



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ - РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ - РОСТЕСТ»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
ФБУ «НИЦ ПМ - Ростест»



А.Д. Меньшиков

«05» декабря 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ДЕФЕКТОСКОПЫ МНОГОКАНАЛЬНЫЕ «ЭХО-КОМПЛЕКС-3»

Методика поверки

РТ-МП-1322-445-2024

г. Москва
2024 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на дефектоскопы многоканальные «ЭХО-КОМПЛЕКС-3» (далее по тексту - дефектоскопы) и устанавливает методы, средства и объем их первичной и периодической поверки.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых дефектоскопов многоканальных «ЭХО-КОМПЛЕКС-3» к государственным первичным эталонам единиц величин:

- к ГЭТ 189-2014 Государственный первичный эталон единиц скоростей распространения и коэффициента затухания ультразвуковых волн в твердых средах в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 №2842;

- к ГЭТ 193-2011 Государственный первичный эталон единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 178 ГГц в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3383;

- к ГЭТ 2-2021 Государственный первичный эталон единиц длины - метра в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2840.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик применяются метод прямых измерений и метод сравнения с мерой.

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2÷8.3
Идентификация программного обеспечения (ПО)	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	10
Определение значения и допускаемого отклонения размаха колебаний импульсов возбуждения генератора	Да	Да	10.1
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений амплитуды сигнала на входе магнитного канала	Да	Да	10.2
Проверка динамического диапазона регистрации сигналов раздельно-совмещенных ультразвуковых каналов	Да	Да	10.3

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений временных интервалов	Да	Нет	10.4
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений координат отражателя по глубине по стали	Да	Нет	10.5
Определение отклонения эффективной частоты пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП)	Да	Да	10.6
Определение отклонения угла ввода пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП)	Да	Да	10.7
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия, установленные в ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

- температура окружающей среды, °Сот 15 до 25
- относительная влажность воздуха, %от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) от 96 до 104 (от 720 до 780)
- номинальное напряжение сети переменного тока для питания дефектоскопа, В от 187 до 242
- номинальная частота сети переменного тока, Гц от 49 до 51

3.2 Внешние электрические и магнитные поля должны отсутствовать, либо находиться в пределах, не влияющих на работу дефектоскопа.

4 Требование к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки дефектоскопов допускаются специалисты, имеющие необходимую квалификацию, освоившие работу с дефектоскопом и применяемыми средствами поверки, изучившие устройство и принцип работы поверяемого средства измерения, настоящую методику поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки дефектоскопов применяют 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
1	2	3
п.8.2 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С. Средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с абсолютной погрешностью не более 3,0 %. Средство измерений атмосферного давления в диапазоне от 96 до 104 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,2 кПа. Средства измерений напряжения питающей сети в диапазоне от 200 до 240 В с относительной погрешностью не более 1 %; Средства измерений частоты питающей сети в диапазоне от 45 до 55 Гц с абсолютной погрешностью не более 0,1 Гц	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 М6-Д, рег. № 71394-18 Мультиметр цифровой DT-9979, рег. № 58550-14
п.8.3 Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Эталоны единицы скорости распространения ультразвуковых волн, не ниже уровня Рабочего эталона 3-го разряда, по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2842 от 29.12.2018 г. в диапазоне измерения скорости (5900 ± 133) м/с с абсолютной погрешностью воспроизведения скорости продольной ультразвуковой волны в мере ± 30 м/с и/или средства измерений длины высотой 59^{-0,1} мм и диаметром искусственного дефекта 6^{+0,3} мм с абсолютной погрешностью не более 0,05 мм	Комплект контрольных образцов и вспомогательных устройств КОУ-2, контрольный образец №2, рег. № 6612-99

Продолжение таблицы 2

1	2	3
п. 10.1 Определение значения и допускаемого отклонения размаха колебаний импульсов возбуждения генератора; п. 10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения амплитуды сигнала на входе магнитного канала; п. 10.3 Проверка динамического диапазона регистрации сигналов раздельно-совмещенных ультразвуковых каналов	Средство измерений амплитудных и временных параметров электрических сигналов, полоса пропускания от 0 до 100 МГц, диапазон коэффициента отклонения от 2 мВ/дел до 5 В/дел, относительная погрешность коэффициента отклонения от $\pm 3\%$	Осциллограф цифровой запоминающий GDS-72202, рег. № 56370-14
п. 10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения амплитуды сигнала на входе магнитного канала; п. 10.3 Проверка динамического диапазона регистрации сигналов раздельно-совмещенных ультразвуковых каналов	Эталоны единицы времени и частоты, не ниже уровня Рабочего эталона 5-го разряда, по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2360 от 26.09.2022 в диапазоне измерений частот генерируемых сигналов синусоидальной формы от 1 мГц 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 $\pm(0,01 U + 0,001)$ В, где U – установленное значение выходного напряжения	Генератор сигналов произвольной формы Keysight 33520B, рег. № 53565-13
п. 10.3 Проверка динамического диапазона регистрации	Эталоны единиц ослабления электромагнитных колебаний, соответствующие требованиям к	Аттенюатор программируемый BM-577A,

сигналов раздельно-совмещенных ультразвуковых каналов	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	рег. № 10040-85
п. 10.4 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения временных интервалов; п. 10.6 Определение отклонения эффективной частоты пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) п. 10.7 Определение отклонения угла ввода пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП)	Эталоны единицы скорости распространения ультразвуковых волн, не ниже уровня Рабочего эталона 3-го разряда, по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2842 от 29.12.2018 г. в диапазоне измерения скорости (5900 ± 133) м/с с абсолютной погрешностью воспроизведения скорости продольной ультразвуковой волны в мере ± 30 м/с и/или средства измерений длины высотой $59^{-0,1}$ мм и диаметром искусственного дефекта $6^{+0,3}$ мм с абсолютной погрешностью не более 0,05 мм, расстояние от рабочей поверхности до дефекта 44 мм.	Комплект контрольных образцов и вспомогательных устройств КОУ-2, контрольный образец №2 и №3, рег. № 6612-99
п. 10.5 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения координат отражателя по глубине по стали	Эталоны единицы скорости распространения ультразвуковых волн, не ниже уровня Рабочего эталона 3-го разряда, по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2842 от 29.12.2018 г. в диапазоне измерения скорости (5900 ± 118) м/с с абсолютной погрешностью воспроизведения скорости продольной ультразвуковой волны в мере ± 60 м/с;	Комплект мер ультразвуковых ККО-3, мера № 3Р (далее - мера № 3Р), рег. № 63388-16; Комплект контрольных образцов и вспомогательных устройств КОУ-2, контрольный образец №3, рег. № 6612-99
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

Таблица 3 – Вспомогательное оборудование

Номер пункта документа по поверке	Наименование вспомогательного оборудования	Требуемые технические характеристики вспомогательного оборудования	Рекомендуемое вспомогательное оборудование
1	2	3	4
п. 10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения амплитуды сигнала на входе магнитного канала п. 10.3 Проверка динамического диапазона регистрации сигналов раздельно-совмещенных ультразвуковых каналов п.10.6 Определение отклонения эффективной частоты ПЭП	Пробник к осциллографу	делитель 1:10	Пробник P2200
п. 10.1 Определение значения и допускаемого отклонения размаха колебаний импульсов возбуждения генератора	Конденсатор	1000 пФ	Конденсатор К78-2
Примечание – Приведенные средства поверки могут быть заменены на их аналог, обеспечивающие определение метрологических характеристик дефектоскопов с требуемой точностью.			

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;

- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средства поверки;

- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на дефектоскопы.

6.2 К проведению поверки допускаются специалисты, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия. с Изменением №1» и ГОСТ 12.2.091-2012 «Безопасность электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования», имеющие 3 группу допуска по электробезопасности и прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

6.3 На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества.

7 Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра установить соответствие дефектоскопов следующим требованиям:

- внешний вид дефектоскопов должен соответствовать фотографиям, приведённым в описании типа на данное средство измерений;
- наличие маркировки, подтверждающей тип, и серийный номер;
- наружная поверхность не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу прибора и его органов управления;
- разъемы должны быть чистыми;
- кабели и пьезоэлектрические преобразователи не должны иметь следы механических повреждений;
- комплектность дефектоскопов должна соответствовать указанной в технической документации фирмы-изготовителя.

Результаты выполнения операции считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования.

При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с п.12 данной методики поверки.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

Проверить соблюдение условий проведения поверки на соответствие разделу 3 настоящей методики поверки.

8.2 Подготовка к поверке

Порядок включения дефектоскопа, управления и дополнительная информация приведены в руководстве по эксплуатации: «Дефектоскопы многоканальные «ЭХО-КОМПЛЕКС-3». Руководство по эксплуатации».

Выдержать дефектоскоп в выключенном состоянии в условиях проведения поверки не менее двух часов, если он находился в отличных от них условиях.

Подключить дефектоскоп к сети питания. Включить прибор согласно РЭ. Выдержать дефектоскоп во включенном состоянии не менее 5 минут.

Выдержать средства поверки во включенном состоянии в течение времени, указанного в их руководствах по эксплуатации.

8.3 Опробование

8.3.1 При опробовании проверяется работоспособность дефектоскопа.

8.3.2 В программном обеспечении (ПО) в меню «Настройки» выбрать вкладку «Акустические каналы». Щелчком «мыши» по номеру канала, в левом поле экрана, установить в качестве рабочего первый ультразвуковой канал.

8.3.3 Подключить к выбранному каналу дефектоскопа ПЭП из комплекта дефектоскопа и установить его на смоченную контактной жидкостью поверхность контрольного образца № 2 из комплекта КОУ-2 (Рисунок 6). Перемещая ПЭП по поверхности образца и контролируя информацию на мониторе компьютера, проверить по изменениям информации на экране работоспособность дефектоскопа.

8.3.4 Проверку по пунктам 8.3.2, 8.3.3 методики поверки выполнить для всех ультразвуковых каналов дефектоскопа.

Результаты опробования считать удовлетворительными, если работоспособны все каналы дефектоскопа.

При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с п.12 данной методики поверки.

9 Идентификация программного обеспечения

9.1 Включить дефектоскоп.

9.2 Запустить программу «ИНТЕГРАЛ-НК».

9.3 В (ПО) в меню «Справка» выбрать вкладку «О программе».

9.4 В появившемся окне «О программе» прочитать идентификационное наименование и номер версии ПО.

Проверку программного обеспечения считают положительной, если полученные данные соответствуют значениям, указанным в таблице 4.

Таблица 4 - Идентификационные данные программного обеспечения (ПО)

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	ИНТЕГРАЛ-НК
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 1.1.20.1
Цифровой идентификатор ПО	недоступно пользователю

При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с п.12 данной методики поверки.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение значения и допускаемого отклонения размаха колебаний импульсов возбуждения генератора.

10.1.1 Определение размаха колебаний импульсов возбуждения выполнить с емкостью 1000 пФ по схеме, представленной на рисунке 1. Каналы 1÷8 и 10÷17 являются совмещенными и имеют по одному разъему, а каналы 9 и 18 является раздельно-совмещенными и имеют два разъема. Подключение осуществлять к выходу генератора, согласно документации.

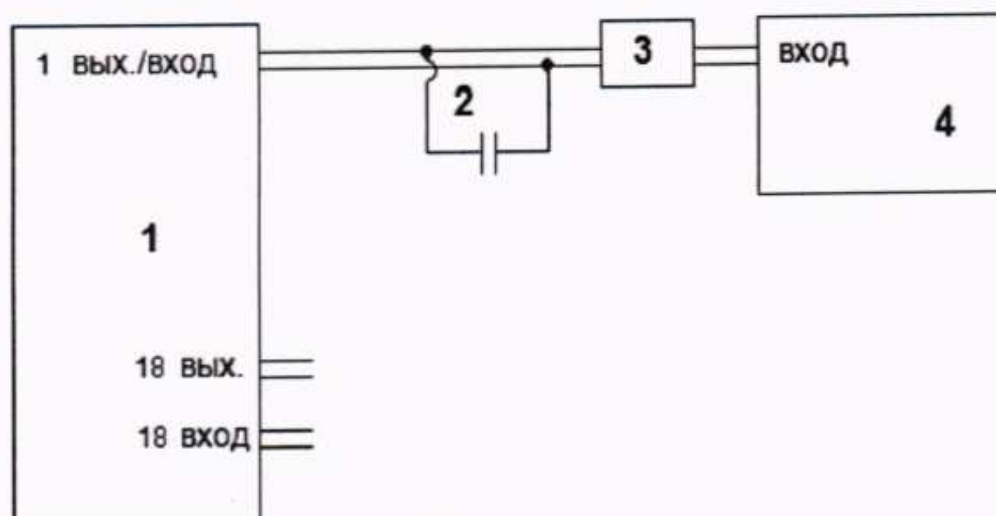


Рисунок 1 Схема подключения для определения размаха амплитуды колебаний импульсов возбуждения

1 - дефектоскоп; 2 - конденсатор 1000 пФ; 3 - делитель 1: 10; 4 - осциллограф.

10.1.2 Включить осциллограф и дефектоскоп.

10.1.3 В ПО в меню «Настройки» выбрать вкладку «Акустические каналы». Щелчком «мыши» по номеру канала, в левом поле экрана, установить в качестве рабочего первый ультразвуковой канал.

10.1.4 Измерить на осциллографе максимальный размах колебаний импульсов возбуждения $A_{изм.}$ в соответствии с рисунком 2. Измерение провести не менее трех раз. Результаты зафиксировать и усреднить.

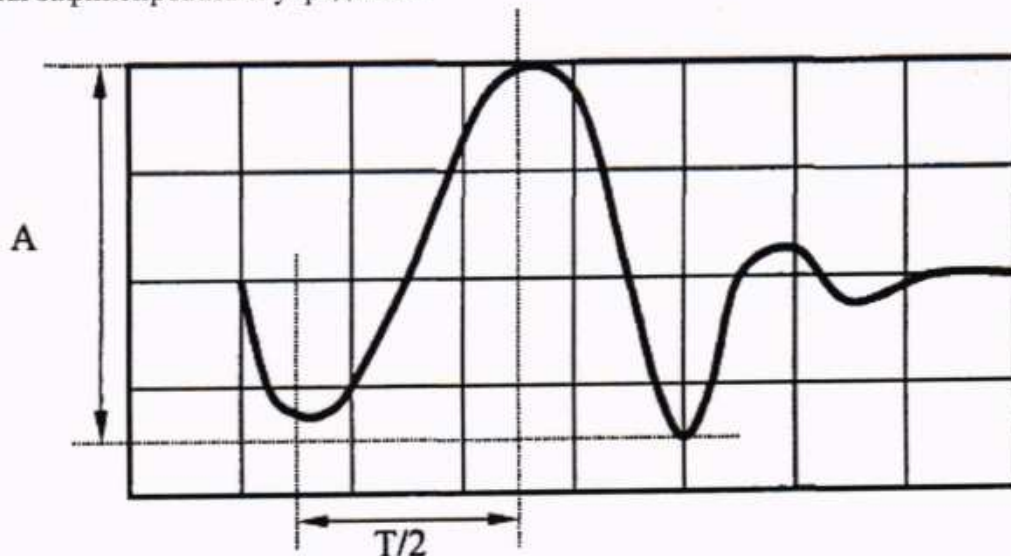


Рисунок 2 Схема измерения размаха колебаний импульсов возбуждения.

Примечание – здесь и далее фиксация результатов измерений, необходимых для п.11, производится в произвольной форме.

10.1.5 Вычислить отклонение от номинального значения установки размаха колебаний импульсов возбуждения в %.

10.1.6 Измерения по пунктам 10.1.1 - 10.1.5 методики поверки выполнить для всех ультразвуковых каналов дефектоскопа.

10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения амплитуды сигнала на входе магнитного канала.

10.2.1 Собрать схему, представленную на рисунке 3.

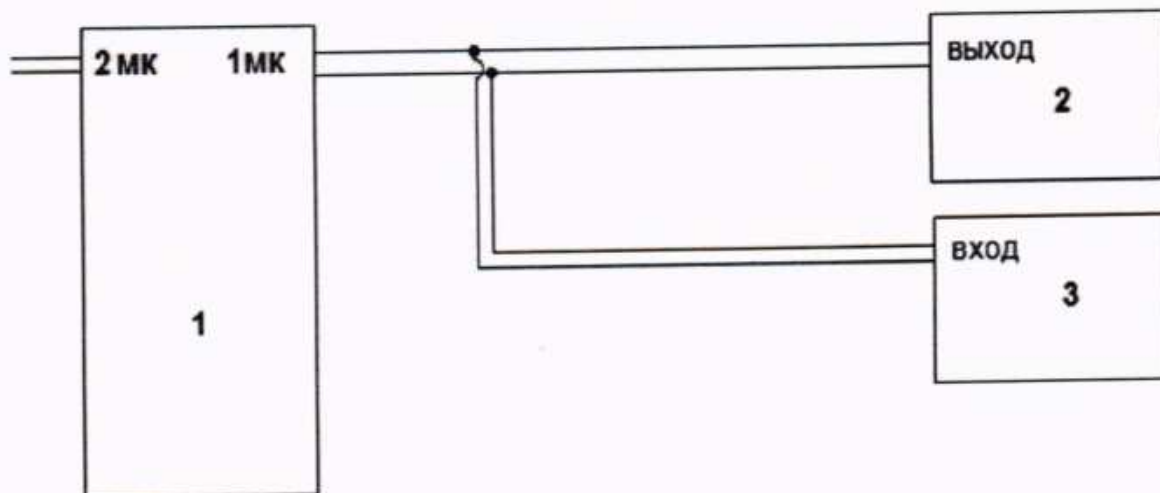


Рисунок 3 Схема подключения для определения значения амплитуды сигнала на входе магнитного канала

1 - дефектоскоп; 2 - генератор сигналов; 3 - осциллограф.

10.2.3 В ПО дефектоскопа в меню «Настройки» выбрать вкладку «Магнитные каналы». Откроется соответствующее окно (рисунок 4).

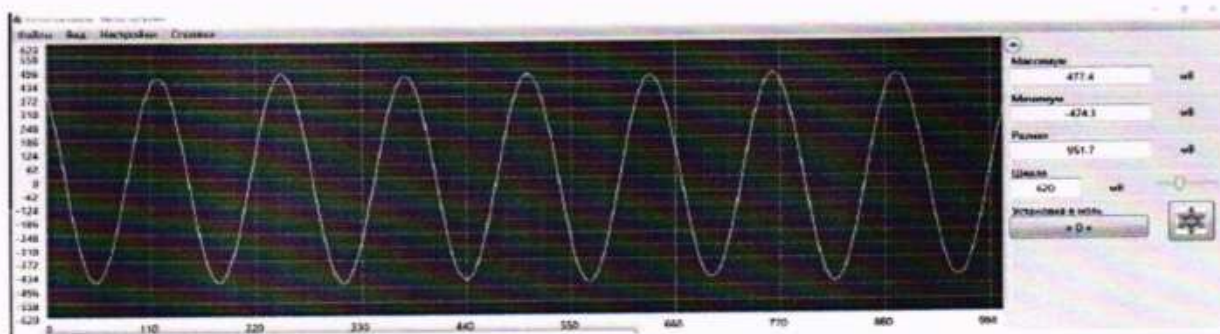


Рисунок 4 Окно магнитных каналов в (для наглядности приведен только один магнитный канал)

10.2.4 Включить генератор, установить частоту синусоидальных колебаний 100 Гц и амплитуду 0,5 В.

10.2.5 Подать с выхода генератора сигнал на вход осциллографа и вход магнитного канала дефектоскопа. Амплитуду, установленную на генераторе, контролировать с помощью осциллографа.

10.2.6 В окне магнитного канала при необходимости изменить масштаб шкалы и установить сигнал в ноль.

10.2.7 В окне магнитного канала считать измеренное значение амплитуды сигнала на входе. Измерение амплитуды сигнала $U_{\text{действ.}}$ на входе магнитного канала выполнить три раза, результаты зафиксировать и усреднить.

10.2.8 Вычислить относительную погрешность измерения амплитуды сигнала на входе магнитного канала.

10.2.9 Провести аналогичные измерения по пунктам 10.2.4 - 10.2.8 методики проверки для значений амплитуд сигналов, установленных на генераторе 1,25 и 2,5 В.

10.2.10 Провести аналогичные измерения по пунктам 10.2.1 - 10.2.9 методики проверки для второго магнитного канала дефектоскопа.

10.3 Проверка динамического диапазона регистрации сигналов раздельно-совмещённых ультразвуковых каналов

10.3.1 Собрать схему, представленную на рисунке 5. Подключить выход на дефектоскопе ко входу на внешнем генераторе через согласующее устройство, а выход генератора через магазин затухания ко входу дефектоскопа.

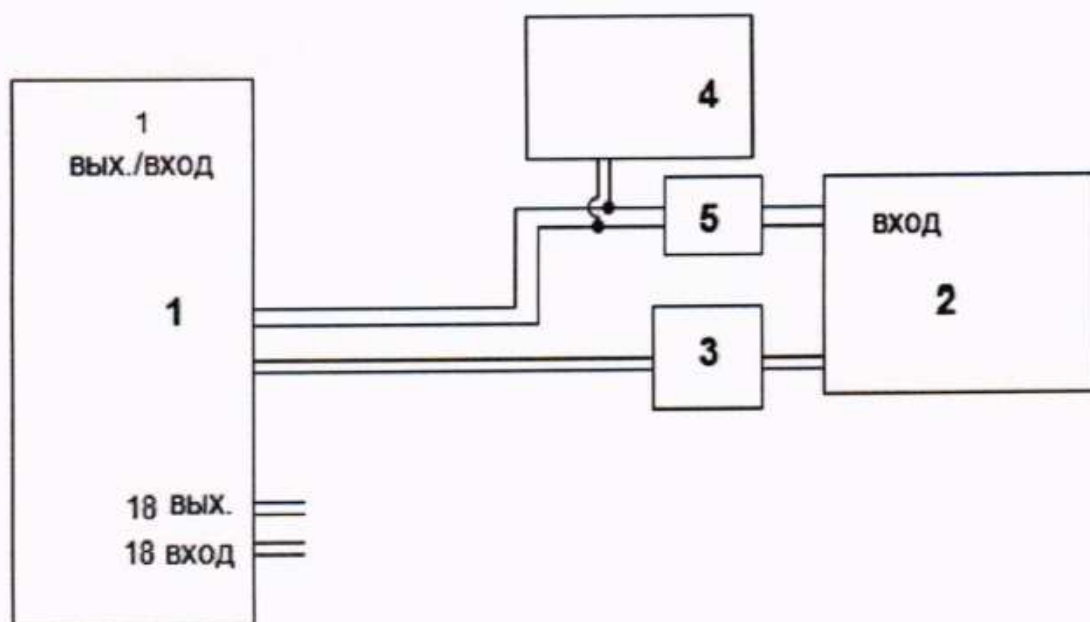


Рисунок 5 Схема подключения для определения динамического диапазона.
1 - дефектоскоп; 2 - генератор; 3 - магазин затуханий; 4 - осциллограф;
5 -согласующее устройство.

10.3.2 В ПО в меню «Настройки» выбрать вкладку «Акустические каналы». В открывшемся окне в левом поле экрана, щелчком «мышь» по номеру канала, установить в качестве рабочего девятый ультразвуковой канал. На дефектоскопе установить логарифмический вид, установив галочку в соответствующем окне.

10.3.3 При выполнении синхронизации генератора и дефектоскопа для защиты входа синхронизации генератора от высокого напряжения применить согласующее устройство, схема которого представлена в приложении В к методике поверки. Контроль производить по показаниям осциллографа.

10.3.4 Ослабление на магазине затуханий установить 0 дБ.

10.3.5 Установить на генераторе параметры выходного сигнала:

- синхронизация внешняя;
- форма сигнала - пачка;
- количество периодов - три;
- частота - 2,5 МГц;

- амплитуда - установить таким образом, чтобы уровень сигнала на экране дефектоскопа был выше порога срабатывания строба;

- задержка - установить таким образом, чтобы на дефектоскопе сигнал от генератора не сливался с сигналом зондирующего импульса.

10.3.6 Увеличить на генераторе амплитуду входного сигнала дефектоскопа до тех пор, пока не наступит насыщение или сигнал на экране станет равным его полной высоте.

10.3.7 Произвести и зафиксировать измерение амплитуды на дефектоскопе.

10.3.8 Увеличивая на магазине затуханий значение ослабления на 10 дБ, произвести измерение значения амплитуды входного сигнала на дефектоскопе. Измерения производить до тех пор, пока дефектоскоп может регистрировать сигнал. Результаты измерений зафиксировать.

10.3.9 Провести аналогичные измерения по пунктам 10.3.1 - 10.3.8 методики поверки для 18 ультразвукового канала дефектоскопа.

10.4 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений временных интервалов

10.4.1 Подключить к каналу 1 блока электронного дефектоскопа прямой ПЭП.

10.4.2 Щелчком «мыши» по номеру канала, в левом поле экрана, установить в качестве рабочего ультразвуковой канал, к которому был подключен ПЭП. Канал выделится желтым цветом.

10.4.3 Произвести настройку задержки в призме ПЭП согласно руководству по эксплуатации (РЭ). Установить значение измеренной задержки в настройках дефектоскопа. В верхнем правом углу экрана в меню «Тип образца» из всплывающего меню выбрать значение «СО-2 СО-3».

10.4.4 Установить ПЭП на смоченную контактной жидкостью поверхность контрольного образца № 2 из комплекта КОУ-2 в месте отметки «20 мкс» (рисунок 6).

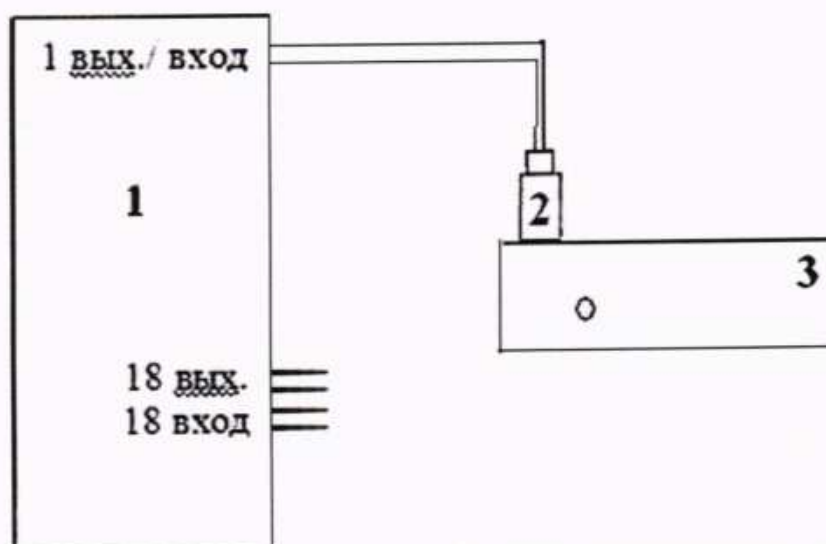


Рисунок 6 - Схема подключения для определения погрешности измерения временных

1 - дефектоскоп; 2 - ПЭП; 3 - образец № 2 из комплекта КОУ-2.

10.4.5 Перемещая ПЭП и незначительно вращая его вокруг своей оси, получения эхо-сигнала от донного отражателя контрольного образца максимальной амплитуды. Движковыми регуляторами Нач.ус. и Кон.ус. добиться, чтобы амплитуда полученного эхо-сигнала превышала уровень 0 дБ (зеленая горизонтальная линия).

10.4.6 Перемещая строб по временной развертке дефектоскопа навести его на первый донный сигнал.

10.4.7 Перемещая строб-импульс по временной развертке дефектоскопа измерить и зафиксировать временной интервал $T_{изм.}$ второго или последующего сигнала от донной поверхности контрольного образца. С помощью движковых регуляторов Нач.ус. и Кон.ус. установить регулировки усиления дефектоскопа таким образом чтобы амплитуда каждого сигнала от донной поверхности контрольного образца была на одном уровне.

10.4.8 Вычислить абсолютную погрешность измерения временных интервалов. Зафиксировать полученные значения.

10.4.9 Провести аналогичные измерения по пунктам 10.4.1 - 10.4.8 методики проверки для остальных ультразвуковых каналов дефектоскопа.

10.4.10 Провести аналогичные измерения по пунктам 10.4.1 - 10.4.9 методики проверки для всех ПЭП, входящих в комплектность дефектоскопа.

10.5 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений координат отражателя по глубине по стали

10.5.1 Подключить к одному из раздельно-совмещенных ультразвуковых каналов блока электронного дефектоскопа (9 и 18) прямой ПЭП из комплекта. Подключение осуществлять согласно руководству по эксплуатации.

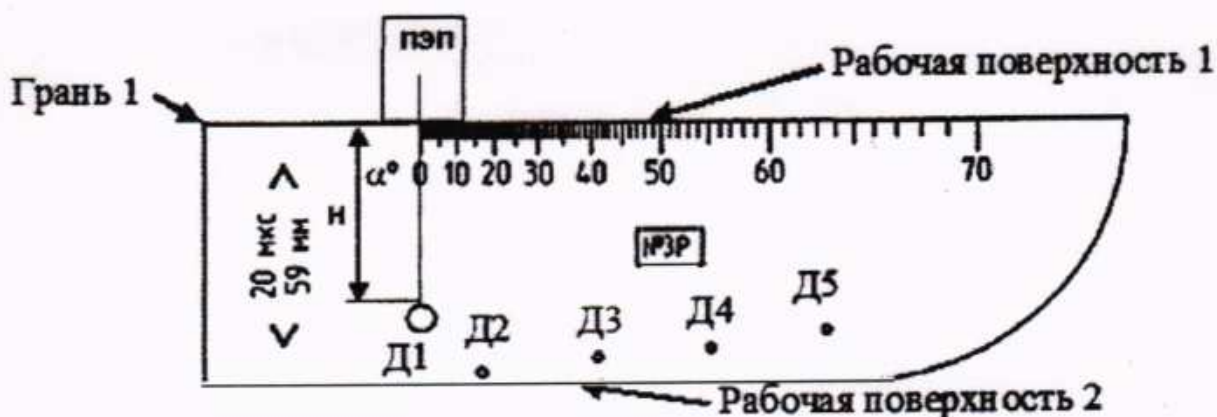


Рисунок 7. - Схема подключения для определения диапазона и погрешности измерения координат отражателя в мере № 3Р из комплекта мер ультразвуковых ККО-3 для прямых ПЭП

10.5.2 Щелчком «мыши» по номеру канала, в левом поле экрана, установить в качестве рабочего ультразвуковой канал, к которому был подключен ПЭП.

10.5.3 Произвести настройку задержки в призме и угла ввода ПЭП согласно РЭ. По окончании процедур в окне «Настраиваемые параметры» появятся значения автоматически измеренных параметров.

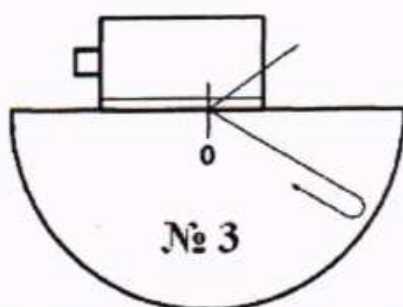
10.5.4 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения координат отражателя по глубине выполняется с применением меры №3Р из комплекта мер ультразвуковых ККО-3.

10.5.5 Установить ПЭП на смоченную контактной жидкостью рабочую поверхность 1 меры №3Р и произвести измерение H_i координат отражателя по глубине искусственного дефекта Д1, допускается применение многократных отражений от дефекта. Измерения выполнить три раза, зафиксировать и вычислить среднее арифметическое значение.

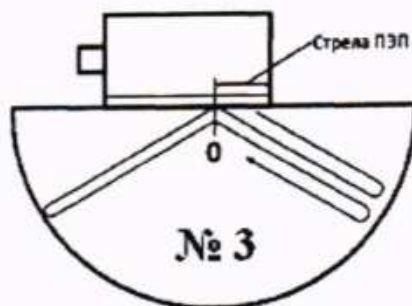
10.5.6 Вычислить абсолютную погрешность измерений координат отражателя по глубине (сталь) Зафиксировать измеренные максимальные значения.

10.5.8 Провести аналогичные измерения по пунктам 10.5.1 - 10.5.8 методики проверки для другого раздельно-совмещенного канала дефектоскопа.

10.5.9 Подключить к одному из ультразвуковых каналов блока электронного дефектоскопа наклонный ПЭП из комплекта, преобразователи подключать к совмещенным каналам (1-8, 10-17). Подключение осуществлять согласно руководству по эксплуатации.



а) Формирование первого эхо-сигнала



б) Формирование второго эхо-сигнала

Рисунок 8. - Схема подключения для определения диапазона и погрешности измерения координат отражателя в мере №3 из комплекта мер ультразвуковых КОУ-2 для наклонных ПЭП

10.5.10 Щелчком «мыши» по номеру канала, в левом поле экрана, установить в качестве рабочего ультразвуковой канал, к которому был подключен ПЭП.

10.5.11 Произвести настройку задержки в призме и угла ввода ПЭП согласно РЭ. По окончании процедур в окне «Настраиваемые параметры» появятся значения автоматически измеренных параметров.

10.5.12 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения координат отражателя по глубине выполняется с применением меры №3Р из комплекта мер ультразвуковых ККО-3 (Таблица А.1 приложение А):

- для ПЭП с номинальным значением угла ввода 0 градусов от 15 до 1000мм;
- для ПЭП с номинальным значением угла ввода 40 градусов от 8 до 210мм;
- для ПЭП с номинальным значением угла ввода 58 градусов от 6 до 44мм;
- для ПЭП с номинальным значением угла ввода 70 градусов от 3 до 44мм

с применением меры №3 из комплекта мер ультразвуковых КОУ-2:

- для ПЭП с номинальным значением угла ввода 40 градусов от 210 до 420мм;
- для ПЭП с номинальным значением угла ввода 58 градусов от 44 до 300мм;
- для ПЭП с номинальным значением угла ввода 70 градусов от 44 до 190мм

10.5.13 Установить ПЭП на смоченную контактной жидкостью рабочую поверхность 2 меры №3Р и произвести измерение координат отражателя Н_і по глубине от искусственных дефектов Д2 (для ПЭП с номинальным значением угла ввода 70 градусов), Д3 (для ПЭП с номинальным значением угла ввода 58 градусов), Д4 (для ПЭП с номинальным значением угла ввода 40 градусов). Измерения выполнить 3 раза и вычислить среднее арифметическое значение.

10.5.14 Вычислить абсолютную погрешность измерения координат отражателя по глубине по стали.

10.5.15 Установить ПЭП на смоченную контактной жидкостью рабочую поверхность меры №3 и произвести измерение Н_і координат отражателя типа цилиндрической поверхности контрольного образца по диаметру. Измерения выполнить три раза, зафиксировать и вычислить среднее арифметическое значение.

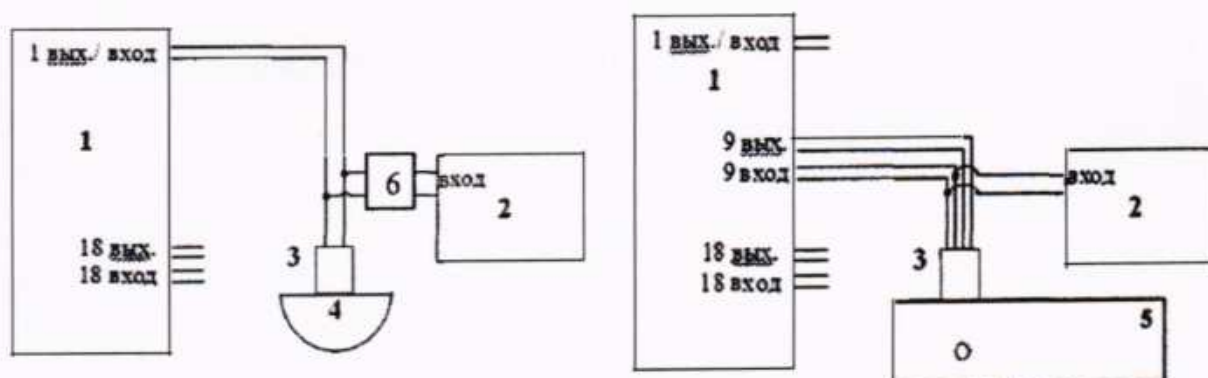
10.5.16 Вычислить абсолютную погрешность измерений координат отражателя по глубине (сталь). Зафиксировать измеренные максимальные значения.

10.5.17 Провести аналогичные измерения по пунктам 10.5.9 - 10.5.17 методики поверки для всех наклонных ПЭП, входящих в комплектность дефектоскопа.

10.5.18 Провести аналогичные измерения по пунктам 10.5.9 - 10.5.19 методики поверки для всех совмещенных каналов дефектоскопа.

10.6 Определение отклонения эффективной частоты ПЭП

10.6.1 Собрать схему, представленную на рисунке 9. Подключить к одному из ультразвуковых каналов блока электронного дефектоскопа ПЭП из комплекта. Наклонные ПЭП подключать к совмещенным каналам (1-8, 10-17), прямые раздельно-совмещенные (РС) ПЭП подключать к раздельно-совмещенным каналам (9 и 18). На совмещенных каналах измерение производить с помощью осциллографа, подключенного к ПЭП через согласующее устройство, при этом на осциллографе необходимо сдвинуть зондирующий импульс за пределы экрана. Схема согласующего устройства представлена в приложении В.



а) Схема подключения для определения эффективной частоты наклонных ПЭП

б) Схема подключения для определения эффективной частоты прямых РС ПЭП

Рисунок 9

1 - дефектоскоп; 2 - осциллограф; 3-ПЭП; 4 - контрольный образец №3 из комплекта КОУ-2; 5 - контрольный образец №2 из комплекта КОУ-2; 6 - согласующее устройство.

10.6.2 Щелчком «мыши» по номеру канала, в левом поле экрана, установить в качестве рабочего ультразвуковой канал, к которому был подключен ПЭП. Канал выделится желтым цветом.

10.6.3 Для наклонных ПЭП в меню «Настраиваемые параметры», напротив кнопки «Угол ввода» установить номинальное значение угла ввода ПЭП.

10.6.4 Отключить логарифмический вид, если он был до этого включен.

10.6.5 Установить ПЭП на смоченную контактной жидкостью поверхность контрольного образца № 3 или №2 из комплекта КОУ-2.

10.6.6 Перемещая ПЭП по поверхности контрольного образца, добиться максимальной амплитуды эхо-сигнала от цилиндрической поверхности контрольного образца (для наклонных ПЭП), от цилиндрического отражателя (для прямых ПЭП).

10.6.7 Перемещая строб-импульс по временной развертке дефектоскопа навести его на первый донный сигнал.

10.6.8 На экране осциллографа измерить и зафиксировать период высокочастотных колебаний (T , мкс) сигнала, пришедшего на ПЭП.

10.6.9 Вычислить эффективную частоту F ПЭП, полученные результаты зафиксировать.

10.6.10 Провести аналогичные измерения по пунктам 10.6.1 - 10.6.9 методики проверки для всех каналов дефектоскопа.

10.6.11 Провести аналогичные измерения по пунктам 10.6.1 - 10.6.10 методики проверки для всех ПЭП, входящих в комплектность дефектоскопа.

10.7 Определение отклонения угла ввода ПЭП

10.7.1 Выполнить пункты 10.6.1 - 10.6.7 методики проверки.

10.7.2 В меню «Тип образца» из всплывающего меню выбрать «СО-2 СО-3».

10.7.3 Для настройки задержки в призме необходимо нажать кнопку «Измерение задержки в призме (2Гп)». Эхо-сигнал должен находиться в пределах строб-импульса. В противном случае необходимо изменить положение строб-импульса. Далее нажать клавишу «СТАРТ».

10.7.4 Установить ПЭП на смоченную контактной жидкостью поверхность контрольного образца №2 из комплекта КОУ-2.

10.7.5 Перемещая ПЭП по поверхности контрольного образца, добиться

максимальной амплитуды эхо-сигнала от отражателя, залегающего на глубине 44 мм для ПЭП с углами ввода до 60° и на глубине 15 мм для ПЭП с углами ввода более 60°.

10.7.6 В меню «Настраиваемые параметры» нажать на кнопку «Угол ввода»

10.7.7 В меню «Настраиваемые параметры» напротив кнопки «Угол ввода» отобразится измеренный дефектоскопом угол ввода. Зафиксировать измеренные значения.

10.7.8 Провести аналогичные измерения по пунктам 10.7.1 - 10.7.7 методики поверки для всех ПЭП, входящих в комплектность дефектоскопа.

10.7.9 Провести аналогичные измерения по пунктам 10.7.1 - 10.7.8 методики поверки для всех каналов дефектоскопа.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Для полученных по пункту 10.1 результатов измерений $A_{изм.}$ рассчитать отклонение от номинального значения установки размаха колебаний импульсов возбуждения δ , % по формуле

$$\delta = \frac{(A_{действ.} - A_{изм.})}{A_{изм.}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $A_{действ.}$ - установленное значение размаха колебаний импульсов возбуждения, указанное в формуляре на дефектоскоп, В

$A_{изм.}$ - измеренное значения размаха колебаний импульсов возбуждения, В

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если при отключенном ПЭП максимальное значение размаха импульсов возбуждения на выходе ультразвуковых каналов имеет отклонение от значения, указанного в формуляре на дефектоскоп не более $\pm 10\%$.

11.2 Для полученных по пункту 10.2 результатов измерений $U_{изм.}$ вычислить относительную погрешность измерений амплитуды сигнала на входе магнитного канала ΔU , В по формуле

$$\Delta U = \frac{(U_{действ.} - U_{изм.})}{U_{изм.}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $U_{изм.}$ - среднее арифметическое значение амплитуды сигнала, измеренное на дефектоскопе, В;

$U_{действ.}$ - амплитуда сигнала, измеренная на осциллографе, В.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если диапазон измерений амплитуды сигнала на входе магнитных каналов от 0,5 до 2,5 В, а относительная погрешность измерений амплитуды сигнала на входе магнитных каналов не превышает $\pm 10\%$.

11.3 Результаты поверки по пункту 10.3 считаются удовлетворительными, если динамический диапазон регистрации сигналов ультразвуковых каналов не менее 70 дБ.

11.4 Для полученных по пункту 10.4 результатов измерений $Ti_{изм.}$ вычислить абсолютную погрешность измерений временных интервалов ΔT , мкс по формуле

$$\Delta T = Ti_{изм.} - i \cdot T_{действ.}, \quad (3)$$

где $Ti_{изм.}$ - измеренное дефектоскопом время i -го сигнала от донной поверхности контрольного образца №2 из комплекта КОУ-2, мкс;

i - номер сигнала от донной поверхности контрольного образца №2 из комплекта КОУ-2; $T_{\text{дейст.}} = 20$ мкс - время первого сигнала от донной поверхности контрольного образца №2 из комплекта КОУ-2, мкс.

Результаты операции поверки по пункту 10.4 считаются удовлетворительными, если на каждом ультразвуковом канале дефектоскопа абсолютная погрешность измерений временных интервалов не превышает ± 3 мкс.

11.5 Для полученных по пункту 10.5.5 рассчитать действительные значения глубины залегания дефекта D_d , мм по формуле

$$N_{\text{изм}} = N_d - R_d \quad (4)$$

где N_d - действительное значение расстояния от рабочей поверхности, на которой установлен ПЭП, до центра искусственного дефекта Д1, указанное в свидетельстве о поверке, мм;

R_d - действительное значение радиуса искусственного дефекта Д1, указанное в свидетельстве о поверке, мм.

11.6 Для полученных в пункте 10.5.5 результатов измерений вычислить среднее арифметическое значение $N_{\text{изм.}}$, мм по формуле

$$N_{\text{изм.}} = \frac{\sum N_i}{i} \quad (5)$$

где N_i - измеренные значения;
 i - количество измерений.

11.7 Для измерений, выполненных по пункту 10.5.6 результатов измерений N_i , рассчитать абсолютную погрешность измерений глубины залегания дефектов ΔN , мм при работе прямым ПЭП по формуле

$$\Delta N = \pm(0,02 \cdot N_{\text{изм}} + 1,00) \quad (6)$$

где $N_{\text{изм}}$ - среднее арифметическое измеренных значений, мм

11.8 Для полученных в пункте 10.5.13 рассчитать действительные значения глубины залегания дефекта N_d , мм по формуле.

$$N_d = X_d - R_d \cdot \cos(\alpha) \quad (7)$$

где X_d - действительное значение расстояния от рабочей поверхности, на которой установлен ПЭП, до центра искусственного дефекта (Д2, Д3, Д4), указанное в свидетельстве о поверке, мм;

R_d - действительное значение радиуса искусственного дефекта (Д2, Д3, Д4), указанное в свидетельстве о поверке, мм;

α - угол ввода преобразователя, указанный в сертификате о калибровке преобразователя

11.9 Для полученных в пункте 10.5.13 и 10.5.15 результатов измерений вычислить среднее арифметическое значение $N_{\text{изм.}}$, мм по формуле

$$N_{\text{изм.}} = \frac{\sum N_i}{i} \quad (8)$$

где N_i - измеренные значения;
 i - количество измерений.

11.10 Для полученных по пунктам 10.5.14 и 10.5.16 результатов измерений N_i , рассчитать абсолютную погрешность измерений глубины залегания дефектов ΔN , мм при работе с наклонным ПЭП по формуле

$$\Delta N = \pm(0,02 \cdot N_{\text{изм}} + 1,00) \quad (9)$$

где $N_{\text{изм}}$ - среднее арифметическое измеренных значений, мм

Результаты операции поверки по пункту 10.5 считаются удовлетворительными, если хотя бы с одним ПЭП из комплекта дефектоскопа пределы абсолютной погрешности измерений координат отражателя по глубине для стали не превышают $\pm(0,02 \cdot N_{\text{изм}} + 1,00)$ мм, диапазон соответствует значениям, приведенным в таблице 5.

Таблица 5

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерения координат отражателя по глубине по стали, мм:	от 15 до 1000
для ПЭП с номинальным значением угла ввода 0 градусов	от 8 до 420
для ПЭП с номинальным значением угла ввода 40 градусов	от 6 до 300
для ПЭП с номинальным значением угла ввода 58 градусов	от 3 до 190
для ПЭП с номинальным значением угла ввода 70 градусов	

11.11 Для полученных по пункту 10.6 результатов измерений, вычислить эффективную частоту ПЭП F , МГц по формуле

$$F = \frac{1}{T} \quad (2)$$

где T - период высокочастотных колебаний сигнала, отраженного от донной поверхности контрольного образца, мкс.

Результаты операции поверки по пункту 10.6 считаются удовлетворительными, если эффективная частота ПЭП находится в пределах $\pm 10\%$ от номинального значения (для каждого преобразователя из комплекта дефектоскопа).

Дефектоскоп считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если хотя бы с одним ПЭП из комплекта дефектоскопа выполняется условие:
 - эффективная частота ПЭП находится в пределах $\pm 10\%$ от номинального значения.

11.12 Результаты операции поверки по пункту 10.7 считаются удовлетворительными, если значения угла ввода ПЭП соответствуют значениям, приведенным в таблице 6 (для каждого преобразователя из комплекта дефектоскопа).

Дефектоскоп считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если хотя бы с одним ПЭП из комплекта дефектоскопа выполняется условие:
 - значения угла ввода соответствуют значениям, приведенным в таблице 6.

Таблица 6

Наименование характеристики	Значение
Допускаемое отклонение угла ввода от номинального значения, градус	
- для ПЭП с номинальным значением угла ввода 0 градусов	+2

- для ПЭП с номинальным значением угла ввода 40 градусов	+2/-6
- для ПЭП с номинальным значением угла ввода 58 градусов	+2/-3
- для ПЭП с номинальным значением угла ввода 70 градусов	+2/-5

11.12 Критериями принятия специалистом, проводившим поверку, решения по подтверждению соответствия средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, является обязательное выполнение всех процедур, перечисленных в разделах 8.2; 9; 10 и соответствие действительных значений метрологических характеристик дефектоскопов многоканальных «ЭХО-КОМПЛЕКС-3» требованиям, указанным в пунктах 11.1 - 11.7 настоящей методики.

11.13 При получении отрицательных результатов по любой из процедур, перечисленных в разделах 8.2; 9; 10, или несоответствии действительных значений метрологических характеристик дефектоскопов многоканальных «ЭХО-КОМПЛЕКС-3» требованиям, указанным в пунктах 11.1 - 11.7, принимается решение о несоответствии средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты проверки внешнего осмотра, опробования, идентификации ПО, условий поверки и окончательные результаты измерений (расчетов), полученные в процессе поверки, заносят в протокол поверки (рекомендуемая форма протокола приведена в приложении Б).

12.2 Сведения о результатах и объеме проведенной поверки средства измерений в целях её подтверждения передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений. При оформлении свидетельства о поверке знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

12.3 Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений выдаётся по заявлению владельцев средства измерений или лиц, представивших его в поверку. Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений должны быть оформлены в соответствии с требованиями действующих правовых нормативных документов.

И.о. начальника лаборатории № 445
ФБУ «НИЦ ПМ - Ростест»

 М. В. Хлебнова

Ведущий инженер лаборатории № 445
ФБУ «НИЦ ПМ - Ростест»

 А. В. Власов

Приложение А
(обязательное)

Основные метрологические характеристики
дефектоскопов многоканальных «ЭХО-КОМПЛЕКС-3»

Таблица А.1

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерения амплитуды сигнала на входе магнитного канала по положительной составляющей, В	от 0,5 до 2,5
Пределы допускаемой относительной погрешности измеряемого значения амплитуды сигнала на входе магнитного канала, %	± 10
Динамический диапазон регистрации сигналов раздельно-совмещенных ультразвуковых каналов, дБ, не менее	70
Диапазон измерений временных интервалов, мкс	от 5 до 350
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений временных интервалов, мкс	± 3
Диапазон измерений координат отражателя по глубине по стали, мм: для ПЭП с номинальным значением угла ввода 0 градусов для ПЭП с номинальным значением угла ввода 40 градусов для ПЭП с номинальным значением угла ввода 58 градусов для ПЭП с номинальным значением угла ввода 70 градусов	от 15 до 1000 от 8 до 420 от 6 до 300 от 3 до 190
Пределы допускаемого значения абсолютной погрешности измерений координат отражателя по глубине по стали, мм	± 5

Приложение Б
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ
№ _____

Наименование средства измерения, тип	Дефектоскоп многоканальный «ЭХО-КОМПЛЕКС-3»
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде	
Заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение	
Изготовитель	
Год выпуска	
Заказчик (наименование и юридический адрес)	
Серия и номер знака предыдущей поверки (при наличии)	
Дата предыдущей поверки	

Вид поверки: _____

Методика поверки: МП РТ-МП-1322-445-2024 «ГСИ. Дефектоскопы многоканальные «ЭХО-КОМПЛЕКС-3»».

Средства поверки: _____

Условия поверки:

Параметры	Требования НД	Измеренные значения
Температура окружающей среды, °С		
Относительная влажность, %		
Атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.)		
Номинальное напряжение сети переменного тока для питания дефектоскопа, В		
Номинальная частота сети переменного тока, Гц		

Результаты поверки:

Внешний осмотр _____

Опробование

Идентификация программного обеспечения _____

Результаты определения метрологических характеристик:

Метрологические характеристики	Номинальная величина/погрешность	Измеренное значение	Заключение

Заключение: Дефектоскоп многоканальный «ЭХО-КОМПЛЕКС-3» соответствует (не соответствует) предъявляемым требованиям и признан годным (не годным) к применению.

На основании результатов поверки выдано (по заявлению владельца средства измерений):

Свидетельство о поверке № _____ от _____

(Извещение о непригодности № _____ от _____)

Поверитель	ФИО	подпись	дата
------------	-----	---------	------

Электрическая принципиальная схема согласующего устройства

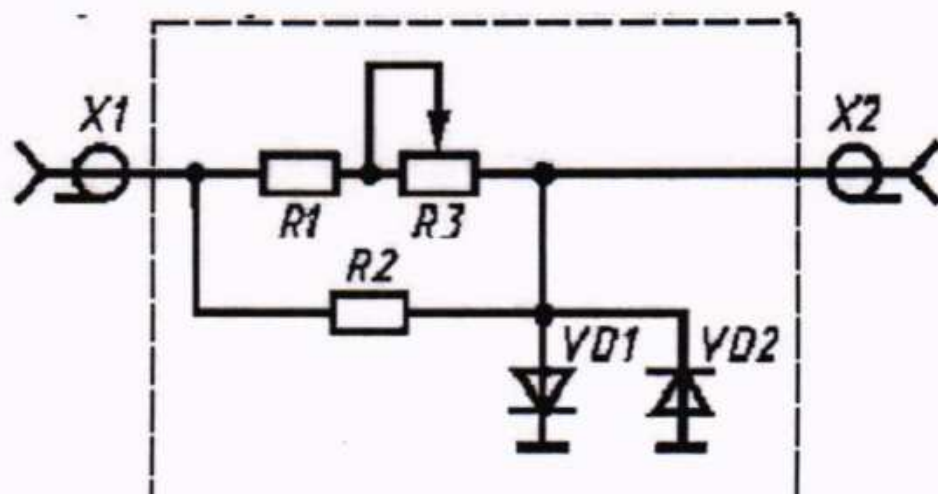


Рисунок 10. Электрическая принципиальная схема согласующего устройства.

Устройство и принцип действия согласующего устройства.

Для защиты канала синхронизации генератора от высокого напряжения с выхода канала дефектоскопа используется согласующее устройство.

Ограничитель амплитуды импульсов собран на кремниевых диодах VD1, VD2 по схеме двухстороннего ограничителя и обеспечивает амплитуду выходного сигнала не более 5 В при входном сигнале не более 700 В.

При измерениях в цепях с напряжением более 300 В движок потенциометра R3 устанавливают в положение 10 кОм. Перечень элементов согласующего устройства приведен в таблице В.1.

Таблица В.1.

Позиция	Наименование	Количество
Резистор R1	МЛТ-0,5 820 Ом $\pm 5\%$ ОЖО.467.180 ТУ	1
Резистор R2	МЛТ-0,25 10 кОм $\pm 5\%$ ОЖО.467.180 ТУ	1
Потенциометр R3	СП42а ВС-2-12 10 кОм ОЖО.468.045 ТУ	1
Диоды VD1, VD2	КД522АдРЗ.363.029 ТУ	2
Розетки X1, X2	СР-50-73Ф ВРО.364.0ТО ТУ	2