

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора по инновациям
ФГУП «ВНИИОФИ»



И.С. Филимонов

2022 г.

**«ГСИ. Дефектоскопы ультразвуковые на фазированных решетках для
контроля сварных стыков рельсов «Кальмар 32+». Методика поверки»**

**Методика поверки
МП 015.Д4-22**

Главный метролог
ФГУП «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

« 07 » 04 2022 г.

Главный научный сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»

В.Н. Крутиков

« 04 » 04 2022 г.

Москва
2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения	3
2 Перечень операций поверки средства измерений.....	3
3 Требования к условиям проведения поверки	4
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	5
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	5
6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	7
7 Внешний осмотр средства измерений.....	7
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7
9 Проверка программного обеспечения средства измерений.....	8
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	9
11 Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям	15
12 Оформление результатов поверки.....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ А	22

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на дефектоскопы ультразвуковые на фазированных решетках для контроля сварных стыков рельсов «Кальмар 32+» (далее по тексту - дефектоскопы), предназначенные для измерений глубины залегания дефекта, расстояния от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования в сварных соединениях и основном металле изделия, толщины и координат залегания дефектов типа пор, шлаковых включений, непроваров и трещин в сварных стыках рельсов всех типов, образовавшихся при сварке или развившихся в процессе эксплуатации как в пути, так и в условиях рельсосварочного предприятия, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок. По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к ГЭТ 2-2021, ГЭТ 189-2014. Поверка дефектоскопа выполняется методом прямых и косвенных измерений.

1.2 Метрологические характеристики дефектоскопов указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений глубины залегания дефекта и/или толщины изделий (по стали), мм	от 4 до 400
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений глубины залегания дефекта и/или толщины изделий (по стали), мм	$\pm (2,0 + 0,01 \cdot H)^1$
Диапазон измерений расстояния от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования (по стали), мм	от 1 до 120
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений расстояния от передней грани преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования (по стали), мм	$\pm (3,0 + 0,01 \cdot L)^2$
Диапазон измерений расстояния до дефекта энкодером (датчиком пути), мм	от 2 до 10000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений расстояния до дефекта энкодером (датчиком пути), мм	$\pm (1,4 + 0,01 \cdot X)^3$
1) H – измеренное значение глубины залегания дефекта и/или толщины изделия, мм; 2) L – измеренное значение расстояния от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования, мм; 3) X – расстояние, измеренное энкодером, мм.	

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении первичной 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 средства измерений	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8

Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений	-		10
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений глубины залегания дефекта и/или толщины изделий (по стали)	да	да	10.1
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений расстояния от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования (по стали)	да	да	10.2
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений расстояния до дефекта энкодером (датчиком пути)	да	да	10.3
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11

2.2 В зависимости от комплектации дефектоскопа преобразователями с призмой продольной и/или поперечной волны выполняются только соответствующие подпункты пункта 10.1 методики поверки. Пункт 10.2 выполняется при комплектации дефектоскопа преобразователями с призмой поперечной волны.

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

2.4 Поверка дефектоскопа прекращается в случае получения отрицательного результата при проведении хотя бы одной из операций, а дефектоскоп признают не прошедшим поверку. Если дефектоскоп полностью прошёл поверку хотя бы с одним из преобразователей из комплекта поставки, то он признаётся прошедшим поверку с положительным результатом в составе соответствующего преобразователя с призмой продольной и/или поперечной волны. При получении отрицательного результата по пунктам 10.1, 10.2 методики поверки, признаётся непригодным к применению только соответствующий преобразователь с призмой продольной и/или поперечной волны.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С (20 ± 5);
- относительная влажность воздуха, %, не более 70;
- атмосферное давление, кПа (100 ± 4);
- напряжение сети переменного тока, В (220 ± 20);
- частота сети переменного тока, Гц (50 ± 1).

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица:

- изучившие настоящую методику поверки и руководство по эксплуатации дефектоскопа;
- прошедшие обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяются средства, указанные в таблице 3.

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

5.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого дефектоскопа с требуемой точностью.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.2 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 до 25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с погрешностью не более 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 96 до 104 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,5 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 параметров микроклимата «Метеоскоп», рег. № 32014-06; Мультиметр цифровой U1241В, рег. № 41432-10
п. 10.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений глубины залегания дефекта и/или толщины изделий (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 ± 133) м/с с абсолютной погрешностью воспроизведения скорости продольной ультразвуковой волны в мере ± 30 м/с Средства измерений длины по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2840 от 29.12.2018 г., применяемые в качестве эталона (с указанием наименований эталонов согласно локальной поверочной схеме и обозначения документа, ее содержащей).	Комплект мер ультразвуковых ККО-3 мера № 3Р (далее – мера № 3Р), рег. № 63388-16.

	<p>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 в диапазоне измерения скорости (6050 ± 133) м/с с абсолютной погрешностью воспроизведения скорости продольной ультразвуковой волны в мере ± 70 м/с</p> <p>Средства измерений длины по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2840 от 29.12.2018 г., применяемые в качестве эталона (с указанием наименований эталонов согласно локальной поверочной схеме и обозначения документа, ее содержащей) в диапазоне значений толщины мер от 0,5 до 300,0 мм.</p>	<p>Комплект образцовых ультразвуковых мер КМТ176М-1 (далее – комплект мер КМТ176М-1), рег. № 6578-78.</p>
<p>п. 10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений расстояния от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования (по стали)</p>	<p>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.</p> <p>Средства измерений длины по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2840 от 29.12.2018 г., применяемые в качестве эталона (с указанием наименований эталонов согласно локальной поверочной схеме и обозначения документа, ее содержащей).</p> <p>Эталоны единицы длины, не ниже уровня Рабочего эталона 4 разряда, по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2840 от 29.12.2018 г. в диапазоне измерений длины мер от 1 до 100 мм.</p>	<p>Комплект мер ультразвуковых ККО-3 мера №2 (далее – мера №2), рег. № 63388-16.</p> <p>Меры длины концевые плоскопараллельные до 100 мм. Набор №1, рег. № 38376-13.</p>
<p>п. 10.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений расстояния до</p>	<p>Средства измерений длины по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2840 от 29.12.2018 г., применяемые в качестве эталона (с указанием наименований эталонов согласно локальной поверочной схеме и обозначения</p>	<p>Штангенциркуль ШЦ-I (далее – штангенциркуль), рег. № 52058-12.</p>

дефекта энкодером (датчиком пути)	документа, ее содержащей) в диапазоне измерений длины от 0 до 100 мм с абсолютной погрешностью измерений $\pm 0,04$ мм.	
-----------------------------------	---	--

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

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

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 дефектоскопов следующим требованиям:

- комплектность дефектоскопа должна соответствовать его руководству по эксплуатации (далее – РЭ) и описанию типа;
- должны отсутствовать явные механические повреждения, влияющие на работоспособность дефектоскопа;
- должна присутствовать маркировка дефектоскопов в соответствии с РЭ и описанию типа.

7.2 Дефектоскоп считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если соответствует требованиям, приведенным в пункте 7.1.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Если дефектоскоп и средства поверки до начала измерений находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в п. 3.1, то их выдерживают при этих условиях не менее часа, или времени, указанного в эксплуатационной документации.

8.2 Провести контроль условий поверки, используя средства измерений, удовлетворяющие требованиям, указанным в таблице 3.

8.3 Подготовить дефектоскоп и средства поверки к работе в соответствии с их РЭ.

8.4 Установить многоэлементный преобразователь на фазированной решетке (далее – преобразователь) на призму из комплекта дефектоскопа. Перед установкой между преобразователем и призмой равномерно нанести тонкий слой контактной жидкости. Винты, прижимающие преобразователь к призме, затянуть равномерно, не сильно.

8.5 Подключить разъем энкодера к электронному блоку.


8.6 Подключить разъем Т-1 механизированного сканера к электронному блоку.


8.7 Подключить электронный блок дефектоскопа к планшету (ноутбуку) кабелем Ethernet.

8.8 Подключить преобразователь с призмой к разъему подключения ПЭП ФР и энкодеров «Ручной» механизированного сканера в соответствии с РЭ дефектоскопа.

8.9 Включить электронный блок дефектоскопа и планшет (ноутбук). Запустить ПО «Кальмар 32+» с помощью соответствующего ярлыка.

8.10 Во вкладке *Генератор* установить канал в соответствии с используемым датчиком, параметр «Напряжение» - 100 В, параметр «Все элементы» - «Вкл.».

8.11 Настроить параметры преобразователя в соответствии с его маркировкой или загрузить настройки используемого преобразователя из файла, для чего во вкладке *Датчик* нажать кнопку .

8.12 Во вкладке *Призма* установить параметры в соответствии с призмой или загрузить настройки используемой призмы из файла, для чего нажать кнопку .

8.13 Установить высоту объекта во вкладке *Объект* на значение «250 мм» для преобразователя поперечной волны, «420 мм» для преобразователя продольной волны.

8.14 Во вкладке *Управление пучком* установить следующие параметры:

Параметр	Значения при использовании преобразователя поперечной волны	Значения при использовании преобразователя продольной волны
Длительность	150 мм	150 мм
Угол от	34°	-24°
Угол до	76° (76.0°)	24° (24.0°)
Шаг по углу	1.0°	1.0°
Фокусировать на	150 мм	300 мм
Тип фокусир	радиальная	по глубине
Угол	на максимум сигнала	0°

8.15 На рабочую поверхность 1 меры №3Р нанести контактную жидкость. При использовании преобразователя продольной волны установить преобразователь в бездефектную область рабочей поверхности 1 меры №3Р для прозвучивания в бездефектной области. При использовании преобразователя поперечной волны установить преобразователь в область для прозвучивания в сторону полукруглой поверхности. Установить такие значения параметров «Усиление» и «Длительн.» на вкладке «Развёртка» чтобы уровень сигнала от донной (полукруглой) поверхности меры достигал 80 % высоты экрана.

8.16 Убедиться в наличии сигнала от донной (полукруглой) поверхности меры на А-развертке.

8.17 Проверить работоспособность всех каналов, поочередно изменяя параметр «Канал» во вкладке «Генератор».

8.18 Дефектоскоп считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если органы регулировки, настройки и коррекции дефектоскопа функционируют согласно РЭ и выполняются все операции по пунктам 8.8 - 8.17.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Подключить электронный блок дефектоскопа к планшету кабелем Ethernet.

9.2 Включить электронный блок дефектоскопа и планшет.

9.3 Загрузить ПО «Кальмар 32+» с помощью соответствующего ярлыка.

9.4 Выбрать вкладку *Общие настройки*. В строке Software прочитать идентификационное наименование и номер версии ПО.

9.5 Дефектоскоп считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО дефектоскопа соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Кальмар 32+
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	0.3.1.0
Цифровой идентификатор ПО	-

10 Определение метрологических характеристик средства измерений


10.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений глубины залегания дефекта и/или толщины изделий (по стали)


10.1.1 Выполнить пункты 8.4 – 8.7.

10.1.2 Измерения глубины залегания дефекта с использованием преобразователя с призмой поперечной волны

10.1.2.1 Подключить преобразователь с призмой поперечной волны к разъему подключения ПЭП ФР и энкодеров «Ручной» механизированного сканера в соответствии с РЭ дефектоскопа.

10.1.2.2 Во вкладке *Генератор* установить канал в соответствии с используемым датчиком, параметр «Напряжение» - 100 В, параметр «Все элементы» - «Вкл.».

10.1.2.3 Настроить параметры преобразователя в соответствии с его маркировкой или загрузить настройки используемого преобразователя из файла, нажав кнопку  во вкладке *Датчик*.

10.1.2.4 Во вкладке *Призма* установить параметры в соответствии с используемой призмой или загрузить настройки призмы из файла, нажав кнопку .

10.1.2.5 Установить высоту объекта во вкладке *Объект* - «250 мм», параметр «Скорость» - «3230 м/с».

10.1.2.6 Во вкладке *Управление пучком* установить следующие параметры:

Параметр	Значение
Длительность	150 мм
Угол от	34°
Угол до	76° (76.0°)
Шаг по углу	1.0°
Фокусировать на	115 мм
Тип фокусир	Радиальная
Частота Опроса	20 (20.0) Гц

10.1.2.7 Установить преобразователь на рабочую поверхность 1 меры №3Р из комплекта мер ультразвуковых ККО-3, предварительно нанести на нее контактную жидкость. Преобразователь установить таким образом, чтобы направление прозвучивания было в сторону полукруглой поверхности меры №3Р. Перемещая преобразователь по поверхности меры №3Р получить максимум сигнала от полукруглой поверхности. Параметр «Усиление» установить таким образом, чтобы сигнал на развертке достигал 80 % высоты экрана. Для более точного определения максимума сигнала воспользоваться функцией «оггибающая», нажав на соответствующую кнопку.

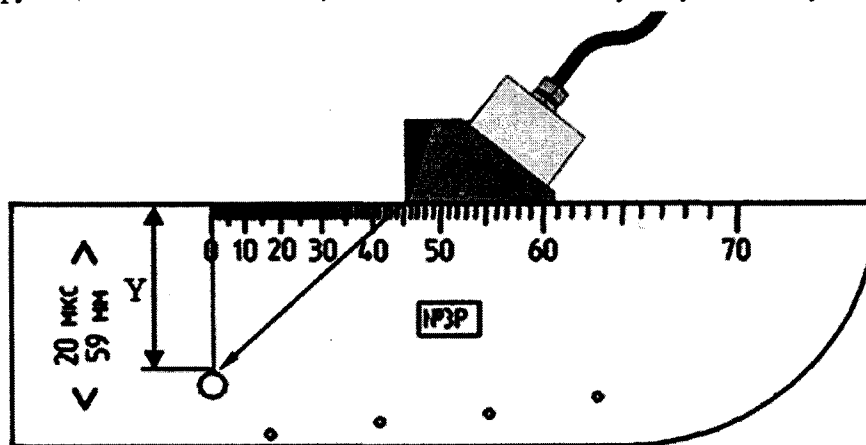
10.1.2.8 Во вкладке *Стробы* установить такие параметры для строба, чтобы сигнал пересекал строб. Уровень строба установить 50 %, параметр «Режим (превыш)» - по превышению, параметр «Режим поиска» - амплитуда.

10.1.2.9 Не смещая преобразователь во вкладке *Объект* установить такое значение для параметра «Скорость», чтобы измеренное значение по лучу (показание «1\»») соответствовало действительному значению высоты меры.

10.1.2.10 Во вкладке *Корректировка по углам* выполнить настройку в соответствии с РЭ.

10.1.2.11 Перемещая преобразователь вдоль поверхности меры № 3Р (рисунок 1), найти максимум амплитуды сигнала от дефекта (отверстие диаметром 6 мм с глубиной центра 44 мм) на S-развертке. Установить такие значения параметров «Начало» и «Ширина» на вкладке «Стробы» и такие значения параметров «Усиление» и «Длительн.», чтобы строб находился в области сигнала от дефекта, и чтобы уровень сигнала превышал уровень строба

и достигал 80 % высоты экрана. Для более точного определения максимума сигнала воспользоваться функцией «огibaющая», нажав на соответствующую кнопку.



Y – глубина залегания дефекта

Рисунок 1 – Измерения на мере №3Р из комплекта мер ультразвуковых ККО-3

10.1.2.12 Зафиксировать полученное измерение глубины залегания дефекта $Y_{изм}$, мм (показание «1↓»). Повторить измерение пять раз, рассчитать среднее арифметическое значение глубины залегания дефекта $Y_{ср}$, мм, по формуле (1).

10.1.2.13 Установить ПЭП на рабочую поверхность 2 меры № 3Р из комплекта мер ультразвуковых ККО-3, предварительно нанести на неё контактную жидкость.


10.1.2.14 Выполнить пункты 10.1.2.11 – 10.1.2.12 для глубин залегания дефекта 15, 3, 6, 8, 12 мм (отверстие диаметром 6 мм с глубиной центра 15 мм, отверстие диаметром 2 мм с глубиной центра 3 мм, отверстие диаметром 2 мм с глубиной центра 6 мм, отверстие диаметром 2 мм с глубиной центра 8 мм и отверстие диаметром 2 мм с глубиной центра 12 мм соответственно), регулируя при необходимости параметр «Длительность». При измерениях дефектов на малой глубине от 3 до 15 мм установить фокусировку сигнала на соответствующей глубине, чтобы избежать расфокусированного сигнала.


10.1.2.15 Выполнить пункты 10.1.2.1 – 10.1.2.14 для всех преобразователей поперечной волны из комплекта дефектоскопа.

10.1.3 Измерения глубины залегания дефекта с использованием преобразователя с призмой продольной волны

10.1.3.1 Подключить преобразователь с призмой продольной волны к разъему подключения ПЭП ФР и энкодеров «Ручной» механизированного сканера в соответствии с РЭ дефектоскопа.

10.1.3.2 Во вкладке *Генератор* установить канал в соответствии с используемым датчиком, параметр «Напряжение» - 100 В, параметр «Все элементы» - «Вкл.».

10.1.3.3 Настроить параметры преобразователя в соответствии с его маркировкой или загрузить настройки используемого преобразователя из файла, нажав кнопку  в меню вкладки *Датчик*.

10.1.3.4 Во вкладке *Призма* установить параметры в соответствии с используемой призмой или загрузить настройки призмы из файла, нажав кнопку .

10.1.3.5 Установить высоту объекта во вкладке *Объект* на значение «420 мм», параметр «Скорость» в соответствии с протоколом поверки на меру № 3Р.

10.1.3.6 Во вкладке *Управление пучком* установить следующие параметры:

Параметр	Значение
Длительность	150 мм
Угол от	-24°
Угол до	24° (24.0°)
Шаг по углу	1.0°
Фокусировать на	300 мм
Тип фокусир	по глубине

10.1.3.7 Во вкладке «Корректировка по углам» установить параметр «Выравнивание» - «Выключено».

10.1.3.8 На верхней панели установить параметр «Угол» - 0°.

10.1.3.9 Установить преобразователь на бездефектный участок рабочей поверхности 1 меры № 3Р, предварительно нанести на него контактную жидкость. Получить максимум сигнала от донной поверхности. Параметр «Усиление» установить таким образом, чтобы сигнал на развертке достигал 80 % высоты экрана.

10.1.3.10 Во вкладке *Стробы* установить такие параметры для строба, чтобы сигнал пересекал строб. Уровень строба установить 50 %, параметр «Режим (превыш)» - по превышению, параметр «Режим поиска» - амплитуда.

10.1.3.11 Не смещая преобразователь во вкладке *Призма* установить такое значение для параметра «Высота 1 элем», чтобы измеренное значение глубины (показание «1↓») соответствовало действительному значению высоты меры.

10.1.3.12 Установить преобразователь на рабочую поверхность 1 меры № 3Р, найти максимум амплитуды сигнала от дефекта (отверстие диаметром 6 мм с глубиной центра 44 мм) на А-развертке. Установить такие значения параметров «Начало» и «Ширина» на вкладке «Стробы» и такие значения параметров «Усиление» и «Длительн.», чтобы строб находился в области сигнала от дефекта, и чтобы уровень сигнала превышал уровень строба и достигал 80 % высоты экрана. Зафиксировать измерения глубины залегания дефекта $Y_{изм}$, мм (показание «1↓»). Повторить измерение пять раз, рассчитать среднее арифметическое значение глубины залегания дефекта $Y_{ср}$, мм, по формуле (1).

10.1.3.13 Установить преобразователь на рабочую поверхность 2 меры № 3Р из комплекта мер ультразвуковых ККО-3, предварительно нанести на неё контактную жидкость.

10.1.3.14 Выполнить пункт 10.1.3.12 для глубин залегания дефекта 15, 3, 12 мм (отверстие диаметром 6 мм с глубиной центра 15 мм, отверстие диаметром 2 мм с глубиной центра 3 мм и отверстие диаметром 2 мм с глубиной центра 12 мм соответственно). Установить фокусировку сигнала на соответствующей глубине, чтобы избежать расфокусированного сигнала.

10.1.3.15 Установить преобразователь на бездефектную область рабочей поверхности 2 меры №3Р, предварительно нанести на нее контактную жидкость. Найти максимум амплитуды сигнала от донной поверхности на А-развертке (первое отражение донного сигнала). Максимум амплитуды сигнала на А-развертке скорректировать, чтобы он достигал 80 % высоты экрана, изменяя значение параметра «Усиление». Зафиксировать результат измерения глубины залегания дефекта $Y_{изм}$, мм (показание «1↓»). Выполнить измерение пять раз, рассчитать среднее арифметическое значение глубины залегания дефекта $Y_{ср}$, мм, по формуле (1).

10.1.3.16 Выполнить пункт 10.1.3.15 для второго, четвертого, седьмого отражения донного сигнала, регулируя положение строба так, чтобы строб пересекал соответствующий донный сигнал.

10.1.3.17 Выполнить пункты 10.1.3.1 – 10.1.3.16 для всех преобразователей продольной волны из комплекта дефектоскопа.

10.1.4 Измерения толщины

10.1.4.1 Выполнить пункты 10.1.3.1 – 10.1.3.4, 10.1.3.6 - 10.1.3.8. Установить высоту объекта во вкладке *Объект* на значение «420 мм», параметр «Скорость» в соответствии со значением, соответствующим среднему значению скорости продольных УЗК по комплекту мер КМТ176М-1 согласно протоколу поверки на комплект мер КМТ176М-1.

10.1.4.2 Установить преобразователь на поверхность меры толщиной 20 мм из комплекта мер КМТ176М-1, предварительно нанести на нее контактную жидкость.

10.1.4.3 Установить такие значения параметров «Начало» и «Ширина» на вкладке «Стробы» и такие значения параметров «Усиление» и «Длительн.», чтобы строб находился в области сигнала от донной поверхности и чтобы уровень сигнала превышал уровень строба и достигал 80 % высоты экрана. Получить первый сигнал от донной поверхности.

10.1.4.4 Во вкладке *Объект* установить параметр «Скорость» в соответствии со значением, соответствующим действительному значению скорости УЗК меры толщиной 20 мм, указанному в протоколе поверки на комплект мер КМТ176М-1.

10.1.4.5 Регулируя высоту первого элемента во вкладке *Призма* добиться значения глубины первого донного сигнала, равного толщине меры.

10.1.4.6 Установить преобразователь на меру толщиной 4 мм из комплекта мер КМТ176М-1, предварительно нанести на нее контактную жидкость.

10.1.4.7 Зафиксировать измеренное значение толщины $H_{изм}$, мм (показание «1↓»). Повторить измерение пять раз, рассчитать среднее арифметическое значение толщины $H_{ср}$, мм, по формуле (5).

10.1.4.8 Выполнить пункты по 10.1.4.6 – 10.1.4.7 для мер с толщинами 10, 25, 50, 100, 200, 300 мм, устанавливая такие значения параметров «Начало» и «Ширина» на вкладке «Стробы» и такие значения параметров «Усиление» и «Длительн.», чтобы строб находился в области сигнала от дефекта и чтобы уровень сигнала превышал уровень строба и достигал 80 % высоты экрана.

10.1.4.9 Для меры с толщиной 200 мм дополнительно измерить второй донный сигнал.

10.1.4.10 Выполнить пункты 10.1.4.1 – 10.1.4.9 для всех преобразователей продольной волны из комплекта дефектоскопа.

10.1.5 Произвести обработку результатов измерений в соответствии с пунктом 11.1.

10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений расстояния от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования (по стали)

10.2.1 Выполнить пункты 10.1.2.1 - 10.1.2.10.

10.2.2 На верхней панели для параметра «Экран» выбрать из выпадающего списка значение «A/S Верт».

10.2.3 Установить преобразователь на рабочую поверхность 1 меры № 2 из комплекта мер ультразвуковых ККО-3, предварительно нанести на неё контактную жидкость. Преобразователь должен быть установлен так, чтобы направление прозвучивания было в сторону отверстия диаметром 6 мм.

10.2.4 Перемещая преобразователь вдоль поверхности меры №2, найти максимум амплитуды сигнала от дефекта (отверстие диаметром 6 мм на глубине 44 мм) на S-развертке. Изменяя значение параметра «Усиление» и «Длительн.» на дефектоскопе добиться, чтобы измеряемый сигнал находился в диапазоне развертки. Если после нахождения максимума сигнала, положение передней грани призмы преобразователя находится правее нулевой риски, перейти к выполнению пункта 10.2.9.

10.2.5 Установить на рабочую поверхность 1 меры № 2 концевую меру длиной 50 мм таким образом, чтобы положение правой грани концевой меры совпало с нулевой риской, нанесенной на мере (рисунок 2).

10.2.6 Установить преобразователь таким образом, чтобы передняя грань призмы упиралась в правую грань концевой меры, как показано на рисунке 2. Предварительно нанести на поверхность меры контактную жидкость.

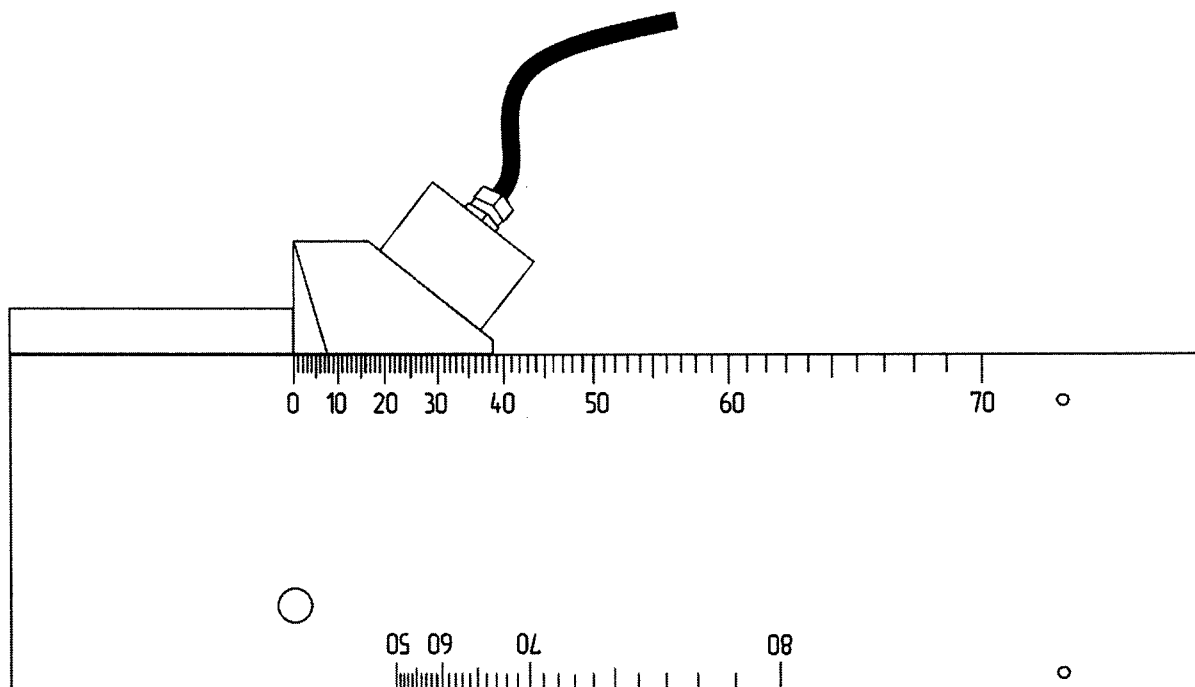


Рисунок 2 – Измерения на мере №2 из комплекта мер ультразвуковых ККО-3

10.2.7 Изменяя параметр «Угол» на верхней панели и, при необходимости, параметр «Угол от» во вкладке *Управление пучком*, установить такой угол сканирования, при котором амплитуда сигнала от дефекта будет максимальна (отверстие диаметром 6 мм на глубине 44 мм). Максимум сигнала контролировать по А-скану, установив такие значения параметров «Начало» и «Ширина» на вкладке «Стробы» и такие значения параметра «Длительн.», чтобы строб находился в области сигнала от дефекта. Сигнал должен полностью помещаться на S-скане.

10.2.8 Зафиксировать измерения расстояния от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования $X_{изм}$, мм (показание «1⇒»). Повторить измерение пять раз, рассчитать среднее арифметическое значение расстояния дефекта от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования $X_{ср}$, мм, по формуле (8).

10.2.9 Подобрать концевые меры, равномерно распределенные по длине, в диапазоне измерений от 1 до 120 мм.

10.2.10 Установить первую концевую меру длиной 1 мм на поверхность меры № 2 таким образом, чтобы положение левой грани концевой меры совпало с нулевой риской, нанесенной на мере (с правой гранью ранее установленной концевой меры длиной 50 мм, рисунок 3).

10.2.11 Установить преобразователь так, чтобы передняя грань призмы упиралась в правую грань концевой меры как показано на рисунке 3.

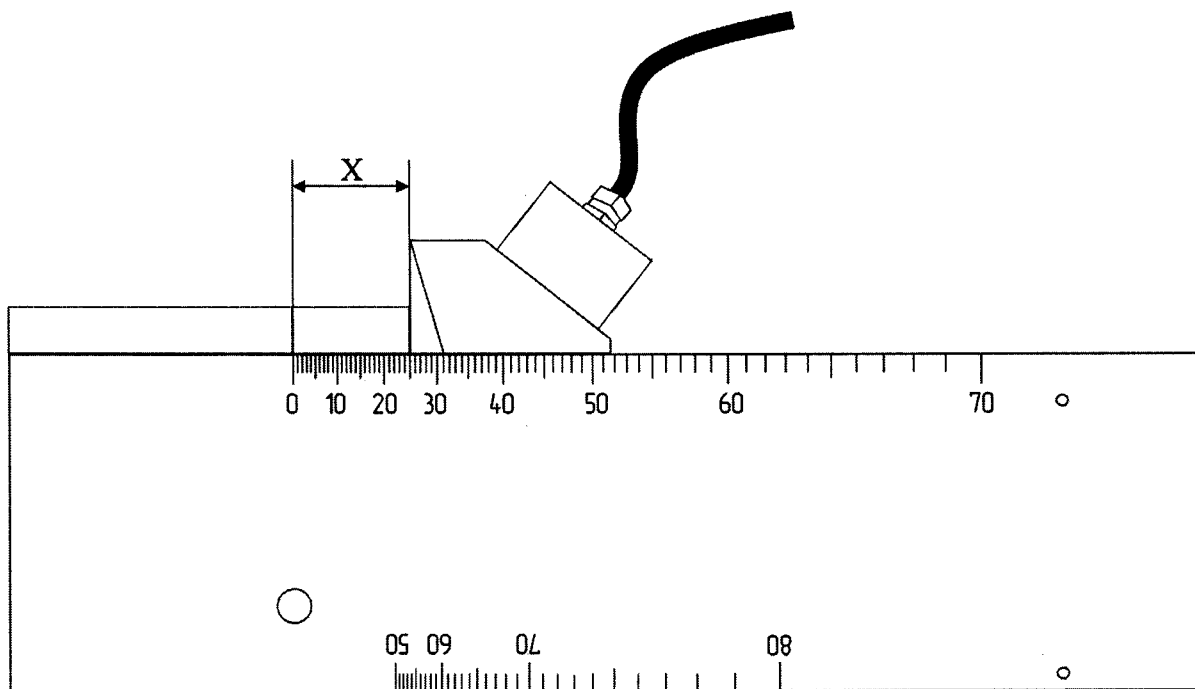


Рисунок 3 – Измерения на мере № 2 из комплекта мер ультразвуковых ККО-3

10.2.12 Выполнить пункты 10.2.7 – 10.2.8.

10.2.13 Выполнить пункты 10.2.11 – 10.2.12 еще для пяти концевых мер (равномерно распределенных) длиной в диапазоне до 120 мм.

10.2.14 Повторить пункты 10.2.1 – 10.2.13 для всех преобразователей поперечной волны из комплекта дефектоскопа.

10.2.15 Произвести обработку результатов измерений в соответствии с пунктом 11.2.

10.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений расстояния до дефекта энкодером (датчиком пути)

10.3.1 Подключить электронный блок дефектоскопа к планшету кабелем Ethernet.

10.3.2 Подключить разъем энкодера к электронному блоку.

10.3.3 Подключить энкодер к разьему подключения «Энкодер 2» механизированного сканера в соответствии с РЭ дефектоскопа.

10.3.4 Включить электронный блок дефектоскопа и планшет. Запустить ПО «Кальмар 32+».

10.3.5 Перейти во вкладку «Энкодеры» и установить параметр «Индекс» - 1, параметр «Включено» - «Вкл».

10.3.6 Измерить штангенциркулем диаметр ролика энкодера. Измерения выполнить десять раз, результат усреднить.

10.3.7 Сделать отметку на ролике энкодера для отсчета количества оборотов ролика.

10.3.8 Выполнить пункты 11.3.1 – 11.3.12.

10.3.9 Для параметра «Длина калибровки, мм» ввести значение длины, соответствующее m оборотам колеса энкодера ($L \cdot m$). При введении значения параметра в качестве десятичного разделителя разряда следует использовать точку.

10.3.10 Нажать кнопку «Начать». Выполнить m полных оборотов колеса энкодера. Нажать кнопку «Остановить», затем кнопку «Применить».

10.3.11 Обнулить значения путем изменения параметра «Включено»: с «Вкл» на «Выкл» и с «Выкл» на «Вкл».

10.3.12 Выполнить n (рассчитано в пункте 11.3.10) оборотов ролика энкодера, записывая измеренное дефектоскопом значение расстояния до дефекта (показание в левом верхнем углу экрана) соответствующее 1, 2, 4, 10, $n/2$, n целым оборотам ролика энкодера.

10.3.13 Выполнить пункт 10.3.11, затем повторить пункт 10.3.12 ещё два раза. Рассчитать среднее арифметическое значение расстояния до дефекта, измеренное дефектоскопом по трем измерениям.

10.3.14 Произвести обработку результатов измерений в соответствии с пунктом 11.3.

11 Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям

11.1 Расчет абсолютной погрешности измерений глубины залегания дефекта и/или толщины изделий (по стали)

11.1.1 Результатом измерений глубины залегания дефекта является среднее арифметическое значение глубины залегания дефекта, измеренное дефектоскопом по формуле:

$$Y_{срi} = \frac{\sum_{j=1}^n Y_j}{n} \quad (1)$$

где Y_j – значение j -го измерения глубины залегания дефекта, мм;
 n – количество измерений.

11.1.2 Рассчитать и занести в протокол поверки абсолютную погрешность измерений глубины залегания дефекта ΔY , мм, для преобразователей поперечной волны по формуле:

$$\Delta Y = Y_{срi} - (Y_{номi} - D/2 \cdot \cos\alpha), \quad (2)$$

где $Y_{срi}$ – среднее арифметическое значение глубины залегания i -го дефекта по пяти измерениям, мм;

$Y_{номi}$ – расстояние до центра i -го дефекта от рабочей поверхности 1 из протокола поверки на меру №ЗР, мм;

D – диаметр i -го дефекта из протокола поверки на меру №ЗР, мм;

α – угол сканирования, ...°.

11.1.3 Рассчитать и занести в протокол поверки абсолютную погрешность измерений глубины залегания дефекта ΔY , мм, для преобразователей продольной волны по формуле:

$$\Delta Y = Y_{срi} - (Y_{номi} - D/2), \quad (3)$$

где $Y_{срi}$ – среднее арифметическое значение глубины залегания i -го дефекта по пяти измерениям, мм;

$Y_{номi}$ – расстояние до центра i -го дефекта от рабочей поверхности 1 из протокола поверки на меру №ЗР, мм;

D – диаметр i -го дефекта из протокола поверки на меру №ЗР, мм.

11.1.4 Рассчитать и занести в протокол поверки абсолютную погрешность измерений глубины залегания дефекта ΔY , мм, при измерении по донным сигналам по формуле:

$$\Delta Y = Y_{срn} - n \cdot T_{ном}, \quad (4)$$

где $Y_{срп}$ – среднее арифметическое значение глубины залегания дефекта по пяти измерениям для n -го донного отражения, мм;

$T_{ном}$ – действительное значение высоты меры из протокола поверки на меру №3Р, мм;

n – номер донного отражения.

11.1.5 Результатом измерений толщины является среднее арифметическое значение толщины меры, измеренное дефектоскопом по формуле:

$$H_{срi} = \frac{\sum_{j=1}^n H_j}{n} \quad (5)$$

где H_j – значение j -го измерения толщины меры, мм;

n – количество измерений.

11.1.6 Рассчитать и занести в протокол поверки абсолютную погрешность измерений толщины ΔH , мм, по формуле:

$$\Delta H = H_{срi} - H_{номi}, \quad (6)$$

где $H_{срi}$ – среднее арифметическое значение толщины i -ой меры по пяти измерениям, мм;

$H_{номi}$ – действительное значение толщины i -ой меры, указанное в протоколе поверки, мм.

11.1.7 Рассчитать и занести в протокол поверки абсолютную погрешность измерений толщины ΔH , мм, при измерении по второму донному сигналу по формуле:

$$\Delta H = H_{ср200} - n \cdot H_{ном200}, \quad (7)$$

где $H_{ср200}$ – среднее арифметическое значение толщины меры (номинальное значение толщины 200 мм) по пяти измерениям, мм;

$H_{ном200}$ – действительное значение толщины меры (номинальное значение толщины 200 мм), указанное в протоколе поверки, мм;

n – номер отражения донного сигнала.

11.1.8 Дефектоскоп считается прошедшим операцию поверки по пункту 10.1 с положительным результатом, если результаты измерений соответствуют таблице 5.

Таблица 5 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений глубины залегания дефекта и/или толщины изделий (по стали), мм	от 4 до 400
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений глубины залегания дефекта и/или толщины изделий (по стали), мм	$\pm (2,0 + 0,01 \cdot H)^1$
¹⁾ H – измеренное значение глубины залегания дефекта и/или толщины изделия, мм.	

11.2 Расчет абсолютной погрешности измерений расстояния от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования (по стали)

11.2.1 Результатом измерений расстояния дефекта от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования (по стали) является среднее арифметическое расстояния дефекта от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования (по стали), измеренное дефектоскопом по формуле:

$$X_{срi} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n} \quad (8)$$

где X_j – значение j -го измерения, мм;
 n – количество измерений.

11.2.2 Рассчитать и занести в протокол поверки абсолютную погрешность измерений расстояния дефекта от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования ΔX , мм, по формуле:

$$\Delta X = X_{срi} - (X_{номi} - D/2 \cdot \sin\alpha), \quad (9)$$

где $X_{срi}$ – среднее арифметическое значение расстояния дефекта от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования по пяти измерениям, мм;

$X_{номi}$ – действительное значение длины концевой меры из протокола поверки, мм;

D – диаметр дефекта из протокола поверки на меру № 2, мм;

α – угол сканирования, ...°.

11.2.3 Дефектоскоп считается прошедшим операцию поверки по пункту 10.2 с положительным результатом, если результаты измерений соответствуют таблице 6.

Таблица 6 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений расстояния от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования (по стали), мм	от 1 до 120
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений расстояния от передней грани преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования (по стали), мм	$\pm (3,0 + 0,01 \cdot L)^{1)}$
1) L – измеренное значение расстояния от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования, мм;	

11.3 Расчет абсолютной погрешности измерений расстояния до дефекта энкодером (датчиком пути)

11.3.1 Результатом измерений диаметра ролика энкодера по пункту 10.3.6 является среднее арифметическое диаметра ролика энкодера \bar{d} , мм, по десяти измерениям:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}, \quad (10)$$

где x_j – значение j -го измерения диаметра ролика энкодера, мм;
 n – количество измерений.

11.3.2 Рассчитать и занести в протокол поверки среднее квадратическое отклонение (СКО) измерений диаметра ролика энкодера S , мм, по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{d})^2}{n-1}}, \quad (11)$$

где x_j – значение j -го измерения, мм;

\bar{d} – среднее арифметическое значение диаметра ролика энкодера, мм;

n – количество измерений.

11.3.3 Проверить наличие грубых погрешностей и, при необходимости, исключить их. Для этого вычислить и занести в протокол поверки критерии Граббса G_1, G_2 :

$$G_1 = \frac{|x_{\max} - \bar{d}|}{S}, \quad G_2 = \frac{|x_{\min} - \bar{d}|}{S}, \quad (12)$$

где x_{\max} – максимальное значение результата измерений диаметра ролика энкодера, мм;

x_{\min} – минимальное значение результата измерений диаметра ролика энкодера, мм.

Если $G_1 > G_T$, то x_{\max} , мм, исключают, как маловероятное значение, если $G_2 > G_T$, то x_{\min} , мм, исключают, как маловероятное значение (критическое значение критерия Граббса при десяти измерениях $G_T = 2,482$).

Если количество оставшихся результатов измерений диаметра ролика энкодера стало меньше десяти, повторить пункт 10.3.6, чтобы количество измерений без грубых погрешностей оставалось равным десяти.

11.3.4 Рассчитать и занести в протокол поверки СКО среднего арифметического диаметра ролика энкодера S_x , мм, по формуле:

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (13)$$

где S – СКО результата десяти измерений диаметра ролика энкодера, мм;

n – количество измерений.

11.3.5 Рассчитать и занести в протокол поверки доверительные границы ε , мм, случайной погрешности оценки диаметра ролика энкодера при $P=0,95$:

$$\varepsilon = t \cdot S_x, \quad (14)$$

где $t = 2,262$ – значение коэффициента Стьюдента для доверительной вероятности $P = 0,95$ и числа результатов измерений, равным десяти;

S_x – СКО среднего арифметического диаметра ролика энкодера, мм.

11.3.6 Рассчитать и занести в протокол поверки значение СКО неисклоченной систематической погрешности (НСП) S_{\ominus} , мм, серии измерений диаметра ролика энкодера по формуле:

$$S_{\ominus} = \frac{\Delta_{\Sigma}}{\sqrt{3}}, \quad (15)$$

где Δ_{Σ} – абсолютная погрешность штангенциркуля, мм, указанная в протоколе поверки.

11.3.7 Рассчитать и занести в протокол поверки суммарное среднее квадратическое отклонение оценки диаметра ролика энкодера S_{Σ} , мм, по формуле:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\ominus}^2 + S_x^2}, \quad (16)$$

где S_{\ominus} – среднее квадратическое отклонение НСП серии измерений диаметра ролика энкодера, мм;

S_x – СКО среднего арифметического диаметра ролика энкодера, мм.

11.3.8 Рассчитать и занести в протокол поверки значение абсолютной погрешности Δ , мм, серии измерений диаметра ролика энкодера по формуле:

$$\Delta = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (17)$$

где K – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП, который рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{\varepsilon + \Delta_{\Sigma}}{S_x + S_{\ominus}}, \quad (18)$$

где ε – доверительные границы случайной погрешности оценки диаметра ролика энкодера, мм;

Δ_{Σ} – абсолютная погрешность штангенциркуля, мм, указанная в свидетельстве о поверке (протоколе поверки);

S_x – СКО среднего арифметического диаметра ролика энкодера, мм;

S_{\ominus} – среднее квадратическое отклонение НСП серии измерений диаметра ролика энкодера, мм.

11.3.9 Рассчитать и занести в протокол поверки длину окружности ролика энкодера по формуле:

$$L = \pi \cdot \bar{d}, \quad (19)$$

где \bar{d} – среднее арифметическое значение измерений диаметра ролика энкодера, мм;

π – константа 3,14159.

11.3.10 Рассчитать количество оборотов ролика энкодера, необходимое для измерения расстояния 10000 мм:

$$n = \frac{10000}{L}, \quad (20)$$

где L – длина окружности ролика энкодера, мм.

Рассчитанное значение количества оборотов ролика энкодера n округлить в большую сторону до целого числа.

11.3.11 Рассчитать количество оборотов ролика энкодера, необходимое для получения номинального значения по расстоянию 1000 мм:

$$m = \frac{1000}{L}, \quad (21)$$

где L – длина окружности ролика энкодера, мм.

Рассчитанное значение количества оборотов ролика энкодера m округлить в большую сторону до целого числа.

11.3.12 Рассчитать значение длины для параметра «Длина калибровки, мм»:

$$k = L \cdot m, \quad (22)$$

где L – длина окружности ролика энкодера, мм

m – целое число количества оборотов ролика энкодера m

11.3.13 Рассчитать и занести в протокол поверки отклонение рассчитанного значения расстояния до дефекта от показаний дефектоскопа ΔL_n , мм, для каждого измерения по формуле:

$$\Delta L_{\Delta} = L_{\Delta} - L \cdot n, \quad (23)$$

где L_{Δ} – значение расстояния до дефекта, измеренное дефектоскопом, мм;

L – длина окружности ролика энкодера, мм;

n – число оборотов колеса энкодера.

11.3.14 Рассчитать и занести в протокол поверки абсолютную погрешность измерений расстояния до дефекта энкодером (датчиком пути) ΔL , мм, для каждого измерения по формуле:

$$\Delta L = \sqrt{\Delta L_{\Delta}^2 + \Delta^2}, \quad (24)$$

где ΔL_{Δ} – отклонение от рассчитанного значения расстояния до дефекта, мм;

Δ – рассчитанная по формуле (17) абсолютная погрешность измерений диаметра ролика энкодера, мм.

11.3.15 Выбрать максимальное из трех значение абсолютной погрешности измерений расстояния до дефекта энкодером (датчиком пути).

11.3.16 Дефектоскоп считается прошедшим операцию поверки по пункту 10.3 с положительным результатом, если результаты измерений соответствуют таблице 7.

Таблица 7 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений расстояния до дефекта энкодером (датчиком пути), мм	от 2 до 10000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений расстояния до дефекта энкодером (датчиком пути), мм	$\pm (1,4 + 0,01 \cdot X)^{1)}$
¹⁾ X – расстояние, измеренное энкодером, мм.	

11.4 Дефектоскоп считается прошедшим поверку с положительным результатом и допускается к применению, если все операции поверки пройдены с положительным результатом. В ином случае дефектоскоп считается прошедшим поверку с отрицательным результатом и не допускается к применению.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А. Протокол может храниться на электронных носителях.

12.2 При положительных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено свидетельство о поверке в установленной форме.

12.3 При отрицательных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено извещение о непригодности в установленной форме с указанием причин непригодности.

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

Разработчики:

Начальник отдела
ФГУП «ВНИИОФИ»



А.В. Иванов

Инженер 1 категории
ФГУП «ВНИИОФИ»



А.С. Крайнов

Инженер 1 категории
ФГУП «ВНИИОФИ»



И.А. Смирнова

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(рекомендуемое)
ФОРМА ПРОТОКОЛА ПОВЕРКИ

ПРОТОКОЛ первичной/периодической поверки №
от «_____» _____ **20__** года

Средство измерений: Дефектоскоп ультразвуковой на фазированных решетках для контроля сварных стыков рельсов «Кальмар 32+»

Заводской номер: _____

Год выпуска: _____

Состав: _____

Принадлежащее: _____

Поверено в соответствии с методикой поверки: МП 015.Д4-22 «ГСИ. Дефектоскопы ультразвуковые на фазированных решетках для контроля сварных стыков рельсов «Кальмар 32+». Методика поверки»

При следующих значениях влияющих факторов:

Температура окружающей среды _____;

Атмосферное давление _____;

Относительная влажность _____;

Напряжение переменного тока _____;

Частота переменного тока _____;

С применением эталонов: _____

Результаты поверки:

А.1 Внешний осмотр _____

А.2 Проверка идентификации ПО _____

А.3 Опробование _____

А.4 Результаты определения метрологических характеристик:

Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений глубины залегания дефекта и/или толщины изделий (по стали)

Измерения глубины залегания дефекта с использованием преобразователя с призмой поперечной волны

Таблица 1 – Измерения глубины залегания дефекта с использованием преобразователя _____ зав.№ _____ с призмой поперечной волны

Установленный угол ввода α , ...°	Диаметр дефекта (отверстия), мм	Расстояние до центра дефекта от рабочей поверхности, мм	Действительное значение глубины залегания дефекта, мм	Измеренное значение глубины залегания дефекта (среднее арифметическое значение), мм	Абсолютная погрешность измерений глубины залегания дефекта, мм	Пределы допускаемой погрешности измерений глубины залегания дефекта, мм

Измерения глубины залегания дефекта с использованием преобразователя с призмой продольной волны

Таблица 2 – Измерения глубины залегания дефекта с использованием преобразователя _____ зав.№ _____ с призмой продольной волны

Диаметр дефекта (отверстия), мм	Расстояние до центра дефекта от рабочей поверхности, мм	Действительное значение глубины залегания дефекта, мм	Измеренное значение глубины залегания дефекта (среднее арифметическое значение), мм	Абсолютная погрешность измерений глубины залегания дефекта, мм	Пределы допускаемой погрешности измерений глубины залегания дефекта, мм

Таблица 3 – Измерения глубины залегания дефекта с использованием преобразователя _____ зав.№ _____ с призмой продольной волны

Номер донного отражения	Действительное значение высоты меры, мм	Измеренное значение глубины залегания дефекта (среднее арифметическое значение), мм	Абсолютная погрешность измерений глубины залегания дефекта, мм	Пределы допускаемой погрешности измерений глубины залегания дефекта, мм

Измерения толщины

Таблица 4 – Измерения толщины с использованием преобразователя _____ зав.№ _____ с призмой продольной волны

Действительное значение толщины меры, мм	Измеренное значение толщины (среднее арифметическое значение), мм	Абсолютная погрешность измерений толщины, мм	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений толщины, мм

Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений расстояния от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования (по стали)

Преобразователь _____ зав.№ _____

Таблица 5 - Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений расстояния от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования (по стали)

Диаметр дефекта, мм	Установленный угол ввода α , ...°	Длина концевой меры, мм	Измеренное значение координаты дефекта от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования (среднее арифметическое значение), мм	Абсолютная погрешность измерений координаты дефекта от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования, мм	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений координаты дефекта от передней грани призмы преобразователя до проекции дефекта на поверхность сканирования, мм

Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений расстояния до дефекта энкодером (датчиком пути)

Таблица 6 – Значения диаметра колеса одометра и определение абсолютной погрешности измерений диаметра колеса одометра

Измеренное значение диаметра колеса одометра, мм									
d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}

Продолжение таблицы 6

среднее значение диаметра колеса одометра, мм	СКО результата измерений диаметра колеса одометра, мм	критерии Граббса ($Gt \leq 2,482$)	СКО среднего арифметического диаметра колеса одометра, мм	доверительные границы случайной погрешности оценки измеряемой величины при $P=0,95$, мм	абсолютная погрешность штангенциркуля, мм	СКО неисключенной систематической погрешности (НСП) серии измерений, мм	Суммарное СКО оценки диаметра колеса одометра, мм	абс. погрешность серии измерений диаметра, мм	Коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП, мм

Таблица 7 – Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений расстояния до дефекта энкодером (датчиком пути)

Длина окружност и ролика энкодера, мм	Количество оборотов ролика энкодера, необходимое для измерения расстояния 10000 мм	Количество оборотов ролика энкодера, необходимое для получения номинального значения по расстоянию 1000 мм	Значение длины для параметра «Длина калибровки, мм», мм

Продолжение таблицы 7

Количество оборотов ролика энкодера	Измеренное дефектоскопом значение расстояния до дефекта, мм	Среднее арифметическое значение расстояния до дефекта, измеренное дефектоскопом, мм	Отклонение рассчитанного значения расстояния до дефекта от показаний дефектоскопа, мм	Абсолютная погрешность измерений расстояния до дефекта энкодером (датчиком пути), мм	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений расстояния до дефекта энкодером (датчиком пути), мм

Заключение: _____

Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

Поверитель: _____
Подпись

/ _____ /
ФИО