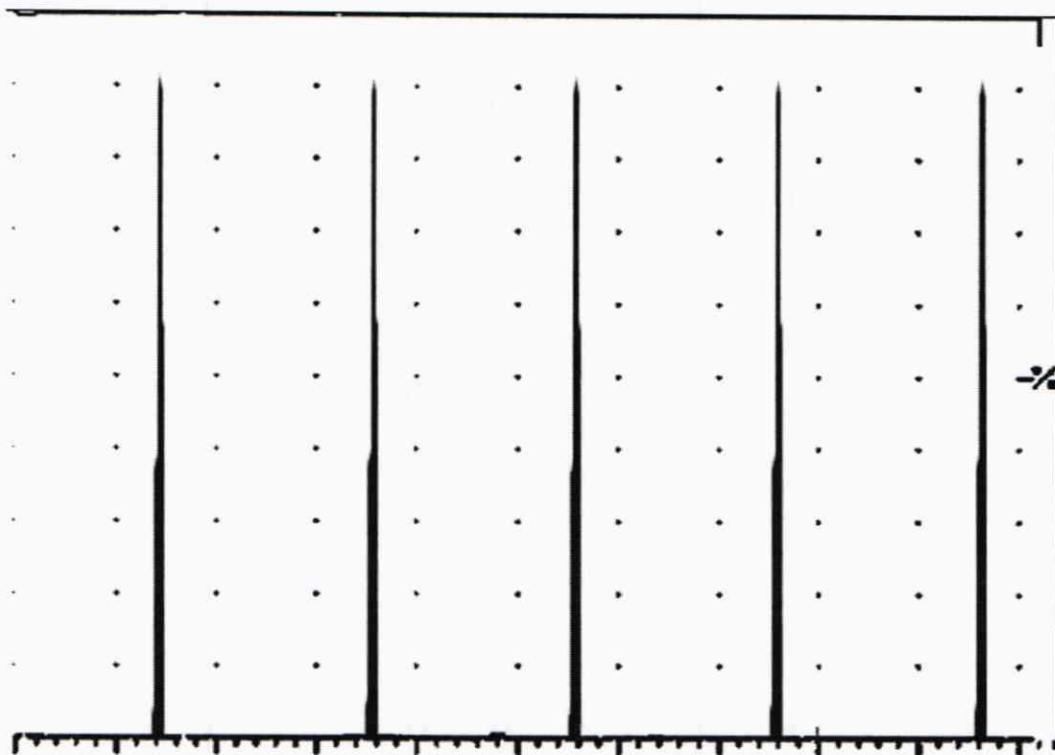


Рисунок 7 – Отображение сигнала на экране системы

8.4.2.1.7 Установить напряжение на выходе генератора равным 6,90 В.

8.4.2.1.8 Произвести измерение амплитуды сигнала в % (от максимального значения экрана) на экране системы (показание «G^%»). Выполнить измерение пять раз, рассчитать среднее арифметическое значение амплитуды сигнала.

8.4.2.1.9 Рассчитать абсолютную погрешность измерения амплитуд сигналов на входе приемника по формуле:

$$\Delta A = A_{\text{ИЗМ}} - A_{\text{НОМ}}, \quad (6)$$

где $A_{\text{ИЗМ}}$ – среднее арифметическое значение сигнала на экране системы по пяти измерениям, %;

$A_{\text{НОМ}}$ – номинальное значение сигнала на экране системы для текущего напряжения на выходе генератора согласно таблице 6, %.


8.4.2.1.10 Изменяя напряжение на выходе генератора согласно таблице 6, повторить пункты 8.4.2.1.8-8.4.2.1.9 для всех значений из таблицы.

Таблица 6 – Соответствие значений напряжения на выходе генератора значению сигнала на экране системы

Напряжение на выходе генератора U, В	Номинальное значение сигнала на экране системы, %
1,42	20
2,13	30
2,84	40
3,56	50
4,27	60
4,98	70
5,69	80
6,90	97

8.4.2.2 *Определение абсолютной погрешности измерения амплитуд сигналов на входе приемника (от высоты экрана) для каналов В Т/Р и В R*

8.4.2.2.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 6 для каналов В Т/Р и В R.


8.4.2.2.2 Клавишей  загрузить файл «Test_Conventional_Pitch_Catch_VTR-BR.Utcfg».

8.4.2.2.3 Повторить пункты 8.4.2.1.3– 8.4.2.1.9.

8.4.2.3 Система считается прошедшей операцию проверки с положительным результатом, если во всем диапазоне измерений абсолютная погрешность измерения амплитуд сигналов на входе приемника (от высоты экрана) не превышает $\pm 2\%$.

8.4.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений глубины залегания дефектов

8.4.3.1 Подсоединить к соответствующему разъёму на системе ФАР датчик T1-PE-5.0M32E0.8P с призмой T1-37W0D из комплекта поставки.

8.4.3.2 С помощью клавиши  загрузить конфигурационный файл: “Test_T1-PE-5.0M32E0.8P_T1-37W0D.utcfg”.


Если датчик T1-PE-5.0M32E0.8P не входит в комплект поставки, подсоединить другой датчик с призмой и загрузить тестовый файл Test_TA-PE-BMCEDP_TA-FW0D.utcfg, где:

- А - Тип ФАР ПЭП и призмы А=1 для ПЭП от 19 до 44 элементов А=5 для ПЭП 64 элемента

- В - Рабочая частота ПЭП в МГц

- С - Количество элементов ФАР ПЭП

- D - Шаг между элементами ФАР ПЭП
- F - Угол наклона призмы

8.4.3.3 Перейти в режим сбора данных клавишей .

8.4.3.4 Убедиться в том, что в меню «Probe» (Преобразователь) выбраны правильные установки параметров преобразователя. Описания параметров преобразователя прилагаются в виде паспорта преобразователя, входящего в комплект поставки.

8.4.3.5 Убедиться в том, что в меню «Wedge» (Призма) выбраны правильные установки параметров призмы. Описания параметров призмы прилагаются в виде паспорта призмы, входящей в комплект поставки.




Определение абсолютной погрешности измерений глубины залегания дефектов проводится на мере №3Р, измерением глубины залегания эталонных дефектов диаметром 6 мм для всех преобразователей.




8.4.3.6 В меню «Скан» пункт «Фокусное расстояние» установить значение:

$$F = H_{\delta} + 2, \quad (7)$$

где H_{δ} – значение глубины залегания дефекта диаметром 6 мм из протокола поверки на меру №3Р, мм.

8.4.3.7 Установить преобразователь на меру №3Р, так чтобы в секторное изображение попадал дефект в виде бокового цилиндрического отражателя диаметром 6 мм (далее - БЦО), как показано на рисунке 8. БЦО выявляется на секторном изображении в виде небольшого красного пятна.

8.4.3.8 Убедиться в том, что установка усиления обеспечивает выявление БЦО. Для этого вывести на экран одновременно S-скан (от 35 до 75 градусов, с разрешением «0,30») и А-скан. Активировать S-скан клавишей , переместить угловой экстрактор в центр пятна, используя клавиши  и . Если это пятно не красного цвета, то это означает неправильные установки параметров преобразователя, призмы или сканирования.

8.4.3.9 На А-скане будет отображаться сигнал от БЦО. Установить строб используя клавиши  и  и отрегулировать усиление клавишей  таким образом, чтобы амплитуда сигнала от БЦО составляла 90 % экрана.

8.4.3.10 Перемещая преобразователь добиться максимума сигнала на А-скане от 6 мм дефекта. Для точного определения максимума сигнала необходимо использовать функцию огибающей. Данная функция активируется в меню «Вид», при активном А-скане.

8.4.3.11 Зафиксировать результат измерения глубины залегания дефекта (глубина залегания дефекта выводится автоматически, при пересечении строга максимума сигнала в показании «G^↓»). Выполнить измерение пять раз, рассчитать среднее арифметическое значение глубины залегания дефекта.

8.4.3.12 Рассчитать действительную глубину залегания дефекта по формуле:

$$H_0 = \left(\frac{H_{\delta}}{\cos \alpha} - D / 2 \right) \cdot \cos \alpha \quad (8)$$

где, H_{δ} – значение глубины залегания дефекта диаметром 6 мм из протокола поверки на меру №3Р, мм;

α – угол сканирования (соответствующее значение отображается на S-скане и изменяется при перемещении углового экстрактора), градус;

D – диаметр дефекта из протокола поверки на меру №3Р, мм.

8.4.3.13 Рассчитать абсолютную погрешность измерения глубины залегания дефектов по формуле:

$$\Delta = H_{изм} - H_0, \quad (9)$$

где H_0 – действительное значение глубины залегания дефекта, рассчитанное в пункте 8.4.3.12, мм.

$H_{изм}$ – среднее арифметическое значение глубины залегания дефекта по пяти измерениям, мм.

8.4.3.14 Повторить пункты 8.4.3.6–8.4.3.13 для дефекта диаметром 2 мм (отверстие диаметром 2 мм, центр которого расположен на глубине 3 мм).

8.4.3.15 Повторить пункты 8.4.3.1–8.4.3.14 для всех ФАР датчиков из комплекта.

8.4.3.16 В меню «Скан» пункт «Фокусное расстояние» установить значение «605 мм».



8.4.3.17 Установить преобразователь на меру №3.

8.4.3.18 В меню «Скан» пункт «Диапазон» установить значение «1000 мм».



8.4.3.19 В меню «Скан» пункт «ЧСИ» установить значение «1200 Гц».

8.4.3.20 В меню «Настройка» выбрать пункт «Настройка ВРЧ», выбрать тип кривых ВРЧ, нажать клавишу F3, выбрать тип настройки «Вручную», нажать клавишу F3, задать угол экстрактора 50 градусов, нажать клавишу F3.

8.4.3.21 Перемещая преобразователь вдоль поверхности меры №3, найти максимум амплитуды сигнала на А-скане от радиуса 55 мм. Нажать клавишу F3.

8.4.3.22 Установить строб, используя клавиши  и , так что бы максимум сигнала от радиуса на 55 мм пересекал строб и выбрать пункт меню «Добавить точку ВРЧ».

8.4.3.23 Повторить пункт 8.4.3.22 для сигналов от радиуса на 165, 275, 385, 495, 605 мм.

8.4.3.24 Установить строб на сигнал от радиуса на 55 мм, используя клавиши  и . Зафиксировать результат измерения глубины залегания дефекта (показание «G^↓»). Выполнить измерение пять раз, рассчитать среднее арифметическое значение глубины залегания дефекта.

8.4.3.25 Рассчитать абсолютную погрешность измерения глубины залегания дефектов по формуле:

$$\Delta = H_{изм} - n \cdot H_0, \quad (10)$$

где H_0 – значение высоты меры из протокола поверки на меру №3, мм;

$H_{изм}$ – среднее арифметическое значение глубины залегания дефекта по пяти измерениям, мм;

n – номер отражения от радиуса.

8.4.3.26 Повторить пункты 8.4.3.24–8.4.3.25 для сигнала от радиуса на 165 ($n = 3$), 275 ($n = 5$), 385 ($n = 7$), 495 ($n = 9$), 605 мм ($n = 11$).



8.4.3.27 Повторить пункты 8.4.3.16–8.4.3.26 для всех ФАР датчиков из комплекта.

8.4.3.28 В меню «Настройка» выбрать пункт «Сброс настроек», затем выбрать «ВРЧ».

8.4.3.29 Система считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если диапазон измерения глубины залегания дефектов составляет от 3 до 500 мм и абсолютная погрешность измерения глубины залегания дефектов не превышает $\pm 0,8$ мм, для всех ФАР датчиков из комплекта.

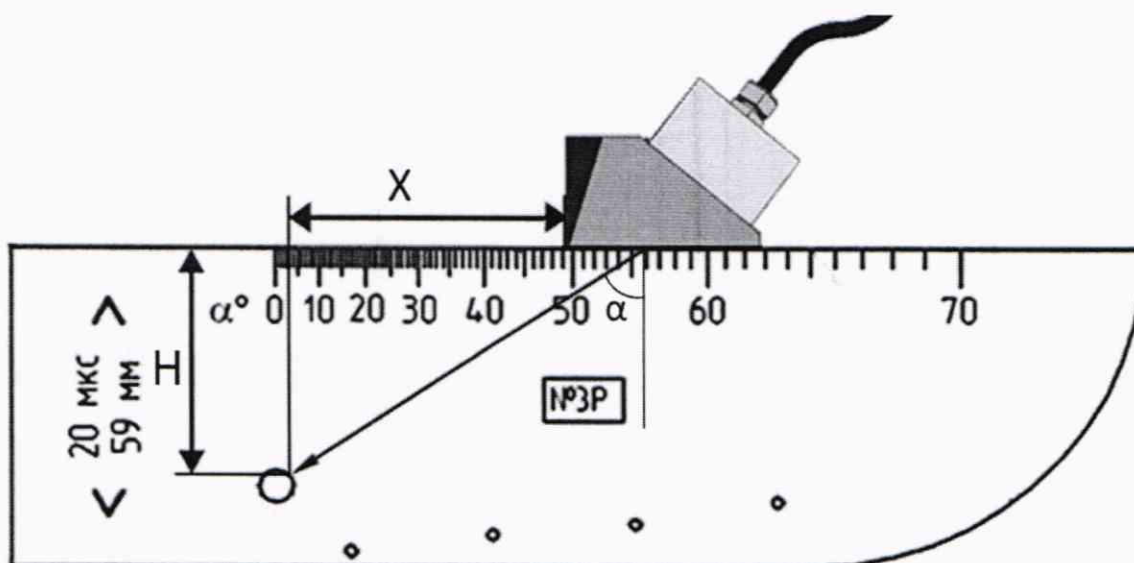
8.4.4 Определение абсолютной погрешности измерения расстояния по горизонтальной оси

8.4.4.1 Повторить действия пунктов 8.4.3.1 – 8.4.3.9.

8.4.4.2 Перемещая преобразователь вдоль поверхности меры №3Р, найти максимум амплитуды сигнала на А-скане от 6 мм дефекта, используя функцию огибающей. Установить строб, используя клавиши  и , так что бы максимум сигнала пересекал строб.

Зафиксировать результат измерения расстояния по горизонтальной оси (показание «G[^]→»). Выполнить измерение пять раз, рассчитать среднее арифметическое значение расстояния по горизонтальной оси.

8.4.4.3 С помощью штангенциркуля измерить расстояние между нулевой риской на мере №3Р и передней гранью призмы ФАР датчика.



H – глубина залегания дефекта, X – расстояние от передней грани призмы до проекции дефекта на поверхность сканирования.

Рисунок 8 – Измерения на мере №3Р из комплекта мер ультразвуковых ККО-3

8.4.4.4 Рассчитать абсолютную погрешность измерения расстояния по горизонтальной оси по формуле:

$$\Delta X = X_{cp} - (X + x_{смещ} - D/2 \cdot \sin \alpha), \quad (11)$$

где X_{cp} – среднее арифметическое значение расстояния по горизонтальной оси по пяти измерениям, мм;

X – расстояние между нулевой риской на мере №3Р и передней гранью призмы ФАР датчика, измеренное штангенциркулем, мм;

D – диаметр дефекта из протокола поверки на меру №3Р, мм;

$x_{смещ}$ – смещение нулевой риски относительно центра искусственного дефекта из протокола поверки на меру №3Р, мм;

α – угол сканирования (соответствующее значение отображается на S-скане и изменяется при перемещении углового экстрактора), градус.

8.4.4.5 Повторить пункты 8.4.4.1–8.4.4.4 для всех ФАР датчиков из комплекта.

8.4.4.6 Система считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если абсолютная погрешность измерения расстояния по горизонтальной оси не превышает $\pm 0,8$ мм для всех ФАР датчиков из комплекта.

8.4.5 Определение диапазона, абсолютной и относительной погрешности измерения расстояния датчиком пути

8.4.5.1 Подсоединить датчик пути из комплекта поставки системы к разъёму «S» на системе, который отмечен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Разъём «S» для присоединения датчика пути

8.4.5.2 Измерить штангенциркулем диаметр колеса датчика пути. Измерения выполнить пять раз, результат усреднить.

8.4.5.3 Рассчитать длину окружности колеса датчика пути по формуле:

$$L = \pi \cdot d, \quad (12)$$

где d – измеренный штангенциркулем диаметр колеса датчика пути, мм;
 π – константа 3,14159.

8.4.5.4 Рассчитать количество оборотов колеса датчика пути, необходимое для измерения расстояния 20000 мм:


$$n = \frac{20000}{L}, \quad (13)$$


где L – длина окружности колеса датчика пути, мм.

8.4.5.5 Рассчитанное значение количества оборотов колеса датчика пути n округлить в большую сторону до целого числа.


8.4.5.6 Сделать метку на колесе датчика пути для отсчета количества оборотов колеса.



8.4.5.7 С помощью клавиши «LOAD»  загрузить конфигурационный файл, соответствующий любому ФАР датчику.




8.4.5.8 Перейти на вкладку «Настройка», выбрать пункт меню «Настройка Датчик пути» затем нажать клавишу «OK» .

8.4.5.9 На появившемся экране выбрать в меню параметр «Длина калибровки», нажав клавишу «OK» . Изменить значение параметра так, чтобы оно соответствовало длине окружности колеса датчика пути (рассчитанной в пункте 8.4.5.3). Если длина окружности колеса датчика пути меньше 150 мм, ввести значение, которое будет соответствовать нескольким целым оборотам колеса датчика пути, чтобы оно превышало 150 мм.



8.4.5.10 Нажать клавишу «F3 SET» .

8.4.5.11 Выполнить необходимое (одно или несколько, в соответствии с пунктом 8.4.5.9) целое количество оборотов колеса датчика пути ориентируясь по ранее нанесенной метке и нажать клавишу «F3 SET» .

8.4.5.12 Завершить калибровку датчика пути, нажав клавишу «F3 SET»  и затем «ОК» .

8.4.5.13 Перейти в режим сбора данных, нажав клавишу . При этом активируется вкладка «Энкодер», и значение показания «Скан:» будет соответствовать расстоянию, пройденному колесом датчика пути. При необходимости обнулить значение показания «Скан:», нажав для этого клавишу «F3 SET»  (будет автоматически выбран пункт меню «Сброс всех позиций» на вкладке «Энкодер») и затем «ОК» .

8.4.5.14 Выполнить n (рассчитано в пункте 8.4.5.5) оборотов колеса датчика пути, записывая измеренное системой значение расстояния (значение показания «Скан:»), соответствующее 1, 2, 3, 5, 10, $n/3$, $n/2$, n оборотам колеса датчика пути.

8.4.5.15 Обнулить значение показания «Скан:», нажав для этого клавишу «F3 SET» , затем «ОК»  и повторить пункт 8.4.5.14 еще два раза. Вычислить средние арифметические значения измеренных системой значений расстояния по трем измерениям.

8.4.5.16 Рассчитать относительную погрешность измерения расстояния, пройденного датчиком пути, по формуле:

$$\delta L = \frac{X_n - L \cdot n}{L \cdot n} \cdot 100 \%, \quad (14)$$



где L – длина окружности колеса датчика пути, мм;

n – число оборотов колеса датчика пути;

X_n – измеренное системой значение расстояния (значение показания «Скан:») соответствующее n -му обороту колеса датчика пути, мм.

8.4.5.17 Разместить линейку на гладкой плоской поверхности.

8.4.5.18 Для удобства измерений присоединить призму из комплекта поставки системы к датчику пути.

8.4.5.19 Прислонить призму к линейке (для перемещений вдоль линейки) и затем переместить призму в начальное положение (риска «0» на линейке), ориентируясь по отметке на призме. Обнулить значение показания «Скан:», нажав для этого клавишу «F3 SET» , затем «ОК» .

8.4.5.20 Переместить призму вдоль линейки на 2 мм (датчик пути перемещается вместе с призмой), ориентируясь по отметке на призме, и зафиксировать значение показания «Скан:».

8.4.5.21 Продолжить перемещение (относительно начальной точки, в которой происходило обнуление значения показания «Скан:») фиксируя значения показания «Скан:» при перемещении вдоль линейки на 10, 30, 50 и 100 мм.

8.4.5.22 Повторить пункты 8.4.5.19-8.4.5.21 еще два раза. Вычислить средние арифметические значения измеренных системой значений расстояния по трем измерениям.

8.4.5.23 Рассчитать абсолютную погрешность измерения расстояния, пройденного датчиком пути, по формуле (для расстояний перемещения 2, 10, 30, 50 и 100 мм):

$$\Delta L = X - L, \quad (15)$$

где L – расстояние перемещения по линейке, мм;

X – измеренное системой значение расстояния (значение показания «Скан:»), мм.

Рассчитать относительную погрешность измерения расстояния, пройденного датчиком пути, по формуле (для расстояний перемещения 100 мм):

$$\delta L = \frac{X - L}{L} \cdot 100 \%, \quad (16)$$

где L – расстояние перемещения по линейке, мм;

X – измеренное системой значение расстояния (значение показания «Скан:»), мм.

8.4.5.24 Система считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если:

- диапазон измерения расстояния, пройденного датчиком пути, составляет от 2 до 20000 мм;
- абсолютная (относительная) погрешность измерения расстояния, пройденного датчиком пути, не превышает: ± 1 мм в диапазоне от 2 до 100 мм включ.; $\pm 0,5$ % в диапазоне св. 0,1 до 20 м.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Результаты поверки заносят в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А к методике поверки.

9.2 Положительные результаты поверки оформляются свидетельством о поверке в установленной форме, наносится знак поверки в соответствии с приказом Минпромторга России от 02.07.2015 №1815. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

9.3 Отрицательные результаты поверки оформляются путем выдачи извещения о непригодности средства измерений к дальнейшей эксплуатации в установленной форме в соответствии с приказом Минпромторга России от 02.07.2015 №1815, с указанием причин непригодности.

Разработчики:

Начальник отдела
ФГУП «ВНИИОФИ»



А.В. Иванов

Начальник сектора МО НК
ФГУП «ВНИИОФИ»



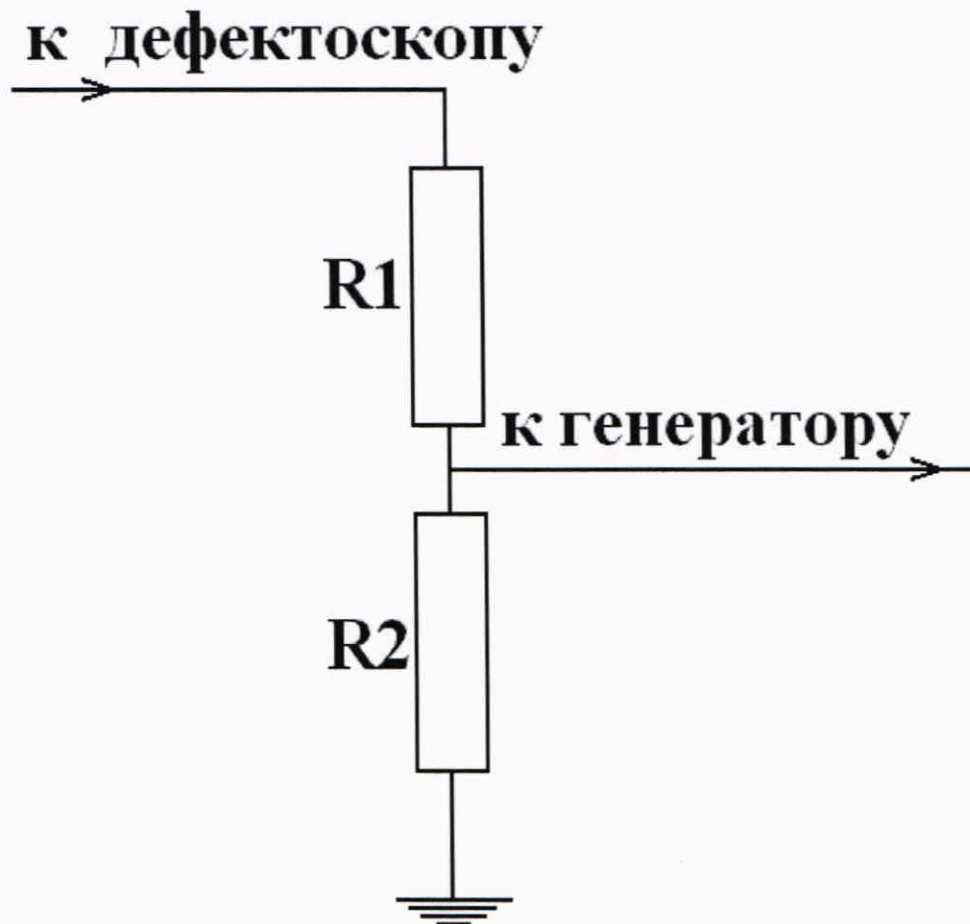
А.С. Неумолотов

Инженер 2 категории
ФГУП «ВНИИОФИ»



А.С. Крайнов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(Обязательное)
Согласующее устройство (делитель)



Резисторы R1, R2 подбираются таким образом, чтобы выходное напряжение соответствовало срабатыванию синхровхода генератора. Сумма сопротивлений $R1+R2$ должно быть не меньше 20 кОм для предохранения выхода генератора системы.